PROJET DE RESERVE NATURELLE NATIONALE SOUTERRAINE DE L'ARIEGE

DOSSIER SCIENTIFIQUE

SEPTEMBRE 2025



Entrée de la grotte d'Aliou ©T. Cuypers

Maîtrise d'ouvrage :

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement d'Occitanie – Direction de l'écologie – Bâtiment E Rez-de-Chaussée haut E01-033 – 1 place Émile Blouin – CS 10008 – 31952 Toulouse Cedex 9

SOMMAIRE

INTRODUCTION **3**
PARTIE 1 : LE CONTEXTE NATUREL DES PYRÉNÉES ARIÉGEOISES **5**
1. L'Ariège, carrefour d'influences 5
2. Les spécificités des habitats souterrains 19
3. Les spécificités de la faune souterraine 23
PARTIE 2 – SYNTHESE GEOGRAPHIQUE DE L'ARIEGE : DESCRIPTION PAR GRANDS ENSEMBLES GEOGRAPHIQUES **25**
1. Les Petites Pyrénées et le Plantaurel, les pré-Pyrénées 25
2. Les avant- monts, ou la dépression nord pyrénéenne – les massifs de Cadarcet et Lescure 29
3. Les massifs de Sourroque et de l'Arize 32
4. Les massifs de l'Estelas, Ballaguer et Sérau 33
5. La zone d'Escots et de Lers 36
6. Le Haut Salat et le Haut Lèz, la haute chaîne primaire des Pyrénées 38
7. Le Tarasconnais et le Vicdessos 40
8. Le Massif de Sault-Quérigut 44
PARTIE 3 – LES PATRIMOINES SOUTERRAINS ARIEGEOIS **47**
1. La faune des milieux souterrains 47
2. Le patrimoine géologique et karstique 79
3. Le patrimoine archéologique 106
4. Le patrimoine paléontologique 121
5. Environnements et patrimoine paléoenvironnementAL 129
6. Une nécessaire interdisciplinarité. 136
PARTIE 4 – LA MÉTHODOLOGIE DE SÉLECTION ET DE HIÉRARCHISATION DES SITES DU PROJET ... **137**
1. Elaboration d'une liste de sites de travail 140
2. Définition de critères biologiques de priorisation de sites 141
3. Application d'un système de hiérarchisation des sites au titre du patrimoine naturel souterrain 141
4. L'analyse site par site, discussions et croisement avec les autres critères 142
5. La contribution de la communauté de spéléologues, une ouverture de la vision du projet intégrant les motivations de classement au titre de la recherche scientifique et de l'Education à l'environnement 142
6. La liste finalisée des sites, tableau synthétique 148
PARTIE 5 – LA DESCRIPTION DES SITES DU PROJET **152**
1. Un entête 152
2. Une carte d'identité des sites 152
3. La biodiversité du site 153
4. Histoire du site 153
5. Réponses aux orientations de la RNN 153
Annexe A. Fiches sites **154**
Annexe B. Fiches espèces **378**
Annexe C. Fiches périodes **441**
Annexe D. Fiches espèces paléontologiques **497**
Annexe E. Courrier de réponse au CNPN concernant la classement des sites à calotritons **546**

INTRODUCTION

Ce dossier scientifique vient compléter la note de présentation et autres pièces règlementaires. La première partie du présent rapport décrit le contexte naturel de l'Ariège, territoire sur lequel porte le projet de Réserve naturelle nationale souterraine de l'Ariège (RNNS). Sa deuxième partie, relative à la « synthèse géographique » de l'Ariège est davantage détaillée que dans la note de présentation. Les trois autres parties de ce rapport présentent le patrimoine souterrain ariégeois, la méthodologie de sélection des sites, et enfin, une description des 29 sites sélectionnés pour ce projet de RNNS de l'Ariège.

Code	Sites	Communes	Code	Sites	Communes
1	**MSS 100 Ravin de la Tire**	Argein	16	**Grottes du Ker de Massat**	**Massat** + Biert
2	**Résurgence de Neuf Fontaines**	Aulus-les-Bains	17	**Grotte du Bourg**	Mérigon
3	**Système aval du Baget (inclus : Hountas, Grotte Sainte Catherine, Gouffre de la Peyrère, Hyporhéique Lachein)**	Balaguères	18	**Grottes de Malarnaud-Soulabé**	**Montseron**
4	**Grotte de la mine du Pouech d'Unjat**	Bastide de Sérou (La)	19	**Grotte du Sendé**	Moulis
5	**Grotte de Las Morts**	Bénaix	20	**Système de la grotte de Moulis**	Moulis
6	**Aven du Trapech d'en Haut**	Bordes - Uchentein	21	**Grotte de la Petite Caougno**	Niaux
7	**Grotte d'Aliou**	Cazavet	22	**Grotte de Sabarat**	Sabarat
8	**Grotte de l'Estelas**	Cazavet	23	**Grotte Bernard**	Saint-Martin-de-Caralp
9	**Grotte de l'Espiougue**	Esplas-de-Sérou	24	**Grotte de Payssa**	Salsein
10	**Source intermittente de Fontestorbes**	**Fougax et Barrineuf** + Bélesta	25	**Grotte de Siech**	Saurat
11	**Grotte du Roc Saint Martin**	**Herm (L')** + Pradières	26	**Système Cigalère-Martel-Mines du Bentaillou**	Sentein
12	**Hyporhéique ruisseau Nert**	**Lacourt** +Encourtiech	27	**Grotte de Tourtouse**	Tourtouse
13	**Perte du Portel**	Loubens	28	**Rivière souterraine du Vicdessos**	**Val de Sos** + Auzat
14	**Grotte du Mas d'Azil**	Mas d'Azil (Le)	29	**Résurgence de la rivière souterraine de Labouïche**	**Vernajoul** + Baulou
15	**Grotte de Peyronnard**	Mas d'Azil (Le)			

29 sites

34 communes

FIGURE 1 TABLEAU DES SITES SELECTIONNES POUR LE DOSSIER SOUMIS A L'ENQUETE PUBLIQUE POUR LE PROJET DE RESERVE NATURELLE NATIONALE SOUTERRAINE DE L'ARIEGE (2025).

Sont grisés les sites prévus au projet de 2002.



FIGURE 2 LA LOCALISATION DES SITES SÉLECTIONNÉS POUR LE PROJET DE RNNSA (SOURCE : LETTRE AUX PARTENAIRES DU PNR N°51 DE JUIN 2024 @DENIS ROUARD)

Se référer à la note de présentation générale pour s'informer sur les contributeurs de chaque partie de ce dossier, les aspects historiques, contextuels et réglementaires du projet, les impacts socio-économiques attendus…

PARTIE 1 : LE CONTEXTE NATUREL DES PYRÉNÉES ARIÉGEOISES

1. L'ARIEGE, CARREFOUR D'INFLUENCES



FIGURE 3 LOCALISATION DU PROJET DANS LA CHAINE DES PYRENEES, AU CROISEMENT D'INFLUENCES ENTRE LA FRANCE ET L'ESPAGNE. SOURCE : GEOPORTAIL

L'Ariège se trouve au centre du versant nord de la chaîne montagneuse pyrénéenne. Elle est ainsi soumise à la double influence océanique et méditerranéenne. Elle est nettement séparée de l'Espagne au sud par la crête frontière et présente des terrains marqués par une grande diversité lithologique aux capacités aquifères contrastées. Les Pyrénées sont des montagnes méridionales humides : le climat y est plutôt frais et l'orientation sensiblement ouest-est à peine en biseau par rapport aux vents dominants lui fait accrocher la plupart des perturbations, d'où une pluviosité abondante (Bertrand, et al., 2002).

1.1. LES INFLUENCES CLIMATIQUES

Le territoire du Parc naturel régional (PNR) est soumis à trois influences climatiques (Viry, 2015) :

- le climat atlantique sur les expositions au nord et les vallées ouvertes à l'ouest, notamment sur le bassin versant du Salat et de l'Arize. C'est un climat doux et humide, sans grands écarts de température ni de fortes gelées ;
- un climat montagnard, plus froid et plus enneigé, dominant dans les hautes altitudes ;
- le climat méditerranéen dans une moindre mesure, dans les vallées abritées de l'est du territoire. L'été y est plus chaud et sec.

La pluviosité y est de 960 mm/an en moyenne et est réglée par les perturbations qui circulent librement selon l'orientation est-ouest de la chaîne, mais ne reflète par les grandes disparités qu'il existe sur le territoire. La Haute-chaine (cf. carte ci-dessus) reçoit ainsi environ 1 150 mm de précipitations par an, la zone nord-pyrénéenne 1 000 mm et 860 mm pour les Pré-Pyrénées et le Plantaurel. Les montagnes d'Aulus sont les plus arrosées avec une moyenne de pluviosité de 1 800 mm/an. Les mois les plus pluvieux sont avril, mai et octobre, et les mois les plus secs sont juillet et septembre. Par ailleurs, il neige environ 60 jours par an à 1 500m d'altitude, 30 jours à 800m, et 10 jours par an en plaine.

Les écarts de température sont très importants entre les plaines et les zones haute-montagne. Les premières ont un climat tempéré à température annuelle d'environ 12-13°C, tandis que les stations d'altitude situées entre 1 970m pour la station d'Orlu et à 2 240m pour la station des Bordes-sur-Lez enregistrent des températures moyennes annuelles comprises entre 4 et 5°C.

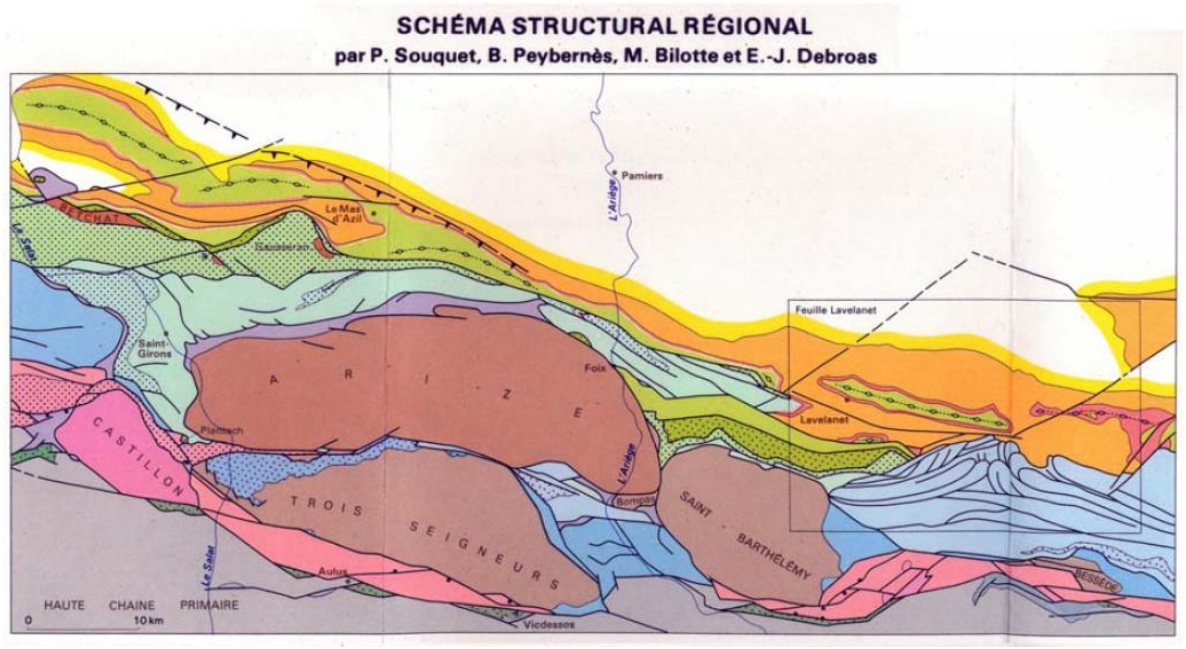
Par ailleurs, la chaine des Pyrénées joue un rôle de barrière important lors des grandes fluctuations climatiques qui suivent l'axe nord-sud. Par exemple : les flux venant d'Espagne entraînent une hausse des températures accompagnées d'un ciel clair (effet de foehn).

Enfin, il est envisageable que le changement climatique global amène des modifications climatiques locales, qui pourraient avoir une influence sur les milieux souterrains. Le SMPNR des Pyrénées Ariégeoises et l'ANA – CEN- Ariège se sont associés pour réfléchir à l'impact du changement climatique sur les milieux souterrains et l'adaptation des modes de gestion de ces milieux, dans le cadre du LIFE-Natur'adapt[1].

1.2. UNE HISTOIRE GEOLOGIQUE PARTICULIERE

Les Pyrénées sont nées de la compression de la plaque tectonique européenne par la plaque ibérique. Les conditions sont uniques en Europe occidentale sur de nombreux points :

- orientation est-ouest ;
- position en latitude ;
- diversité climatique ;
- forte opposition climatique entre le versant nord français et le versant sud espagnol ;
- présence de tous les étages de végétation (méditerranéen, collinéen, montagnard, subalpin et alpin) ;
- variété des substrats (voir figure 3 ci-après) ;
- histoire paléoclimatique.



[1] Actualité sur le site du LIFE-Natur'adapt, sur le choix des sites test dont 4 grottes ariégeoises font partie, et qui font partie du projet de RNNSA : cavités du Mas d'Azil, du Bourg (Mérigon), de Tourtouse et d'Unjat.
https://naturadapt.com/groups/communaute/articles/les-nouveaux-sites-test-natur---adapt-sont-choisis

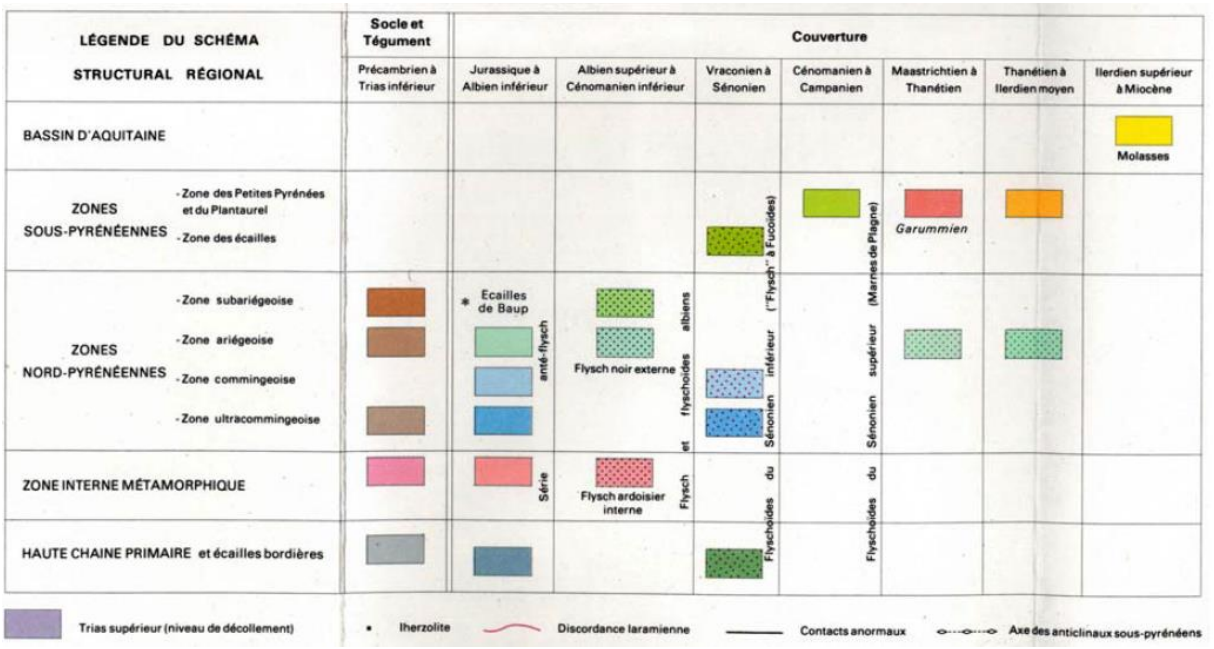


FIGURE 4 SCHEMA STRUCTURAL REGIONAL – EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE AU 1/50 000EME DE LAVELANET – 1076 (SOURCE : CETE DU SUD OUEST, 2012)

En 2015, le SMPNR accueille une stagiaire pour réaliser une étude sur l'inventaire du patrimoine géologique du Parc, dans le but d'engager un travail de valorisation du patrimoine géologique et de se pencher sur un projet de labellisation Géoparc. Elisabeth Viry a été accueillie pendant 6 mois afin de compiler les données déjà existantes et étudier l'opportunité du projet. Un extrait du rapport de stage pour l'étude d'opportunité de valorisation du patrimoine géologique ariégeois (Viry, 2015), document présenté lors de la réunion plénière n°30 du Conseil scientifique en janvier 2016, fait office de synthèse très succincte de l'histoire géologique de l'Ariège remise dans le contexte du massif des Pyrénées :

« Les Pyrénées laissent affleurer les anciens reliefs de la chaîne hercynienne communs aux Massifs Central et Armoricain et aux terrains aquitano-languedociens tertiaires et quaternaires, et contiennent de nombreuses minéralisations ayant contribué à la richesse du département ariégeois tant économiquement que minéralogiquement.

Les Pyrénées ont été façonnées par deux phases géologiques (dites aussi orogènes). La première phase de formation est datée de l'ère hercynienne, et correspond à la période s'étendant d'il y a -540 millions à -240 millions d'années. Le cycle tectonique qui débute avec l'ère primaire influe beaucoup sur les paysages actuels puisque la quasi-totalité des roches (pas des reliefs) de la haute chaîne primaire datent de cette période. La région a ensuite été le témoin direct de la tectonique des plaques durant l'ouverture de l'Océan Atlantique du golfe de Gascogne.

La seconde phase, à l'origine du relief pyrénéen, est datée de la fin de l'ère secondaire et du tertiaire, il y a environ 40 millions d'années. Elle correspond au cycle alpin, responsable de la formation de la chaîne de montagnes du même nom. Enfin, le relief a évolué très récemment à l'échelle des temps géologiques. En effet, depuis 20 000 ans, ses reliefs ont été fortement remodelés suite à la dernière déglaciation (aussi appelée Würm) ».

L'histoire géologique de la région a ainsi mené à la formation de 4 « zones structurales », séparées par des accidents tectoniques majeurs orientés est-ouest. Elle peut être détaillée de la façon suivante :

Le Précambrien est la première période de l'histoire de la Terre, d'une durée de 4 milliards d'années, et dont la fin est marquée il y a 540 millions d'années. Les **gneiss** visibles dans les massifs de la partie est de la chaîne pyrénéenne, tels que dans ceux de Canigou, d'Aston et de Saint-Barthélémy sont ainsi datés de la fin du Précambrien. Ces roches du socle

précambrien sont présentes dans le territoire du Parc au **massif de Castillon**, grâce à son noyau gneissique affleurant et les migmatites, qui correspond à un granite précambrien métamorphisé postérieurement, lors de la phase hercynienne.

Ère primaire (Paléozoïque de 541 à 250 Millions d'années) : l'orogénèse hercynienne. Cette première phase de compression à avoir impacté les Pyrénées a mené à la mise en place des roches situées dans les zones axiales et nord-pyrénéennes. **La zone axiale correspond aux territoires des plus hauts sommets** : le Castillonnais et le canton d'Oust-Haut-Salat. La zone nord-pyrénéenne recouvre une grande partie des hautes vallées du territoire du PNR. La chaîne hercynienne, au centre de l'hyper-continent nommée Pangée a atteint son maximum d'expansion il y a 380 millions d'années. Elle était la limite entre les actuels continents américain et européen et, aujourd'hui, les Massifs Armoricain et Central sont les principaux vestiges de sa formation.

Les granites hercyniens de l'Arize, des Trois-Seigneurs, de Castillon, de Lacourt, de Bordes et Ercé, de type granodioritiques et leucogranitiques, sont nés en même temps que cette chaîne de montagnes. Ce sont des roches issues de remontées plutoniques, c'est-à-dire des bulles magmatiques qui sont restées emprisonnées et ont cristallisé à quelques kilomètres sous la surface de la croûte terrestre. Ces granites sont aujourd'hui à l'affleurement car la surface a connu plusieurs épisodes d'érosion depuis leur mise en place.

Ils sont encaissés dans des sédiments paléozoïques d'âge antérieur à la formation de la chaîne hercynienne. Ceux-ci forment une série sédimentaire de plus de mille mètres composés de silts et de grès très fins à des calcaires du cambro-ordovicien (541-443 Ma), puis de shales et calcaires noirs du Silurien (443-419 Ma), et surmontés de calcaires et de dolomies du Dévonien (419-359 Ma), à faciès parfois griotte. Ces sédiments ont pour la plupart été métamorphisés (transformés après d'importantes élévations de températures et de pression, qui entraînent un réagencement ou une transformation des minéraux, comme les schistes, marbres et gneiss) suite à des épisodes de compression ou d'extension, mais aussi à cause de l'élévation de leur température en cas de contact avec les granites : cornéennes, skarns, particulièrement ceux du pointement de Salau et du massif granitique de Bassiès à l'est.

La France ayant été au niveau de l'Équateur il y a 330 millions d'années, une importante sédimentation marine sous climat tropical a ensuite été favorisée, donnant lieu à des séries datant du Carbonifère (359-299 Ma) constituées de lydiennes, de jaspe, et d'alternances shalo-gréseuses. Ce développement de plateformes carbonatées et de récifs coralliens a donc largement eu lieu dans des mers peu profondes. Elle a pris fin lors d'une rupture de la croûte océanique induite par un écartement des plaques tectoniques.

Cette rupture se traduit par un effondrement des fonds marins et la mise en place d'une profonde fosse à flyschs. A la fin de l'ère primaire (jusqu'au Permien, il y a 250 millions d'années), l'érosion est très active et les terrains pyrénéens toujours situés sous un climat tropical. Les roches sont érodées, brisées et transportées par la force de l'eau et du vent. Les dépôts qui en découlent, dits détritiques, forment des nappes épaisses ou s'accumulent dans de profonds fossés continentaux formés par le nouvel écartement entre les plaques européenne et ibérique. Des modifications de pression sont ainsi engendrées et conduisent à une fusion partielle des roches issues du manteau qui, à cause de leur nouvelle fluidité, remontent vers la surface à l'état de magma. Cette remontée de matériel chaud provoque le plissement des dépôts accumulés dans la fosse à flyschs, ainsi qu'une cuisson des roches sédimentaires existantes environnantes.

Ère Secondaire (Mésozoïque, de 250 à 65 Millions d'années). Les formations sédimentaires de cette période sont plus fortement plissées et faillées. De nombreuses traces de magmatisme, telles que des ophites et des tufs sont visibles à la limite entre le zone nord-pyrénéenne et la zone sud-pyrénéenne (décrite ci-dessous). Ces dernières, ainsi que les lherzolites ont été reprises et ont été remontées à la surface à la faveur d'accidents souples et cassants.

En effet, au Trias (de 250 à 200 millions d'années), la pénéplaine (où s'étaient accumulés les sédiments) se disloque sous l'effet de l'écartement des plaques et la formation de l'océan Néo-Thétys et son extension dans le nouvel océan Thétys, dont l'équivalent actuel est l'Océan Atlantique. La remontée de magma est ainsi favorisée, attestée par la présence de roches magmatiques, notamment de nombreux dépôts d'ophites et de tufs volcaniques datés d'il y a 195 millions d'années. Ils sont présents en segments continus, le long du flanc nord de la zone nord-pyrénéenne (à la limite entre la zone nord-pyrénéenne et la zone sud-pyrénéenne), depuis les localités de Prat-Bonrepaux jusqu'à celle de la Bastide-de-Sérou.

Au Jurassique (de 200 à 140 millions d'années) le niveau marin monte sur toute la planète à la suite d'un événement magmatique d'importance mondiale, entraînant la crise Trias-Jurassique. Des mers peu profondes envahissantes déposent une épaisseur considérable de sédiments marins, principalement sous forme de calcaires et de dolomies. Ces dépôts formeront par la suite les marbres et marbres griottes de la zone nord-pyrénéenne. Le climat tropical auquel sont toujours soumis les anciens sols pyrénéens est responsable de l'altération des sols ferrugineux et alumineux, et ainsi de la formation des couches de bauxite.

Le phénomène se poursuit jusqu'au Crétacé avec quelques variations. Il est contemporain de l'ouverture de l'Atlantique. Ensuite, l'ouverture du golfe de Gascogne (dite aussi Baie de Biscaye), datée de la période comprise entre il y a 136 et 80 millions d'années, s'est traduite par la rotation d'environ 23 degrés de la plaque ibérique par rapport à l'Europe, autour d'un pôle situé près de Paris. Ce mouvement a engendré la formation d'un rift entre les actuelles France et Espagne et donc d'un sillon marin profond. La fosse nouvellement créée est comblée par des sédiments résultants de l'érosion des terres émergées et conduit à la formation d'un flysch, dont le taux d'accumulation est maximal aux alentours de 100 millions d'années. Il se retrouve dans la vallée de la Bellongue, à Soueix, mais aussi sur le territoire du Vicdessos.

Tout au long de l'ère primaire et secondaire, ont été formés de nombreux gîtes minéraux, à la faveur de circulations hydrothermales (remontées d'eaux chargées en minéraux), le long de fractures, des plans de failles, et aux limites des couches de lithologies différentes.

La fermeture du sillon marin et la naissance de nouveaux sommets (Cénozoïque, de 65 à 20 Millions d'années) : l'orogénèse alpine. À la fin de l'ère secondaire, la trajectoire de la plaque Ibérique est de nouveau dirigée vers le nord-ouest dans un mouvement de compression qui commence à l'est et gagne progressivement l'ouest, le long de la faille nord-pyrénéenne. Cette dernière s'étend sur 250 km le long des Pyrénées selon une orientation est-ouest. Elle sépare la zone axiale au sud de la zone nord-pyrénéenne au nord. La fermeture en ciseaux s'accompagne de l'émergence d'un bourrelet central, première manifestation de la future haute chaîne.

Au début de l'ère Tertiaire (il y a 65 millions d'années), le sillon se ferme définitivement, et la plaque ibérique s'enfonce sous la plaque européenne, entraînant le glissement et le plissement des roches présentes à la surface. Une nouvelle

chaîne de montagnes, les Pyrénées telles qu'elles sont connues actuellement, s'élève, s'élargit et dans son mouvement ascendant entraîne des écailles du manteau (en particulier de la lherzolite) ainsi que des matériaux qui se trouvent à son contact. Les formations sédimentaires de la zone nord-pyrénéenne sont refoulées et plissées. Elles forment un bourrelet d'accumulation de roches et paradoxalement au mouvement d'enfoncement de la plaque ibérique sous la plaque européenne, la zone nord-pyrénéenne chevauche la troisième zone structurale majeure des Pyrénées ariégeoises : la zone sous-pyrénéenne.

La limite qui sépare ces deux zones est appelée « chevauchement frontal nord-pyrénéen ». Cette zone s'étend géographiquement des territoires du Volvestre, du Bas-Couserans, du Séronais et du Pays de Foix. Elle est structurée par une succession de plis anticlinaux et synclinaux d'axes parallèles à la chaîne, de direction E-W à WNW-ESE, constituant les formations sédimentaires des Petites Pyrénées, du Plantaurel et du chaînon du Pech de Foix. Cette structure est consécutive au plissement lors de la collision entre les plaques. Les terrains à l'affleurement datant du Crétacé supérieur ont été déposés avant la fermeture définitive du sillon marin (entre 97 et 65 millions d'années) : calcaires, flyschs marneux, et du Paléogène : calcaires, grès, sables datant d'il y a 65 à 23 millions d'années.

Les évolutions des paysages pyrénéens des derniers 20 millions d'années. A partir d'environ 23 millions d'années, le mouvement de collision des plaques s'affaiblit considérablement et l'érosion de la chaîne pyrénéenne nouvellement formée a déjà commencé. Il en résulte une grande couverture de sédiments du Néogène qui constitue la zone sous-pyrénéenne ainsi que celle de l'avant-pays aquitain. Depuis la fin de la formation des Pyrénées se sont accumulées environ 1 400 mètres de dépôts molassiques d'origine continentale, issus de l'érosion massive des Pyrénées, dont les plus récents se trouvent à l'extrême nord du territoire du parc (territoires de la Vallée de la Lèze et de Varilhes-Plantaurel). Le substratum tertiaire est recouvert de couches datant de l'ère quaternaire (déposées après 2,6 millions d'années).

La karstification a alors lieu par dissolution du calcaire par l'eau de pluie, et affecte à la fois les terrains calcaires et dolomitiques des zones nord et sous-pyrénéennes. Durant l'encore actuelle période glaciaire, couvrant les quarante derniers millions d'années, d'autres couches de sédiments superficiels se déposent, et le relief prend sa forme définitive grâce aux stades d'extension (par abus de langage, les "glaciations" quaternaires) et de recul du front glaciaire (périodes interglaciaires de réchauffement) qui se succèdent durant toute l'ère Quaternaire.

Quatre de ces extensions ont particulièrement affecté les reliefs pyrénéens : les "glaciations" dîtes de Gunz, Mindel, Riss et Würm (ce sont des références alpines qui ne sont utilisées ici que par commodité. En toute rigueur, il convient de se reporter à la chronologie isotopique globale pour la datation précise des extensions glaciaires). La dernière d'entre elles, le Würm, commencée il y a 110 00 ans environ et terminée il y a environ 15 000 ans, a été atteint son maximum d'extension il y a environ 20 000 ans. La vallée d'Aulus était alors surmontée, par rapport à son élévation actuelle, de plus de 700 mètres de glace.

Le retrait des glaciers a fortement modelé les paysages actuels, laissant une succession de vallées glaciaires orientées du sud vers le nord tout au long de la chaîne pyrénéenne. Les témoins de la déglaciation sont les vallées du Ribérot, d'Aulus-les-Bains, du Garbet, et du Vicdessos, ainsi que leurs vallées suspendues. En se réchauffant, le climat a permis aux hommes de gagner les pourtours de la Méditerranée, et de s'installer dans les cavités karstiques préexistantes. L'Ariège

est, par rapport à la plupart des autres régions françaises, riche en vestiges d'exploitation humaine des grottes, particulièrement dans les bassins versants de l'Arize et du Tarasconnais.

1.3. L'ORIGINE DES KARSTS[2]

À la fin du XIXe siècle, les scientifiques adoptent le terme de karst pour désigner les reliefs affectés par les processus d'érosion chimique de roches sensibles à la dissolution par les eaux. Sont notamment concernées :

- les roches carbonatées (calcaires, dolomies) ;
- les évaporites (gypse, sel gemme) ;
- leurs dérivées (cargneules).

Le karst est constitué de paysages caractéristiques mais aussi de tout un ensemble de cavités souvent organisées en réseaux. Leur formation et leur évolution répondent aux interactions entre la géologie (nature de la roche, structure, tectonique), la géomorphologie, le climat, l'hydrogéologie et même l'impact des humains. Il est déterminé :

- une structure représentée par des formes et des modelés particuliers, tant en surface qu'en souterrain où se développe un réseau de vides en trois dimensions. Karst de surface (exokarst) et karst souterrain (endokarst) sont étroitement liés ;
- un fonctionnement : des eaux circulent mais aussi des gaz (atmosphère souterraine plus ou moins confinée) et des matières (sédiments, matières organiques...), le tout animé par des forces et des énergies combinées (gravité, processus chimiques, tectonique...) ;
- une évolution qui le fait changer d'aspect et se structurer dans le temps et dans l'espace. Le système karstique s'autoorganise pour optimiser l'écoulement des flux d'eau et de matière en direction d'un point de sortie appelé "émergence" ou "source karstique". L'évolution du système répond aux variations extérieures comme les changements climatiques, les grands mouvements tectoniques, les niveaux de fonds de vallée et de la mer. Certains tronçons deviennent fossiles alors que de nouveaux drains sont en cours de formation.

Est donc appelée « karst » une morphologie affectant les massifs de roches carbonatées (calcaires et dolomies), salines (gypse et parfois sel gemme) et leurs dérivées (cargneules), caractérisée par l'existence de formes typiques en surface – vallées sèches, dépressions (dolines, poljé), surfaces d'érosion intense (lapiaz) - et en profondeur – grottes, gouffres, fissures élargies – en interconnexion (figure 5).

Les paysages "karstiques" se caractérisent par la rareté des écoulements d'eau en surface, quelle que soit la pluviosité régionale, du fait du drainage rapide des eaux dans les profondeurs de la roche (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

[2] Cette partie est issue du premier projet (Bertrand, et al., 2002) et enrichie des apports de l'association Grottes & Archéologie.

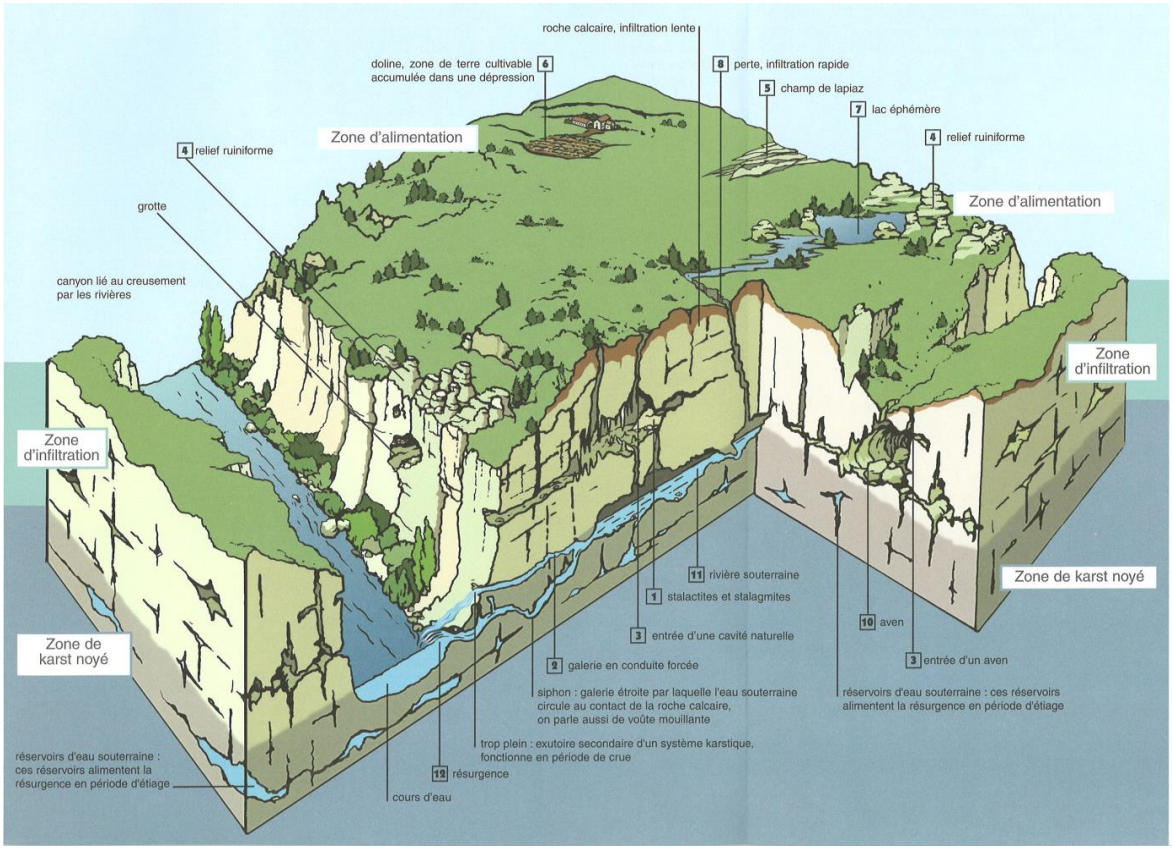


FIGURE 5 SCHÉMA DU FONCTIONNEMENT D'UN KARST (AUTEURS : ALAIN MANGIN & RAYMOND ROUCH DU CNRS DE MOULIS, ISSU DU DOCUMENT "DOSSIER TECHNIQUE KARST" DU PNR DES GRANDS CAUSSES)

D'où vient le mot "karst" ? En 1893, le géographe serbe Jovan Cvijic publie "das Karstphänomen" ("Les phénomènes karstiques").

L'ouvrage est écrit en allemand, langue de l'Empire austro-hongrois dans lequel se trouvait non seulement la Serbie mais également la région du Kras (Karst en Allemand) prise comme modèle par Cvijic pour décrire et expliquer les paysages et les formes liés aux processus de dissolution dans les roches calcaires. Cette région de plateau aujourd'hui verdoyante se trouve actuellement pour l'essentiel dans le sud de la Slovénie, mais déborde en Italie au-dessus de la ville de Trieste (les Italiens l'appellent "Carso"). Le terme vient de la racine pré-indoeuropéenne "kar", qui signifie "pierre" (qui a donné aussi "Causse" en Français via le latin calx). À la suite des travaux de Cvijic, le mot karst devient un terme générique (remportant son "duel" face au mot causse proposé par le spéléologue français E.A. Martel). Le géographe serbe fixera également une bonne partie de la terminologie scientifique relative au karst et peut être considéré comme l'un des principaux fondateurs de la karstologie, la science des karsts (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

En France, les surfaces karstifiées couvrent 170 000 km² et la surface totale karstifiée ou karstifiable, affleurante ou sous couverture sédimentaire (connue par sondages) représenterait 50% environ de la surface du territoire (Renault, Ph. 1992).

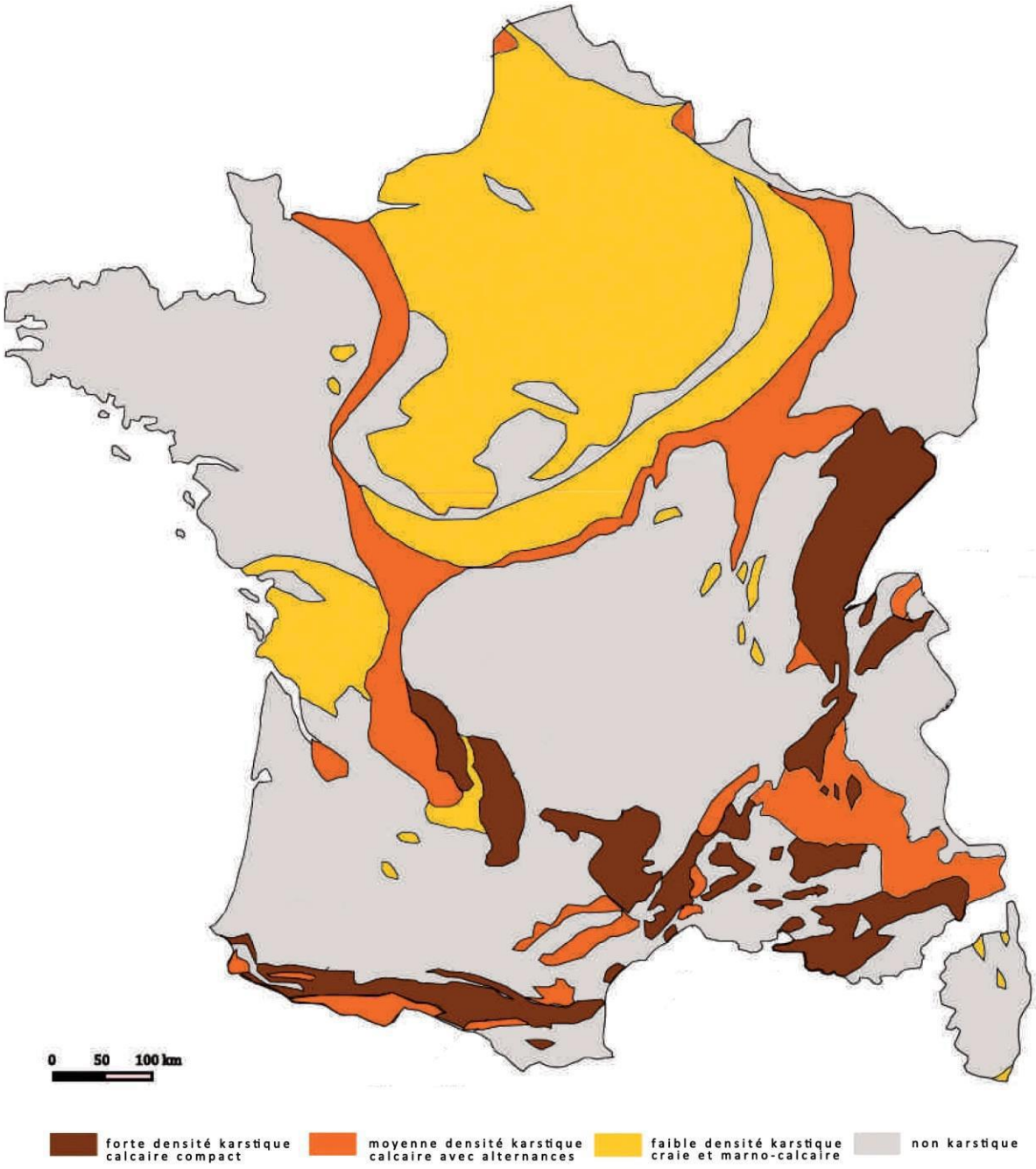


FIGURE 6 CARTE DE RÉPARTITION DU KARST À L'ÉCHELLE DE LA FRANCE MÉTROPOLITAINE © PIERRE MICHEL ABADIE D'APRÈS BERNARD GÈZE DANS CAHIER DE L'EFS N°16 (2010)

Le karst se développe lorsque les eaux, chimiquement agressives, peuvent circuler dans un massif de roche soluble à la faveur de la fracturation. La dissolution sculpte la roche en surface, agrandit les fissures dans lesquelles l'eau s'infiltre en profondeur, jusqu'à créer un réseau de drains souterrains de toutes tailles et interconnectés. Ce phénomène est quasi invisible à l'échelle humaine dans le calcaire, mais il est mille fois plus rapide dans les évaporites (gypse, sel gemme) où les formes karstiques peuvent apparaître en quelques années. Bien évidemment, le volume dissout ne correspond pas à une tranche uniforme enlevée en surface. Il se répartit de manière hétérogène en surface et en profondeur, au gré du cheminement des eaux. Dans le calcaire, un tel réseau hiérarchisé de drains, dont le collecteur présente des dimensions

de taille humaine, peut se mettre en place en une dizaine de millénaires. Si la dissolution est le processus d'érosion majeur et fondamental pour définir et expliquer le karst, il ne faut pas pour autant oublier que d'autres processus d'érosion, non karstiques, contribuent à faire évoluer les paysages de karsts en y laissant leur empreinte conjuguée : écroulements, éboulis, gélifraction… De plus, la dissolution libère les quelques pourcentages de résidus insolubles (argiles) contenus initialement dans la roche qui vont circuler puis s'accumuler dans les conduits karstiques. Ces sédiments participent également au fonctionnement et à l'évolution du système karstique.

Le karst et l'eau. Il n'y a donc pas de karst sans circulation d'eau, et notamment sans infiltration des eaux, qu'elle soit diffuse à partir d'une multitude de fissure sur le massif calcaire ou depuis un bassin d'alimentation imperméable au travers d'un volume de roche soluble présentant une dénivellation entre l'amont (zone d'infiltration) et l'aval (zone d'émergence). Une fois infiltrée dans les premiers mètres sous la surface, à la faveur des fissures, fentes de lapié ou dolines, l'eau circule d'abord en présence d'air dans la zone dite "non saturée" du karst souterrain. Elle suit alors un réseau de discontinuités (diaclases, failles, joints de stratification, etc.) qu'elle élargit peu à peu tout en "sélectionnant" un nombre de plus en plus réduit de conduits, à la manière d'un réseau hydrographique de surface organisé autour d'un collecteur (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

L'eau traverse ainsi toute l'épaisseur de la masse calcaire jusqu'à rencontrer soit :

- un niveau rocheux imperméable (couche de marnes, socle cristallin) formant le niveau de base lithologique sur lequel elle va s'écouler en suivant la pente de la surface de contact ;
- le niveau de base régional, c'est-à-dire le toit de la nappe qui, sauf cas particuliers, va contraindre l'eau à circuler plutôt horizontalement. Il peut correspondre à l'altitude du fond de vallée où se fait le drainage par le cours d'eau et au bord de laquelle se situe l'émergence.

La zone noyée se développe en profondeur, en-dessous de la zone d'infiltration et en position aval, sans qu'elle soit nécessairement étendue à toute la formation carbonatée. Dans la zone noyée on va pouvoir distinguer deux structures : le réseau de drainage et les zones de réserve.

- Le réseau de drainage correspond à l'ensemble organisé des conduits karstiques, siège principal des écoulements. Ceux-ci y sont souvent rapides (plusieurs hm/h) et souvent turbulents. Ce réseau a un rôle transmissif au sein du karst.
- Les zones de réserve, ou systèmes annexes au drainage, sont le siège d'écoulements lents. Elles sont constituées par la matrice fissurale de la roche, les zones altérées (fantômes de roche) et les vides de plus grande taille situés de part et d'autre du réseau de drainage mais mal connectés (pertes de charge). Ces réserves vont permettre un soutien du débit des drains en période d'étiage. On parle de fonction capacitive.

Ce système est capable de stocker les excédents d'eau que les drains collecteurs ne peuvent prendre en charge en période de crue. Ces systèmes annexes au drainage peuvent constituer des réserves d'eau souterraine de grande capacité. Ce sont aussi des biotopes encore méconnus. En comparaison avec les autres grands types de réservoirs naturels d'eau souterraine (aquifères poreux, aquifères fissurés), les aquifères karstiques sont considérés comme les plus sensibles aux perturbations et pollutions liées à l'homme. Les karsts transmissifs, faiblement recouverts par un sol et par la végétation, présentent un faible pouvoir filtrant et auto-épurateur. Ils sont, de ce fait, particulièrement vulnérables aux phénomènes de turbidité (en période de crue) et de contamination bactérienne ou chimique.

Le karst étant un processus évolutif, en phase avec l'histoire des paysages, il est alors possible de proposer qu'une grotte sèche, aujourd'hui perchée à flanc de paroi, était autrefois une exsurgence de fond de vallée. Ceci pourra d'ailleurs être confirmé par les dépôts sédimentaires qu'elle recèle. La notion d'héritage est ainsi fondamentale pour expliquer les différents paysages karstiques, à l'exemple d'une vallée sèche.

L'eau est le principal vecteur de matières qui se déposent pendant le fonctionnement du drain karstique mais aussi après sa fossilisation : matières solides, minérales et organiques, sans oublier les flux gazeux. Les vides stockent ainsi des éléments sédimentaires soit d'origine détritique : blocs écroulés des parois, sables et galets transportés par les rivières souterraines, argiles de décalcification… soit d'origine chimique : spéléothèmes ou concrétions comme les stalactites au plafond et les stalagmites au sol des galeries, formées par précipitation de la calcite dissoute par les eaux d'infiltration circulant dans les fissures de la zone non saturée. Les concrétionnements qui s'effectuent à l'aval immédiat des sources karstiques, cascadant sur des lits de mousses ainsi pétrifiées, donnent des tufs (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

Un patrimoine précieux. Le karst est à la fois un modelé de relief et un type d'aquifère. Cette dualité lui confère une réelle typicité paysagère, marquée par des affleurements de roche claire et burinée par la corrosion, manifestation du travail de l'eau. Vite enfouie dans la masse rocheuse, l'eau génère alors des modelés souterrains qu'elle anime par ses écoulements, créant un monde qui n'a pas d'équivalent en surface. Ce paysage souterrain peut contenir des éléments socialement porteurs d'une forte valeur esthétique et symbolique, comme les concrétions ou les lacs souterrains (en réalité plutôt rares).

L'endokarst permet d'examiner la structure géologique interne (âge et propriétés de la roche encaissante dans laquelle se creuse le karst, fracturation renseignant sur l'histoire tectonique du massif) le long d'une "coupe" naturelle. Toujours en souterrain, la dissolution met en relief les fossiles et autres nodules de silex contenus dans la roche encaissante, le plus souvent invisibles en surface.

L'assèchement de certains niveaux de galeries permet la conservation des sédiments et concrétions en place dont l'analyse est précieuse pour la reconstitution des climats et des environnements passés (datations). Les cavernes sèches sont également de bons conservateurs des indices et traces de fréquentation ancienne par la faune et par les populations passées (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

Les différentes générations d'usages historiques des grottes et des ressources karstiques depuis les débuts de notre ère jusqu'à nos jours sont également repérables par les archéologues, historiens et géographes qui recensent les cavités ayant servi d'abris, de refuges, d'habitat quotidien, d'ermitage, d'hôpital de fortune voire de lieu de soin (spéléothérapie), de citerne et de chambre de captage d'eau, de cave à fromages, de champignonnière, de glacière, de bergerie, de mine, de salpêtrière, de lieux de récolte (guano, nids d'hirondelle…), de laboratoire, de décor, de lieux de culte, de salle de bal et de spectacle ou de réception festive, de dépotoir, de charniers, de dépôts d'armement, de centrale énergétique (moulinage et turbinage des eaux souterraines), de réserve naturelle mises en défens pour la conservation d'espèces protégées (chauve-souris) sans parler de l'usage récréatif et culturel (spéléologie, tourisme souterrain), de la ressource en eau potable.

La nature du karst contribue à la conservation des sites aussi bien en surface (rôle de l'immunité karstique) que sous terre bien entendu. Par comparaison, peu de découvertes ont eu lieu en zones cristallines, moins bien préservées de l'érosion et n'offrant pas de nombreuses cavités constituant autant de pièges sédimentaires et fossilifères. Ainsi, le domaine

karstique favorise l'accumulation et la conservation des remplissages naturels et archéologiques qui témoignent sur des millénaires des modifications du milieu et des activités humaines. D'une manière générale, les cavernes abritent nos plus vieilles archives : elles en sont d'autant plus précieuses et vulnérables (voir partie paléontologie et archéologie) (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

Une ressource. Les karsts offrent souvent des ressources en eau importantes avec des zones très productives, en particulier dans la zone noyée à proximité des exutoires. Les drains en profondeur constituent bien entendu des cibles de choix pour les forages, lorsqu'on peut les localiser, notamment par exploration directe, ce qui permet de limiter les risques d'échecs. La sollicitation de réserves importantes dans la zone noyée peut permettre de s'affranchir des variations saisonnières du débit, en autorisant des prélèvements, sur une partie de l'année, supérieurs à ceux s'écoulant naturellement à la source. Les volumes prélevés sont ensuite compensés par la recharge naturelle de l'aquifère lors des hautes eaux.

Il s'agit du principe de la gestion active. C'est une méthode d'exploitation durable qui veille à respecter les conditions de reconstitution des réserves en s'opposant à toute surexploitation de l'aquifère et en assurant le soutien artificiel des cours d'eau initialement alimentés par débordement de l'aquifère (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

Les besoins en eau potable évoluent, les sollicitations sur certaines nappes ou cours d'eau s'accroissent. Ceux-ci sont aujourd'hui largement exploités et parfois dégradés du fait de pressions croissantes. Aussi, certaines ressources en eaux karstiques, profondes, noyées, reconnues ou potentiellement présentes sur certains territoires, peuvent constituer des ressources complémentaires ou alternatives intéressantes pour la satisfaction des besoins futurs en eau (intérêts patrimoniaux ou stratégiques). Il conviendra donc de les étudier et de les protéger dans cette perspective.

Les problèmes de turbidité et de germes bactériens nécessitent de traiter avant distribution les eaux karstiques destinées à l'usage en eau potable. Les solutions palliatives et de traitement utilisées sont variées et plus ou moins élaborées, suivant la taille et les moyens des collectivités concernées. Pour gérer les problèmes de turbidité, on utilise le plus souvent des systèmes automatiques qui permettent d'arrêter le captage et l'alimentation des réservoirs, au-delà d'un certain seuil. Des dispositifs de décantation et de filtration sur sable ou de traitement par ultrafiltration complètent parfois ces dispositifs pour régler le problème des germes.

Cette morphologie résulte de l'action agressive des eaux météoritiques acidifiées, chargées en CO_2 dissous produit par la végétation dans les sols, qui s'infiltrent dans la roche et provoquent la dissolution du calcaire à leur contact : c'est le phénomène de karstification. Le couplage des phénomènes de dissolution et d'écoulements gravitaires conduit par ailleurs à une organisation des vides au sein de ce système qui constitue le karst en lui-même ou réseau karstique.

On distingue en effet :

- la zone épikarstique superficielle, zone de transition entre la surface, zone productrice de CO_2 et la profondeur ;
- la zone d'infiltration, où la hiérarchisation des vides se traduit par l'existence de drains (assurant les écoulements) et de systèmes annexes au drainage (assurant les réserves).

"Le karst est toujours défini, uniquement et à tort, comme un type particulier de morphologie. Or le paysage du karst résulte des écoulements souterrains particuliers qui se mettent en place progressivement dans [la roche]. Le karst est donc également un aquifère puisque l'eau souterraine est totalement impliquée dans sa formation et son fonctionnement." (Bakalowicz, 1999).

A ce titre les systèmes karstiques constituent un habitat potentiel pour de nombreuses formes aquatiques souterraines, en particulier pour les crustacés et autres invertébrés troglobies, anophtalmes et dépigmentés. Parmi les zones noyées qui ont fait l'objet d'études approfondies en tant qu'habitat, citons la zone noyée du système du Baget en Ariège, qui est un site karstique expérimental où de très nombreux concepts sur la structure et le fonctionnement des karsts ont été établis. Il a été étudié pendant plusieurs dizaines d'années (plus de 45 ans) avec une approche pluridisciplinaire du karst y/c bio. L'évolution des karsts au cours des âges conduit à la formation de « paléo-drains » ou « paléo-systèmes annexes » dans la zone d'infiltration du système, totalement ou partiellement ou temporairement exondés, qui correspondent à la plupart des cavités donnant accès à ce dernier. Une faune terrestre spécialisée, riche et variée, peuple l'ensemble de ces zones.

1.4. DES CONDITIONS FAVORABLES AU DEVELOPPEMENT D'UNE BIODIVERSITE ORIGINALE

Toutes les conditions citées plus haut[3] expliquent l'extrême diversité de la flore et de la faune de la chaîne des Pyrénées, et notamment de l'abondance et de la variété des massifs karstifiés, le plus souvent isolés les uns des autres par l'érosion fluviatile, karstique ou glaciaire. Les grottes se sont creusées dans ces massifs calcaires d'âges variés, allant du Crétacé supérieur et du Jurassique dans le piémont jusqu'à l'Ordovicien (début de l'ère primaire) dans la partie plus axiale. Ces cavités ont été isolées pendant de très longues périodes, de par le fait qu'elles sont réparties géographiquement à la fois d'est en ouest et du nord au sud, sur l'ensemble du massif pyrénéen, mais aussi le long d'une importante stratification altitudinale.

Une biodiversité insoupçonnée. Le karst est à la fois un milieu aérien crevassé, avec des habitats naturels reconnus d'intérêt communautaire (éboulis et pavements calcaires, forêt sur lapiaz, pentes et dalles rocheuses...) et un milieu souterrain également référencé dans la directive européenne habitats-faune-flore (grotte non exploitée par le tourisme - code 8310). Cet habitat précieux pour la biodiversité abrite des espèces spécialisées ou endémiques restreintes. Il est à l'origine de la désignation de plusieurs sites Natura 2000 en Occitanie et en Ariège comme le Quiès calcaires de Tarascon-sur-Ariège, celui du Mas d'Azil et de Camarade, des grottes de la Petite Caougno, d'Aliou, de Montseron, de Tourtouse, du Ker de Massat, de Sabarat, ou le chars Chars de Moulis et de Liqué, grotte d'Aubert, Soulane de Balaguères et de Sainte-Catherine, granges des vallées de Sour et d'Astien…

Le milieu souterrain se distingue par sa grande minéralité et présente généralement une grande pauvreté en nutriments. La chaîne alimentaire est tronquée, à sa base, par l'absence de producteurs photosynthétiques primaires et d'herbivores et, à son sommet, par un très faible nombre d'espèces prédatrices strictes.

Dans une région karstique, même si les habitats sont tous identiques, ils sont en général déconnectés les uns des autres. Ainsi, une grotte héberge au maximum une vingtaine d'espèces, alors que les inventaires sur l'ensemble de la région karstique dont elle fait partie en dénombrent souvent plus du double. De plus, la contrainte de la fragmentation des habitats induit un taux d'endémisme très élevé. On considère aujourd'hui que la carte de la biodiversité dans le milieu souterrain en Europe affiche les limitations dues aux dernières glaciations du Pleistocène tardif : elle est quasi nulle au nord de la limite de l'extension maximale de la calotte glaciaire, moyenne en France et forte dans la bande Pyrénées - Italie du Nord - Côte-

[3] Pour rappel - orientation est-ouest ; position en latitude ; diversité climatique ; forte opposition climatique entre les deux versants pyrénéens ; présence de tous les étages de végétation ; variété des substrats ; histoire paléo-climatique.

Adriatique. Ajoutons que la biodiversité semble directement proportionnelle à l'énergie thermique reçue (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

Cette fragmentation géologique particulière, propre au karst ariégeois, entraîne un fort taux d'endémisme[4] parmi les espèces des milieux souterrains. En effet, les écosystèmes souterrains des Pyrénées abritent des espèces d'invertébrés dont les aires de distributions sont très restreintes, certaines espèces n'étant parfois connues que d'une seule cavité (Brustel, et al., 2017).

Le tableau ci-dessous est une synthèse du travail réalisé en 2019 par le groupe de travail constitué d'experts en biologie souterraine, en vue de construire une méthodologie de sélection des sites. Une approche suivant la présence d'espèces endémiques par site a été discutée mais, si l'endémisme a été pris en compte dans la méthodologie de classement actuelle, il n'est pas le seul critère discriminant. Ce tableau de travail montre néanmoins que de nombreuses cavités d'Ariège recèlent d'espèces présentant un degré d'endémisme très fort, emboîté à plusieurs échelles : à l'échelle de la cavité même (appelé « micro-endémisme »), du massif karstique (dans la colonne « endémique massif ») puis du massif des Pyrénées dans son ensemble (dans la colonne endémique Pyrénéen ; c'est le cas par exemple du Calotriton des Pyrénées).

N°	Sites	Communes	Localité-type (> 3 sp / site)	Micro-endémisme(> 2 sp / site)	Endémique massif (> 6 sp / site)	Endémique Pyrénéen (> 3 sp / site)
2	**Grotte de Sainte Catherine**	**Balaguères**	**3**	**3**	**10**	**2**
9	**Grotte du Ker de Massat**	**Massat**	**5**	**2**	**6**	**3**
11	**Grotte du Sendé**	**Moulis**	**9**	**2**	**3**	**2**
8	**Grotte du Roc Saint Martin**	**L'Herm**	**1**	**0**	**5**	**4**
4	**Hyporhéique Lachein**	**Balaguères**	**6**	**3**	**9**	**0**
5	Grotte de l' Estelas	Cazavet	6	0	7	3
6	Grotte de Peyort	Cazavet	2	1	7	2
25	**Grotte de Tourtouse**	**Tourtouse**	**0**	**0**	**6**	**3**
31	**Grotte d'Aliou**	**Cazavet**	**0**	**0**	**3**	**3**
34	**Grotte de Peyronnard**	**Mas d'Azil**	**3**	**0**	**1**	**1**
3	Gouffre de la Peyrère	Balaguères	2	1	11	2
10	Grotte de Liqué	Moulis	3	1	8	1
1	**Système du Baget - Hountas**	**Balaguères**	**1**	**1**	**12**	**0**
27	**Système de la grotte de Moulis**	**Moulis**	**0**	**1**	**14**	**0**
49	**Grotte de Las Morts**	**Fougax et Barrineuf**	**0**	**0**	**5**	**5**
16	**Station MSS 100 Ravin de la Tire**	**Argein**	**3**	**2**	**3**	**3**
23	Grotte de Payssa	Salsein	4	2	2	2
26	**Résurgence de Neuf Fontaines**	**Aulus**	**6**	**5**	**0**	**0**
41	Grotte d'Aurouze	Montferrier	1	1	2	5
20	**Grotte de Trapech d'en Haut**	**Bordes-Uchentein**	**4**	**4**	**0**	**0**
30	**Hyporhéique ruisseau Nert**	**Encourtiech**	**0**	**0**	**18**	**0**
28	Grotte de Font Sainte	Ustou	3	1	2	0
48	Ruisseau d'Aulot	St-Girons	2	2	0	0
57	Résurgence de Labant	Moulis	0	0	21	0

[4] Une espèce végétale ou animale dite endémique est une espèce qui existe dans un secteur géographique restreint, et nulle part ailleurs (voir encart endémisme)

N°	Sites	Communes	Localité-type (> 3 sp / site)	Micro-endémisme(> 2 sp / site)	Endémique massif (> 6 sp / site)	Endémique Pyrénéen (> 3 sp / site)
56	Rivière souterraine de Bordes de Crues	Seix	2	2	0	0
47	Grotte de Lameza (ou de l'homme mort)	Seix	3	1	0	0
58	Source de la Bièle	Moulis	0	0	9	0

FIGURE 7 EXTRAIT DU TABLEAU DE TRAVAIL DU GROUPE D'EXPERTS BIOLOGISTES (2019) NOTANT L'ENDEMISME DE CERTAINES GROTTES DU PROJET DE RNNSA

La biodiversité souterraine des Pyrénées est une des plus riches de France, présentant une faune très diversifiée en nombre d'espèces et importante en termes d'enjeux de connaissance et de conservation : l'Ariège a été plus particulièrement étudiée et le caractère remarquable de son patrimoine souterrain a déjà été révélé (Bertrand, et al., 2002) par les travaux du CNRS de Moulis, du CEN Occitanie, et de nombreuses autres publications scientifiques existantes sur la biodiversité souterraine de l'Ariège. C'est pourquoi le département de l'Ariège fut choisi à l'origine pour accueillir le premier projet de Réserve naturelle nationale intéressant le patrimoine naturel souterrain.

Aujourd'hui, ce sont aussi ses richesses géologiques, archéologiques et son historique scientifique qui ont conduit à la nouvelle proposition de création de la réserve. La protection du patrimoine naturel biologique, géologique et archéologique souterrain, le développement de la connaissance scientifique et sa valorisation sont les trois objectifs principaux de la future RNNSA.

2. LES SPECIFICITES DES HABITATS SOUTERRAINS

Les « Cahiers d'Habitats »[5] (Bensettiti F., 2004) définissent un habitat comme « un ensemble non dissociable constitué d'un compartiment stationnel (conditions climatiques régionales et locales, matériau parental et sol et leurs propriétés physiques et chimiques) et d'une communauté d'organismes vivants (faune et flore) ou biocénose ». Généralement, les habitats sont décrits soit par la phytosociologie sigmatiste, soit par d'autres approches de l'organisation de la végétation présente.

Certains habitats rocheux, comme les cavités ou les glaciers permanents, ne peuvent être décrits suivant cette méthodologie. Les cahiers d'habitats les définissent alors suivant des critères géomorphologiques et faunistiques.

Les habitats souterrains sont actuellement peu représentés dans le réseau des aires protégées de France. Ils accueillent pourtant un nombre d'espèces important : « […] les invertébrés souterrains inféodés à ces milieux […] ne sont guère pris en compte dans le réseau national des aires protégées : sur les 860 espèces d'invertébrés strictement souterraines [connues à ce jour], une grande proportion est insuffisamment représentée » (Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, 2010).

[5]La directive habitats faune flore est une mesure prise par l'Union Européenne en 1992 pour la protection et la gestion des espaces naturels, les sites d'intérêt communautaire. Cette directive est ratifiée par la France en 1994 : l'Etat programme alors un inventaire des habitats d'intérêt communautaire sur son territoire, et publie entre 2001 et 2005 les Cahiers d'habitats qui constituent une synthèse des connaissances scientifiques et des modes de gestion conservatoire pour ces habitats en France. Un travail de mise à jour est en cours (Muséum national d'histoire naturelle).

2.1. LES MILIEUX SOUTERRAINS

Le milieu souterrain comprend les grottes, les galeries artificielles, le milieu souterrain superficiel (MSS), les nappes phréatiques, le milieu hypothelminorhéique[6], l'interstitiel des cours d'eau de surface, les aquifères profonds, les grottes anchialines côtières et les grottes sous-marines. Tous ces habitats sont représentés en France. Les « Cahiers d'Habitats » listent ceux des milieux souterrains dans le tome 5 « Habitats rocheux et grottes », dans une partie intitulée « grottes non exploitées par le tourisme » (Bensettiti F., 2004) :

- les grottes à chauves-souris ;
- l'habitat souterrain terrestre ;
- le milieu souterrain superficiel (MSS), soit un ensemble de micro-cavités intercommunicantes sur des versants de vallées de moyenne montagne ;
- les rivières souterraines, zones noyées, nappes phréatiques.

Dans le réseau écologique national, les espèces et les habitats souterrains sont à prendre en compte avec leurs spécificités :

- l'absence des végétaux ce qui exclut toute trame verte ;
- l'endémisme lié notamment aux barrières géomorphologiques qui isolent les populations et les espèces – ce qui est particulièrement vrai pour les invertébrés terrestres ;
- la présence d'espèces spécialisées d'invertébrés exclusivement souterraines, vivant en milieu terrestre ou aquatique (648 espèces appartenant à 70 ordres), anophthalmes ou microphthalmes, dépigmentées, à faible pouvoir de reproduction, à métabolisme ralenti, et sans rythmes d'activité jour/nuit. Ces espèces sont parfois rares, toujours vulnérables, et sont pour certaines des endémiques strictes ou des fossiles vivants[7] ;
- la présence de fossiles vivants s'explique par la stabilité des conditions microclimatiques régnant à l'intérieur du réseau sur de très longues périodes (10 000 à 20 000 ans pour le MSS, 100 000 ans à des millions d'années pour les habitats terrestres, et dépassant la centaine de millions d'années pour les habitats aquatiques). Ces habitats ont donc servi de refuge pour des espèces disparues de la surface lors de changements climatiques ou de l'effet de la compétition interspécifique. Les espèces (néo) endémiques (telles que les coléoptères Leptodirinées) se sont différenciées à la suite d'une colonisation de cet habitat à une époque récente (et qui se poursuit actuellement). Certaines de ces espèces présentent de fait des proches parents en surface ;
- la présence, d'autre part, d'invertébrés (lépidoptères, trichoptères, diptères, etc.) ou des vertébrés n'accomplissant qu'une partie de leur cycle vital dans les grottes. Il s'agit, pour les vertébrés, des chauves-souris et des amphibiens (calotriton) ;
- l'existence d'un domaine vital bien plus vaste que les grottes et les karsts, avec quatre types d'habitats identifiés par les Cahiers d'habitats, dont certains ne relèvent pas d'une approche technique spéléologique pour l'inventaire de leur faune (par exemple MSS et les nappes phréatiques) ;
- les habitats sont exclusivement hétérotrophes, c'est-à-dire que les ressources alimentaires de la faune souterraine proviennent toutes de la surface (apports allochtones). Ce sont en premier lieu des matières organiques plus ou

[6] Hypothelminorhéique : correspond à un aquifère d'interstices superficiel

[7] Fossiles vivants : espèces qui représentent des archives zoologiques de groupes disparus de la surface dont la conservation est cruciale pour la connaissance de l'évolution du vivant

moins dégradées, fragmentées ou dissoutes, qui proviennent de la production primaire végétale de surface et sont entraînées dans les habitats souterrains par les eaux d'infiltration ou les pertes des cours d'eau de surface. Ce sont également des invertébrés, vivants ou morts, entraînés sous terre ou s'y introduisant activement à partir du sol sus-jacent ou des entrées de grottes ; plus exceptionnellement il peut s'agir des cadavres de vertébrés tombants ou jetés dans les gouffres. C'est enfin le guano produit par les chauves-souris troglophiles[8], représentant parfois une quantité considérable de matière organique, en milieu tropical notamment.

2.2. FOCUS SUR LE MILIEU SOUTERRAIN SUPERFICIEL (MSS)[9]

Le MSS est le compartiment de l'écosystème souterrain qui est directement au contact de l'horizon inférieur du sol ; son toit peut être situé à quelques dizaines de centimètres de profondeur, en fonction de l'épaisseur du sol sus-jacent tandis son épaisseur peut atteindre plusieurs mètres. Il se présente sous deux faciès :

- des micro-espaces intercommunicants dans les éboulis des versants de vallées ou des pieds de falaises ;
- des fissures dans la zone superficielle de la roche-mère.

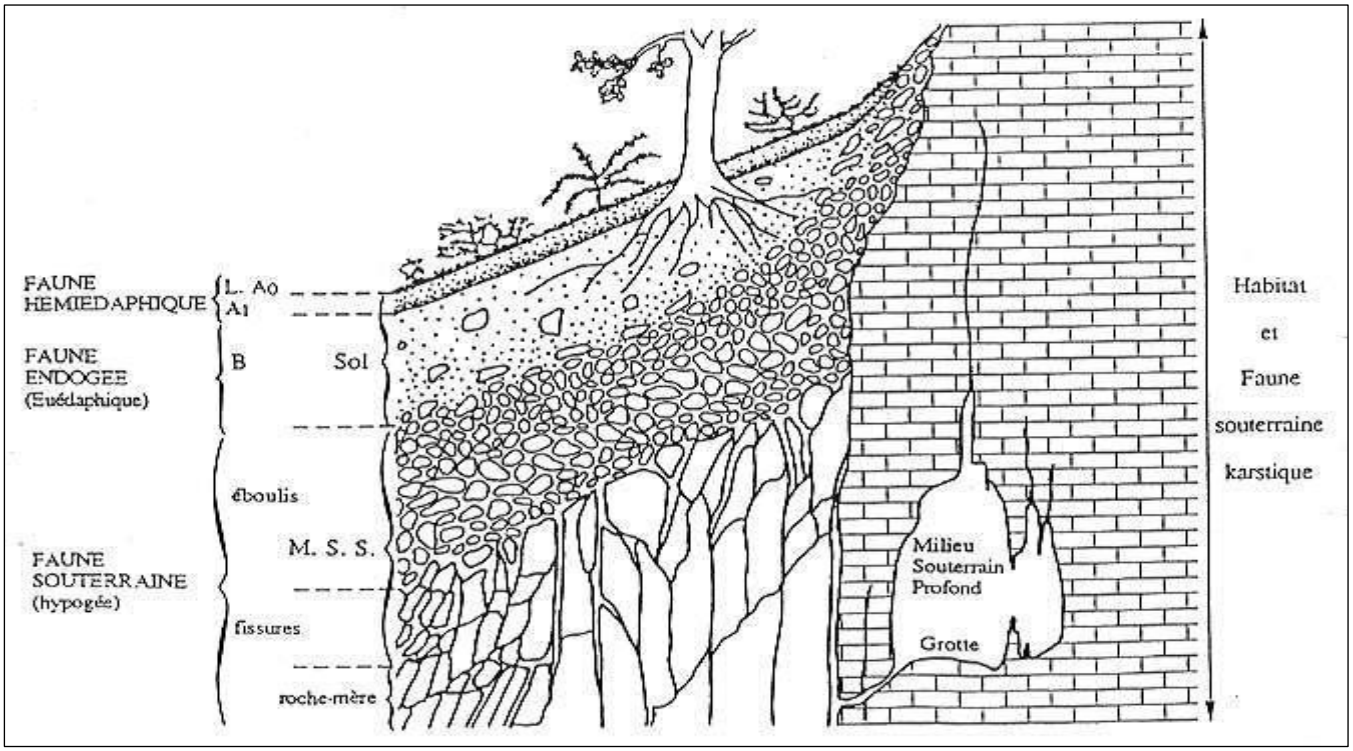


FIGURE 8 SCHÉMA DES LIMITES ET DES RELATIONS SPATIALES ENTRE LES DIFFÉRENTS MILIEUX SOUTERRAINS TERRESTRES (KARST ET MSS) ET LES HORIZONS DU SOL (SOURCE : BERTRAND, ET AL., 2002)

Le MSS tire son origine des phénomènes généraux d'érosion mécanique (gélifraction liée à l'altitude et à la disparition naturelle ou anthropique des sols protecteurs, par exemple lors des épisodes glaciaires du Quaternaire). Bien développé dans les régions montagneuses européennes, notamment les Pyrénées où il a été découvert en 1980 (Station du ravin de

[8] (Animal, plante) qui manifeste une propension à vivre dans les grottes, en milieu souterrain, sans y être totalement adapté et sans exclure la fréquentation du milieu extérieur

[9] Cette partie 2.3. est entièrement extraite du premier projet (Bertrand, et al., 2002)

la Tire), il y forme le plus souvent de vastes étendues dans les versants des vallées de l'étage montagnard. À plus basse altitude et surtout en zone méditerranéenne, il forme une mosaïque d'habitats isolés par des zones intercalaires colmatées, dues à l'érosion chimique particulièrement intense dans cette zone. Le MSS communique avec le milieu souterrain profond, y compris les grottes, par les fissures profondes de la roche-mère. Il se distingue nettement du milieu endogé qui le surmonte (horizon B du sol) par sa texture, sa porosité plus forte et sa faune caractéristique.

2.3. FOCUS SUR LE SOUS-ECOULEMENT DES COURS D'EAU[10]

Les sédiments (galets, graviers, sables et les minéraux argileux…) qui remplissent le lit des cours d'eau représentent un habitat potentiel pour de très nombreuses espèces aquatiques souterraines. D'épaisseur variable (de quelques centimètres à une centaine de mètres) cette zone alluvionnaire située sous le lit des cours d'eau constitue un biotope « souterrain » particulier, le biotope hyporhéique.

Composé d'un mélange de sédiments de diverse nature, ce milieu présente une très forte hétérogénéité spatiale ; les caractéristiques physico-chimiques variables (granulométrie, perméabilité, porosité, teneur en oxygène dissous etc..) définissent ainsi une mosaïque complexe de « micro-habitats » et de peuplements associés. Les caractéristiques chimiques des eaux varient selon de nombreux paramètres : profondeur, origine, distance du lieu de pénétration, vitesse de circulation.

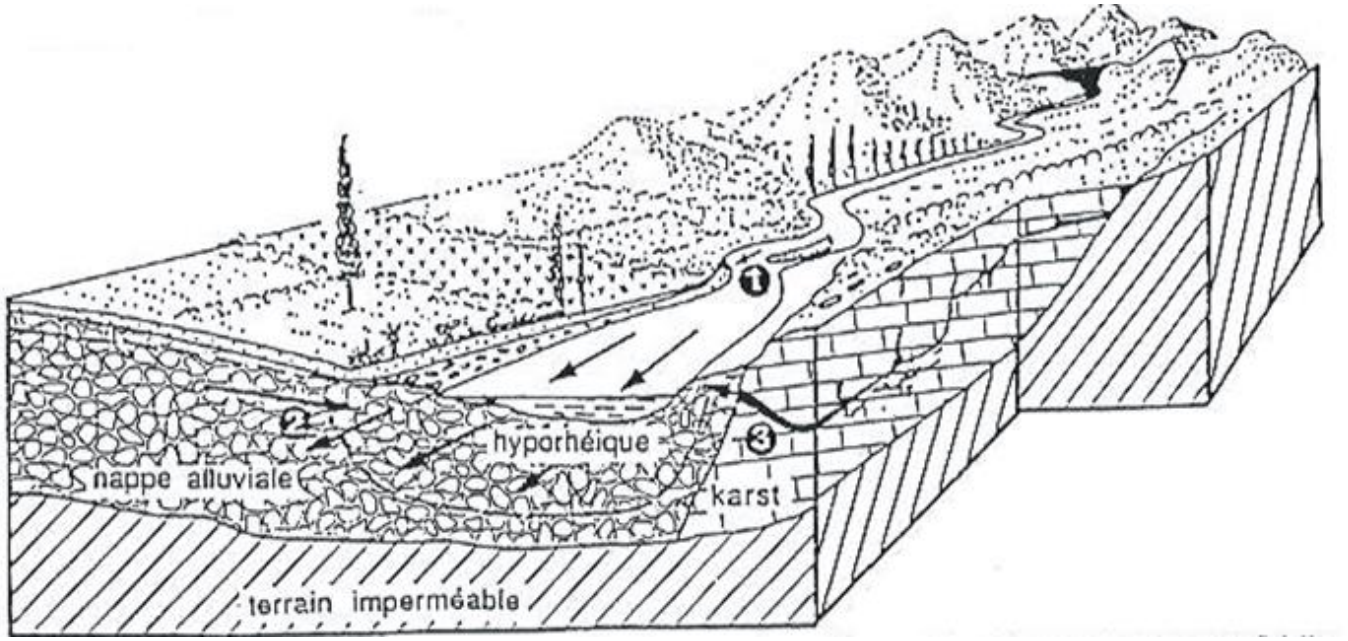


FIGURE 9 SCHEMA DU SOUS-ECOULEMENT (MILIEU HYPORHEIQUE) D'UN COURS D'EAU ET DE SON ALIMENTATION PAR LES EAUX SUPERFICIELLES EN AMONT D'UN BANC DE GRAVIER (1), PAR LES EAUX SOUTERRAINES DE LA NAPPE ALLUVIALE (2) ET PAR CELLES DU KARST (3) (SOURCE : BERTRAND, ET AL.

Les eaux qui circulent dans le sous-écoulement ont une double origine :

- les unes sont des eaux de surface qui pénètrent au niveau des seuils et de la zone amont des bancs, des plages et des îles ;

[10] Cette partie 2.4. est entièrement extraite du premier projet (Bertrand, et al., 2002)

- les autres sont représentées par les eaux souterraines des nappes alluviales latérales au cours d'eau, karstiques ou non. Ces eaux sont relâchées en aval de leur pénétration, celles de surface ayant en général acquis les qualités chimiques des eaux souterraines.

En étiage, le cours d'eau tend à drainer l'aquifère du sous-écoulement et de la nappe alluviale, sa ligne d'eau étant plus basse que le toit de la nappe ; les hautes eaux, en revanche, alimentent la nappe lorsque son toit est surbaissé. Ce milieu renferme des communautés souterraines originales dont la structure et la répartition spatio-temporelle sont variables et particulièrement sensibles aux perturbations naturelles ou anthropiques.

2.4. FOCUS SUR LE MILIEU HYPOTHELMINORHEIQUE

Sans doute le plus cryptique mais pas nécessairement le plus spectaculaire ou le plus remarquable des biotopes souterrains qui peuvent être rencontrés. Une définition synthétique est donnée dans la thèse de Boulal (Boulal, 1988) : « Ce milieu interstitiel particulier, décrit pour la première fois en Ariège par Mestrov (1962), correspond aux nappes superficielles suspendues, situées dans les dépôts éluviaux de pente, au contact de la roche-mère imperméable ». De tels milieux se rencontrent dans les formations superficielles éluviales des vallées et des têtes de bassin. Lorsqu'elles sont remplies par des écoulements hyporhéiques et/ou gravitaires, elles constituent des nappes d'eau suspendues, déconnectées des nappes libres des cours d'eau situés actuellement à des niveaux inférieurs. Elles peuvent être recouvertes de dépôts d'alluvions post-glaciaires ou persister en tant que substratum altéré des sols des plateaux molassiques dans les avant-monts.

En effet, les mêmes actions, qui ont provoqué les solifluxions sur les versants des cours d'eau en cours de creusement, ont provoqué la décomposition de la molasse sur les plateaux, le dessus des collines ou les plates-formes structurales : mais sur ces surfaces planes les formations résultant de la désagrégation de la roche sont restées sur place, après un lessivage oblique important (Berger-Levrault, 1970).

Par leur ancienne connexion aux nappes libres des surfaces d'écoulement, ils peuvent abriter des biocénoses remarquables, reliques des cortèges hyporhéiques piégés par l'isolement des nappes consécutif au creusement des cours d'eau.

Bien que l'Ariège fût le berceau de sa découverte, plutôt bien représenté dans le département, il n'a pas été proposé d'inclure de site abritant spécifiquement ce biotope dans le projet de réserve. En effet, les conditions hydro-géomorphologiques de formation de ces biotopes sont par leur nature même très protectrices, tant en termes d'accès que de niveau très faible des menaces : les deux seuls risques auxquels ils sont exposés sont une pollution diffuse de la nappe suspendue ou le décaissement mécanique du substratum. Un site a été évalué dans la liste initiale, l'hypothelminorhéique du Plagnol de la Plagne sur la commune de Saint-Girons (n°12). Il est associé au site n°12 (gouffre du Plagnol) qui n'a pas été retenu également.

3. LES SPECIFICITES DE LA FAUNE SOUTERRAINE

La vie souterraine est présente dans les cavités elles-mêmes, dans le milieu fissuré qui les entoure, mais également dans le sous écoulement des cours d'eau et des nappes phréatiques, ainsi que dans le milieu souterrain superficiel (MSS), qui comprend les micro-espaces communicants, dus aux phénomènes généraux d'érosion mécanique. Ainsi, les grottes ne constituent pas le seul milieu de vie de la faune souterraine. En revanche, elles restent la principale « fenêtre » sur les milieux souterrains, étant la partie pénétrable par l'être humain : « les écosystèmes souterrains apparaissent ainsi comme

un champ d'observation et d'expérience unique pour les études d'écologie pouvant amener à des généralisations à d'autres milieux » (Bensettiti F., 2004).

La vie souterraine s'est développée partout, indépendamment du type de végétation : c'est la matière organique transférée sous terre par les eaux météoriques et/ou la progression des systèmes racinaires de arbres dans les interstices qui constituent les apports énergétiques pour le fonctionnement des écosystèmes souterrains, qui sont donc par définition tous hétérotrophes. Les conditions climatiques de ces écosystèmes sont par ailleurs quasi-constantes sur des durées géologiques.

Des modifications morphologiques de la faune des milieux souterrains sont fréquentes sans être systématiques, comme la dépigmentation, la perte des yeux (microphtalgmes ou anophtaglmes) et des ailes (aptères), l'allongement du corps et des appendices (gracilité), ainsi que d'importants changements dans le métabolisme (ralentissement, absence de cycle circadien) et les cycles vitaux (faibles taux de reproduction) (Brustel, et al., 2017).

Les biocénoses[11] souterraines se composent de trois types principaux d'espèces :

- les espèces dites **troglobies et stygobies** sont strictement inféodées aux milieux souterrains aérien et aquatique. Les espèces à population abondante sont souvent à la base de la chaine alimentaire souterraine - telles que les insectes terrestres collemboles et coléoptères leptodirininae (Speonomus, Paraspeonomus, Antrocharis), et les crustacés copépodes pour les biocénoses aquatiques. Le tome 5 des Cahiers d'habitats liste 648 espèces spécialisées d'invertébrés appartenant à 70 ordres ;
- les espèces dites **troglophiles et stygophiles** vivent à la fois sous terre et en surface. Elles sont moins modifiées ou non modifiées par la vie souterraine (taux de reproduction plus élevé, traits morphologiques tels que les yeux, les pigments, la longueur des appendices peu modifiés). Les chauves-souris et les calotritons sont des exemples de vertébrés troglophiles ;
- les espèces dites **trogloxènes** sont des espèces extérieures qui sont entrainées passivement sous terre par les pertes de ruisseaux et y transitent, ou qui pénètrent saisonnièrement dans les entrées, la partie antérieure des grottes ou dans le MSS et qui servent de nourriture aux espèces souterraines.

Cependant, selon les espèces et leur degré d'adaptation à la vie souterraine, on pourrait ajouter des catégories intermédiaires entre chacune d'elle, selon la température, la quantité d'obscurité, le taux d'hygrométrie, etc.

Enfin, le milieu souterrain constitue un excellent modèle de recherche pour tester l'évolution de l'adaptation des espèces. En effet, celles-ci sont soumises à une pression de sélection forte car le milieu est très contraignant. Il est aussi simple et homogène, ce qui limite le nombre des facteurs à considérer (température, humidité, luminosité sont constantes). La comparaison des populations est donc plus simple, et permet de « détecter des adaptations locales à ces paramètres environnementaux, l'hygrométrie, la structure physique de l'habitat […] à la fois à court (génétique des populations) ou à long terme (phylogénie) » (Brustel, et al., 2017).

[11] Ensemble des êtres vivants d'un milieu

PARTIE 2 – SYNTHESE GEOGRAPHIQUE DE L'ARIEGE : DESCRIPTION PAR GRANDS ENSEMBLES GEOGRAPHIQUES

Dans les chapitres suivants sont décrits de « grands ensembles géographiques » ; ils regroupent plusieurs massifs karstiques et plusieurs unités paysagères[12] du Parc naturel régional (PNR) des Pyrénées Ariégeoises décrites dans le cadre de la révision de la charte du SMPNR (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2022), et plus largement du sud de l'Ariège pour les sites hors parc.

Ce découpage permet de décrire des zones géographiques homogènes du territoire, au sein desquelles les sites ont été retenus. Chacune des parties est associée à une zone appelée « grand ensemble géographique » présente alors un paragraphe sur sa localisation, les réseaux hydrographiques concernés, l'occupation du sol liée aux paysages et à la géomorphologie, la géologie et enfin sur les sites identifiés comme prioritaires par le projet.

1. LES PETITES PYRENEES ET LE PLANTAUREL, LES PRE-PYRENEES

Localisation. Les Petites Pyrénées et le Plantaurel sont deux massifs qui constituent la limite nord du Parc naturel régional des Pyrénées ariégeoises. Dans le plan du PNR (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2008), ces deux massifs sont nommés les « Pré-Pyrénées ». Le Mas d'Azil et Sainte-Croix-Volvestre sont les deux principales communes.

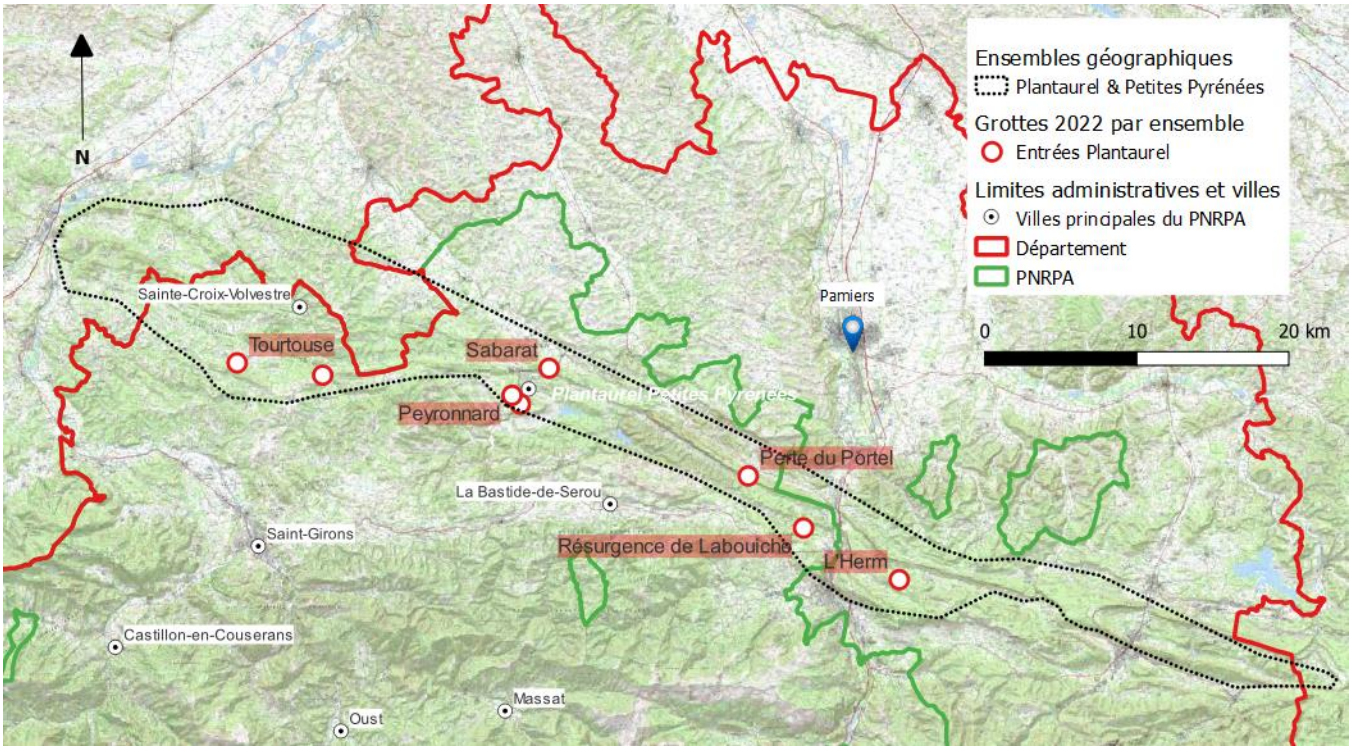


FIGURE 10 SITUATION GEOGRAPHIQUE DU PLANTAUREL ET DES PETITES PYRENEES A L'EXTREMITE OUEST DU PLANTAUREL

[12] « Une unité paysagère est une partie continue du territoire, cohérente d'un point de vue paysager […]. Les limites des unités paysagères sont la plupart du temps sur les lignes de crêtes, les cols, les cluses qui forment des « seuils géographiques très marqués dans le paysage. » (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2022)

Réseaux hydrographiques. Le Volp, l'Arize et la Lèze sont les bassins hydrographiques de ces deux massifs : ils constituent des systèmes modestes par rapport à ceux de l'Ariège ou du Salat :

- la Lèze prend naissance dans le massif du Plantaurel vers Loubens. Son écoulement est décomposé en 7 sous-bassins versants selon la nomenclature SANDRE (EAUCEA, 2013) Son débit est plutôt faible et sujet à des étiages très prononcés, la rivière et ses affluents sont soumis à un régime pluvial : le module à Labarthe sur Lèze est évalué à 2 m^3/s, avec des débits d'étiage (VCN10 quinquennal) de l'ordre de 40 L/s et des débits de crue instantanés allant au-delà de 140 m^3/s (EAUCEA, 2013) ;
- l'Arize prend sa source dans le Massif du même nom du côté de La Tour Laffont (Col de Péguère), passe par Esplas et La Bastide de Sérou, puis traverse le Synclinal de la grotte du Mas d'Azil et se jette plus loin dans la Garonne. Son débit moyen est de 4.6 m^3/s au Mas d'Azil ;
- le Volp est une rivière surimposée s'étant installée sur des surfaces d'érosion et qui recoupe des plissements. Il débite à peine 1 m^3/s.

Les alluvions de la Lèze et de l'Arize, assez peu perméables, fournissent ponctuellement des débits inférieurs à 20 m^3/h. Les formations molassiques du Volvestre, essentiellement imperméables, où le ruissellement est prépondérant, n'offrent que de maigres ressources : le débit des sources de fond de talweg notamment dépasse rarement 3.6m^3/h. Les formations du Tertiaire du Plantaurel présentent généralement des ressources en eau limitées à quelques sources de débit inférieur à 5 m^3/h. Seuls les calcaires karstifiés du Thanétien constituent de bons réservoirs.

L'occupation du sol liée aux paysages et à la géomorphologie. Le Plantaurel se situe à l'est du territoire et les Petites Pyrénées à l'ouest : il est décrit comme une longue gouttière de crêt calcaire, tandis que les Petites Pyrénées, dans la continuité du Plantaurel est un ensemble un peu plus confus. Les paysages de ces deux massifs s'étendent entre les altitudes moyennes de 200 et 500m. Leur structure paysagère comprend une charpente naturelle présentant de nombreuses particularités propres aux paysages calcaires : cluses, combes, crêtes boisées ou « quères », rivières souterraines, dont celles de Labouïche et du Mas d'Azil, et grottes en tant que hauts lieux de la Préhistoire découpent les Pré-Pyrénées et le Plantaurel.

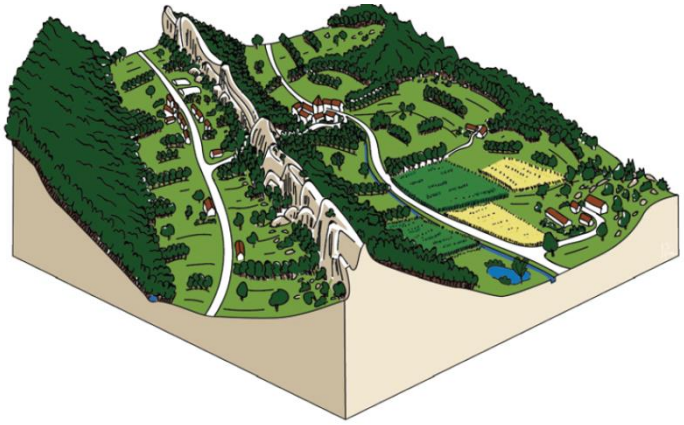


FIGURE BLOC SCHEMATIQUE DE L'UNITE PAYSAGERE DU PLANTAUREL (SOURCE : SMPNR, 2022)

L'unité paysagère du Plantaurel est décrite par des paysages ruraux singuliers, directement liés aux reliefs :

- d'étroites vallées encadrées par les lignes de crêtes calcaires aux versants très contrastés : prédominance de forêts de feuillus sur les versants nord (taillis de Chêne pubescent, en mélange avec du Hêtre, du tilleul et de l'Erable champêtre), et sur les versants sud, terres agricoles, bosquets et habitats ;
- de larges fonds de vallée agricoles, souvent inondées l'hiver, entre deux resserrements du relief. Sur le territoire du PNR, il s'agit d'une rare zone présentant des champs de céréales. Le bâti y est peu présent ;
- de petits vallons pâturés et boisés dès que le relief s'accentue : ils offrent des paysages resserrés de prairies ceinturées de bosquets (arbustes et frênes) qui s'épaississent pour former des boisements denses dans les pentes plus marquées, ou le long des ruisseaux.



FIGURE 12 : LA CLUSE DE SABARAT (JP MÉTAILLÉ, EXTRAIT DE LA LETTRE DU CONSEIL SCIENTIFIQUE SUR LE MAS D'AZIL)

Le Mas d'Azil et ses alentours présentent une diversité exceptionnelle de milieux ouverts. Les prairies naturelles sont témoins des pratiques agro-écologiques dominantes sur ce territoire, les pentes plus fortes et exposées à la chaleur, les pelouses calcaires sur sol maigre dominent. Elles présentent un intérêt écologique fort en abritant des espèces remarquables (orchidées), mais évoluent rapidement vers l'embroussaillement en cas de déprise agricole. Le classement Natura 2000 des Quères du Mas d'Azil et de Camarade, des grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat FR7300841 permet de mettre en œuvre des mesures pour la préservation de ces habitats agro-pastoraux qui en font sa richesse. Ainsi leur bon état de conservation est maintenu par l'élevage extensif encouragé sur le site. Il s'agit d'un relief karstique de 400 à 600 m d'altitude, traversé par l'Arize avec des pertes et des résurgences d'eau assez disséminées. De nombreuses mesures de gestion existent donc déjà sur ces sites, mais ne concernent pas le milieu souterrain (stabiliser les processus de fermeture de milieux, protéger les écosystèmes, favoriser l'installation d'agriculteurs…).

Les Petites Pyrénées sont quant à elles décrites dans une autre unité paysagère nommée le « Volvestre ariégeois », et séparées du Plantaurel par la vallée du Volp.

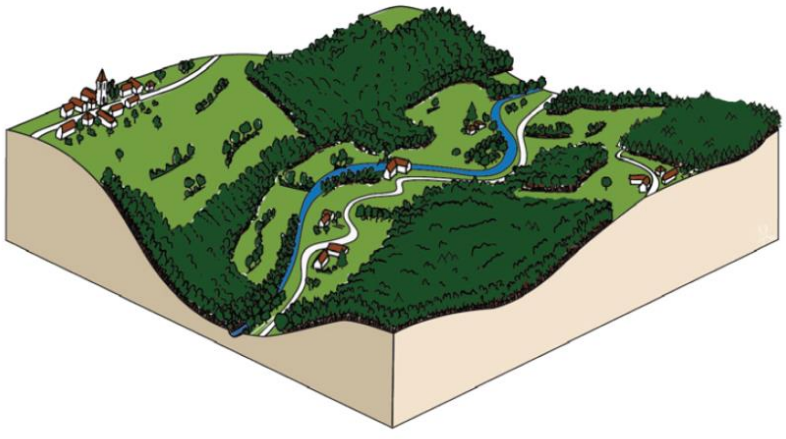


FIGURE 13 BLOC SCHEMATIQUE DE L'UNITE PAYSAGERE DU VOLVESTRE ARIEGEOIS (SOURCE : SMPNR, 2022)

Le paysage du Volvestre offre :

- une alternance continuelle de bois et de petits vallons pâturés ou cultivés ;

- sur les crêtes et les pentes les plus douces et ombragées, des clairières herbagères entourées de forêt (châtaigners et acacias y sont bien présents) : la sapinière de Sainte-Croix-Volvestre a la particularité d'être une relique de la sapinière glaciaire, à 600m d'altitude ;
- hameaux et fermes isolées aux formes bâties caractéristiques et aux abords arborés ;
- villages allongés sur le haut des « serres » (crêtes étirées) en balcon sur le paysage.

Géologie. Cette zone dite « sous-pyrénéenne » est constituée « de rides de terrains sédimentaires récents de basse altitude, de 20 km de large pour 600m d'altitude à l'ouest du territoire. Elle est traversée par des cuestas, l'exemple le plus connu étant la grotte du Mas d'Azil traversée par l'Arize. La présence de chaînons calcaires a favorisé la propagation vers l'ouest de plantes xérothermophiles ». (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2008) Cette zone principalement calcaire présente de nombreuses cavités souvent peu profondes (Bouroullec, et al., 2006).

Les sites identifiés comme prioritaires par le projet sur ces massifs.

IDENTIFICATION DES SITES				STATUTS DE PROTECTION			PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE		VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	Sites	Communes	Surface (ha)	APPB	N2000	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité biologique	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	Menace (activités extractives = "A")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
11	**Grotte de Roc Saint Martin**	**Herm (L')** + Pradières	6	1	1		**x**		**C**		**V + P**	**A + R**
13	**Perte du Portel**	Loubens, Baulou	14			1		**MPY1598 MPY1714**	**C**		**P**	**R**
14	**Grotte du Mas d'Azil**	Mas d'Azil (Le)	16		1		**x**	**MPY1435**	**C**		**V + P**	**A + R +S**
15	**Grotte de Peyronnard**	Mas d'Azil (Le)	4		1				**C**			
17	**Grotte du Bourg**	Mérigon	1			1			**C**			**R**
22	**Grotte de Sabarat**	Sabarat	1	1	1		**x**	**MPY1065**	**C**	**A**	**V**	**R**
27	**Grotte de Tourtouse**	Tourtouse	8	1	1		**x**		**C**		**P**	**A + R**
29	**Résurgence de la rivière souterraine de Labouïche**	**Vernajoul**	34				**x**	**MPY1713 MPY1597b**	**C**		**V + P**	**A + R +S**

FIGURE 14 TABLEAU DE SYNTHESE DES SITES PRIORITAIRES SUR LES MASSIFS DES PETITES PYRENEES ET DU PLANTAUREL

Parmi ces sites, certains sont inscrits dans le plan du parc naturel régional (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2008) : la grotte de Tourtouse (réf. charte E1), site Natura 2000 des Quères du Mas d'Azil et de Camarade, des grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat FR7300841 (réf. charte E5), la grotte et faille de la carrière de Sabarat (réf. charte E6), la grotte de Pigailh, zone d'infiltration du karst (réf. charte E9), et la rivière de Labouïche (réf. charte E11).

2. LES AVANT- MONTS, OU LA DEPRESSION NORD PYRENEENNE – LES MASSIFS DE CADARCET ET LESCURE

Localisation. On localise les « avant-monts » juste au sud des Petites Pyrénées et du Plantaurel, juste adossé au massif de l'Arize. Il s'agit de l'espace situé entre Foix et Saint-Girons, le long de l'axe routier principal du PNR, la D 117. La Bastide-de-Sérou est la ville principale.

Réseaux hydrographiques. Cet ensemble est traversé par les exsurgences du massif de l'Arize plus au sud, et principalement par le Baup et l'Arize.

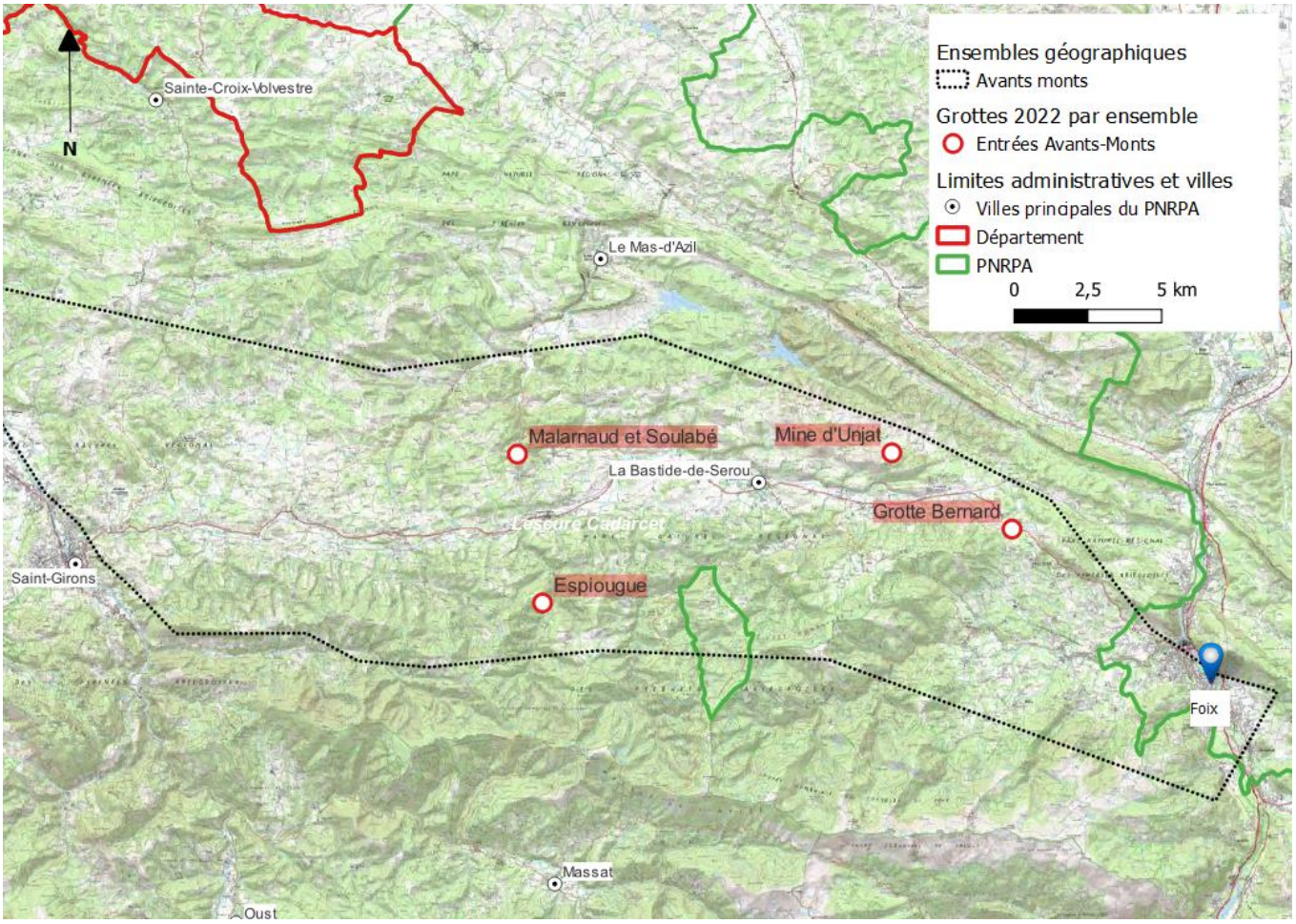


FIGURE 15 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE "AVANTS MONTS", LES MASSIFS DE CADARCET ET DE LESCURE

L'occupation du sol liée aux paysages et à la géomorphologie. Cette zone géographique offre un paysage de même fonctionnement qu'une vallée ouverte avec d'un côté les Pyrénées et de l'autre le Plantaurel et les Petites Pyrénées. Les Avant-Monts s'élèvent jusqu'à environ 800 m. La dépression nord-pyrénéenne sur laquelle ils sont situés leur confère une grande diversité, recouvrant des paysages boisés de pente raide, à des fonds de vallée où sont concentrés les deux pôles urbains du territoire du parc, autour de Saint-Girons et à l'ouest de Foix. Les paysages y sont très ouverts, laissant place à une agriculture de polyculture-élevage encore présente, grâce à de nombreuses pâtures bocagères et quelques champs cultivés. Le maillage bocager y est encore très présent et en assez bon état de conservation.



FIGURE 16 VUE DU SERONAIS ET DE SA ZONE BOCAGERE

Le SMPNR identifie l'unité paysagère du Séronais (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2022) qui englobe alors les massifs de Cadarcet et Lescure.



FIGURE BLOC SCHEMATIQUE DE L'UNITE PAYSAGERE DU SERONAIS (SOURCE : SMPNR, 2022)

Le Séronais présente des paysages de moyenne montagne très contrastés :

- des paysages forestiers sur les versants escarpés et orientés nord, dans la région d'Alzen-Montagagne ;
- des paysages de fond de vallée agricoles, jalonnés de grosses fermes et de bourgs distants. A proximité des agglomérations de Foix (par exemple dans la Barguillère) et de Saint Girons, les communes connaissent une augmentation de la population liée à la qualité du cadre de vie et à la proximité de services ;
- des paysages bocagers des collines calcaires, avec des éléments emblématiques des paysages karstiques : dolines, lapiaz, « champs de pierres ».

L'agriculture est le secteur d'activité le plus important sur les communes des avant-monts et des coteaux. Pelouses sèches et espaces naturels d'intérêt localisés (prairies humides…). Les forêts sont quasiment toutes privées constituées de châtaigniers, chênes sessiles et pédonculés et de feuillus divers. Le réseau karstique y est important et la faune associée riche. On note la présence de nombreuses mares et zones rupestres favorables à la présence de rapaces emblématiques (Faucon pèlerin, Vautour percnoptère).

Géologie. L'inventaire du Séronais (Comités départementaux de Spéléologie du Tarn et de l'Ariège, 2010) le décrit comme une zone assez karstifiée, avec un sous-sol présentant plus de 9000m de réseaux. C'est également une région marquée par l'industrie minière : le secteur est « entaillé par les profondes tranchées d'exploitation de la bauxite, qui forment de grandes

saignées rougeâtres le long des collines du Pouech à Cadarcet ». Le fer, le plomb, le zinc, le cuivre, l'arsenic, le phosphate et le manganèse y étaient exploités, et dans le cadre de l'inventaire du Séronais précité, les mines ont été visitées par les spéléologues autant que possible. Sur l'ensemble du Séronais, il semble toutefois qu'il n'y ait pas vraiment de systèmes karstiques ou hydrogéologiques à grand développement et bien organisés : les cavités y sont modestes et isolées.

Les sites identifiés comme prioritaires par le projet sur ces massifs.

IDENTIFICATION DES SITES				STATUTS DE PROTECTION			PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE	VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	**Sites**	**Communes**	**Surface (ha)**	APPB	N2000	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité biologique	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
4	**Grotte de la mine du Pouech d'Unjat**	Bastide de Sérou (La)	125			1		**MPY1533**	**C**	**P**	**A + R + S**
9	**Grotte de l'Espiougue**	Esplas-de-Sérou	1	1		1		**MPY1501**	**C**	**V**	**A+S**
18	**Grottes de Malarnaud-Soulabé**	**Montseron** + Durban-sur-Arize	17	1	1		**x**		**C**		**A + R**
23	**Grotte Bernard**	Saint-Martin-de-Caralp	19				**x**			**P**	**R +S**

FIGURE 18 TABLEAU DE SYNTHESE DES SITES PRIORITAIRES SUR LES MASSIFS DE CADARCET ET LESCURE

Parmi les sites de ce secteur, la grotte de Marlarnaud et Soulabé à Montseron (ref charte E7) est inscrite au plan de parc (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2008). La grotte de l'ancienne mine du Pouech d'Unjat est protégée par un arrêté municipal.

3. LES MASSIFS DE SOURROQUE ET DE L'ARIZE

Localisation. Le massif de Sourroque est dénommé sur la carte IGN « montagne de Sourroque ». Il se situe au sud de Saint-Girons, encadré à l'ouest par le Lez et au sud par le ruisseau de Sour. D'une superficie d'environ 66 km², il épouse la forme des massifs de Castillon en limite méridionale, de l'Arize et des Trois Seigneurs (BRGM, 2017). Le massif de l'Arize se situe plus à l'est de Saint-Girons, de l'autre côté du Salat.

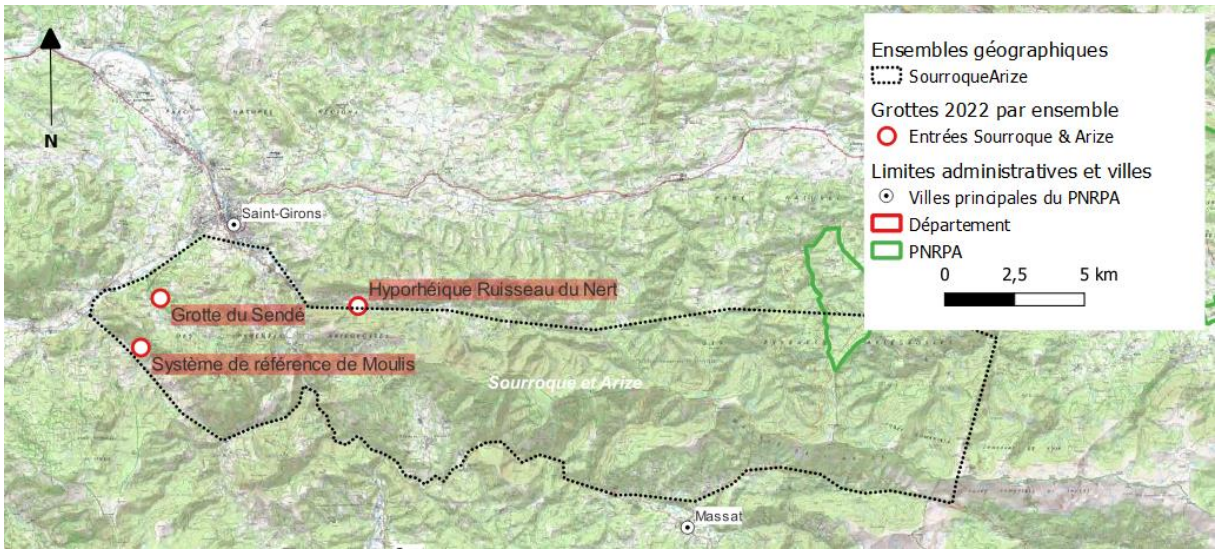


FIGURE 19 SITUATION GEOGRAPHIQUE DES MASSIFS DE SOURROQUE ET DE L'ARIZE

Occupation du sol liée aux paysages et à la géomorphologie. Sourroque occupe une zone de moyenne montagne qui culmine au cap d'Aruille à 1252m d'altitude, et présente des pentes plutôt douces. La « montagne de Sourroque » est identifiée dans la charte du PNR comme délimitant le Saint-Gironnais, offrant un intérêt paysager par sa grande falaise calcaire, se démarquant très nettement au sud de Saint-Girons, et un intérêt naturaliste puisqu'elle est un site de reproduction du Faucon pèlerin et du Vautour percnoptère. Ce massif karstifié présente également de grands gouffres profonds (Bouroullec, et al., 2006).

La montagne de Sourroque est majoritairement boisée. Les fonds de vallées sont quant à eux occupés généralement par des prairies de fauche.

Le massif de l'Arize est à cheval sur les deux unités paysagères du Séronais et du Massatois : c'est sa ligne de crête qui fait la séparation des deux unités.

Géologie. « Sourroque est composé de chainons calcaires d'âge anté-cénomanien, qui prolongent vers le sud les chainons du secteur nord de l'Arize. Toute la bordure sud du secteur expose à l'affleurement des dépôts de flysch noir, qui est ardoisier en raison du métamorphisme qu'il a subi. […] Le secteur de Sourroque montre le style de déformation des séries carbonatées mésozoïques au contact des massifs nord-pyrénéens suite à la compression pyrénéenne. Le contact avec le massif du Castillon correspond à un sillon rempli de flysch noir. Au nord-est de ce sillon, les terrains jurassiques sont fortement faillés, découpés par des accidents verticaux en différentes écailles tectoniques composées soit de Trias salifère, de Lias ou de Jurassique. En poursuivant vers le nord-est les terrains sont moins découpés par les failles, permettant de mieux voir le plissement des couches. Le Tuc Bidau forme le flanc sud d'un pli synclinal déversé vers le nord-ouest, empli de flysch noir reposant sur des calcaires urgoniens qui affleurent à Troumajou. Ces calcaires reposent

directement sur le Dogger qui compose le flanc sud du pli anticlinal suivant, à cœur de Lias affleurant au Sarrach » (BRGM, 2017).

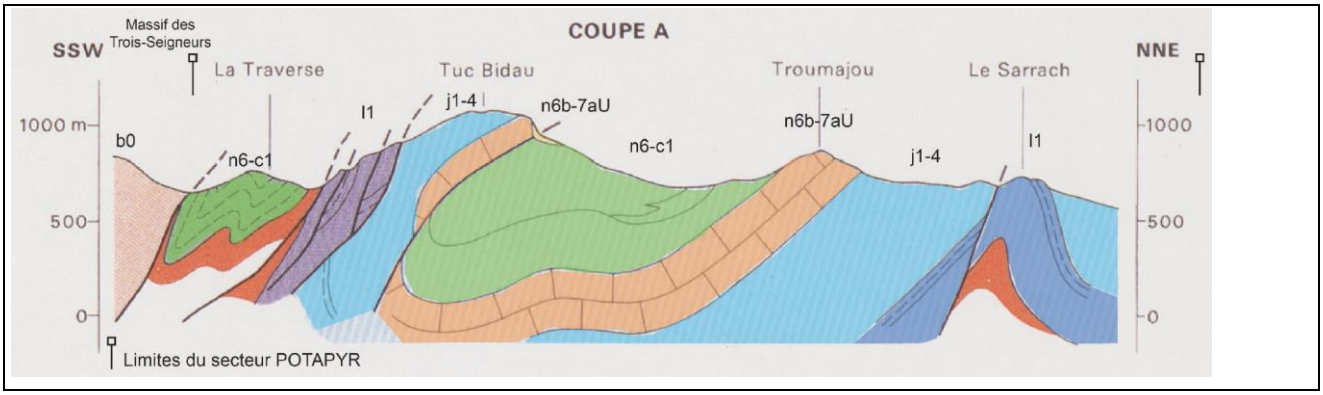


FIGURE 20 GEOLOGIE DES MASSIFS DE SOURROQUE ET DE L'ARIZE

Les sites identifiés comme prioritaires par le projet sur ces massifs.

IDENTIFICATION DES SITES				STATUTS DE PROTECTION			PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE	VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	Sites	Communes	Surface (ha)	APPB	N2000	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité biologique	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
12	**Hyporhéique ruisseau Nert**	**Lacourt** +Encourtiech	4				**x**			**P**	**R**
19	**Grotte du Sendé**	Moulis	6	1	1		**x**	**MPY1723**	**C**	**P**	**A + R**
20	**Système de la grotte de Moulis**	Moulis	106		1		**x**	**MPY1607**		**V+P**	**R**

FIGURE 21 TABLEAU DE SYNTHESE DES SITES PRIORITAIRES SUR LES MASSIFS DE SOURROQUE ET DE L'ARIZE

4. LES MASSIFS DE L'ESTELAS, BALLAGUER ET SERAU

Localisation. Le massif de l'Estélas-Ballaguer se situe à l'ouest de Saint-Girons principalement sur les communes de Cazavet et de Moulis. Le massif de Sérau se situe bien plus au sud, à l'ouest de Castillon en Couserans : il tire son nom du Pic de Sérau, point culminant du massif. Il est repéré sur l'IGN par l'indication forêt domaniale de Moussaou.

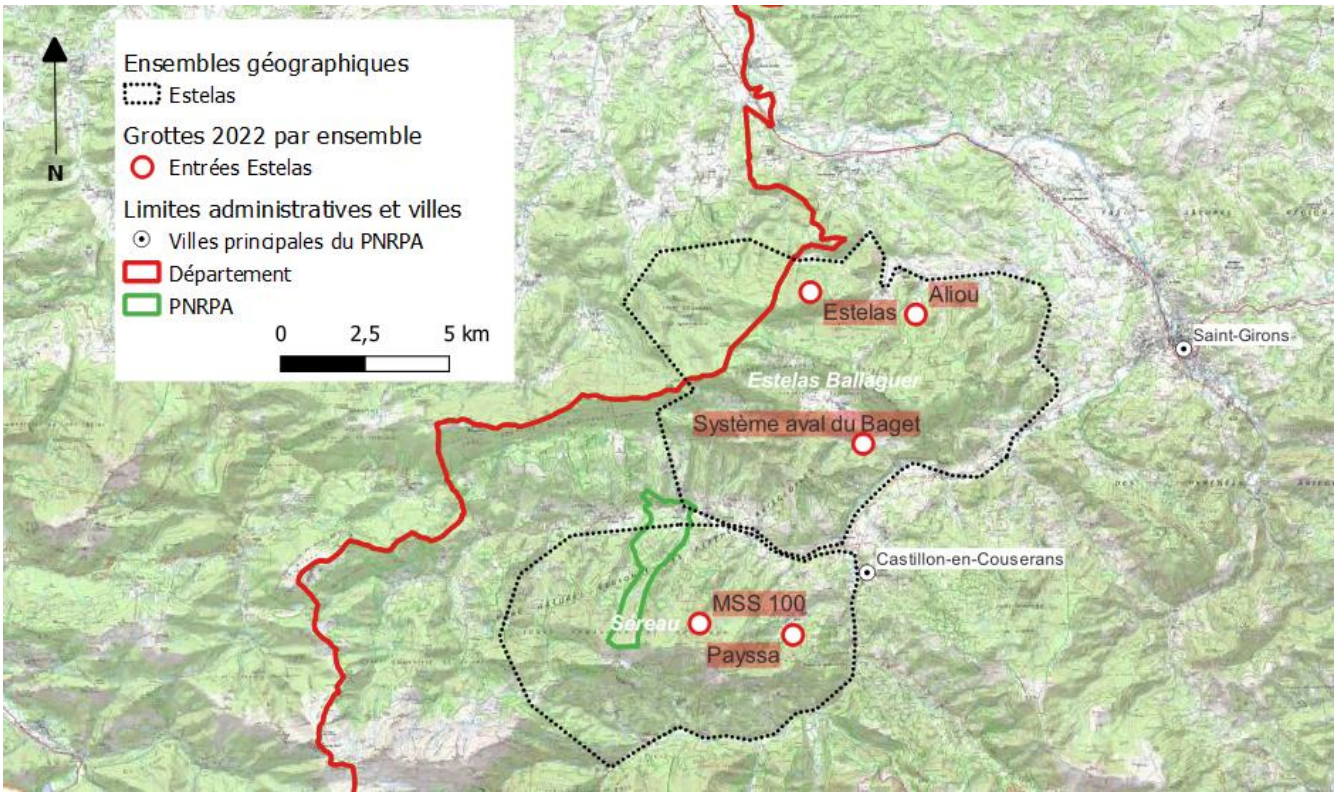
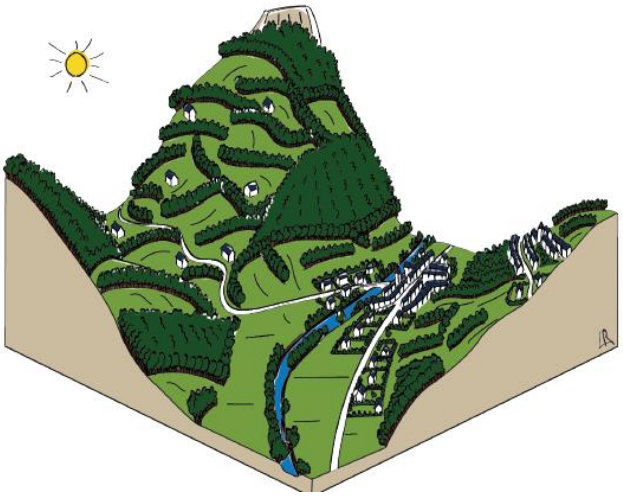


FIGURE 22 SITUATION GEOGRAPHIQUE DES MASSIFS DE L'ESTELAS BALLAGUER ET SERAU

Réseaux hydrographiques. Le système karstique du Baget se situe dans le massif de l'Estélas-Ballaguer et fait encore actuellement l'objet d'études par le laboratoire de recherche Ecolab (Univ. Toulouse III Paul Sabatier - ENSA Toulouse). La superficie de son bassin versant est assez réduite (13,25 km²) avec un exutoire principal à Las Hountas. Lorsque le réseau est en charge, le gouffre de la Peyrère apparait alors comme un trop-plein. Par ailleurs le ruissellement de surface se perd à des niveaux différents appelés les pertes. Le Baget, à l'image des autres systèmes pyrénéens présente un étiage prononcé en automne, les plus hautes eaux s'observant en février et en avril.

Le système karstique d'Aliou appartient au massif de l'Estélas-Ballaguer, et se situe au nord de celui du Baget. La superficie de son bassin versant est estimée à 12.93km² et se caractérise par un exutoire unique, la source d'Aliou. (Saplairoles, et al., 2012).

Occupation du sol liée aux paysages et à la géomorphologie. Ces formations calcaires du Crétacé inférieur sont typiques de l'Ariège et se présentent sous la forme d'importantes barres rocheuses. Elles se retrouvent également dans la région de Tarascon-Foix et dans le pays de Sault où s'observent alors de nombreux indices de karstification dans le paysage. Ces massifs très majoritairement boisés correspondent au nord de l'unité paysagère du Castillonais, et au sud de l'unité paysagère du Bas Salat.



Les soulanes au relief adouci ont été propices à l'implantation de villages et de hameaux. Des prairies sont cernées de haies étagées. Les fonds de vallées ont quant à eux subi l'extension des villages sur les quelques parcelles plates et accessibles (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2022).

Géologie. Massif constitué de calcaires du jurassique et du néocrétacé, à la richesse souterraine remarquable, identifiée notamment par le site Natura 2000 FR7300836 « Chars de Moulis et de Liqué, grotte d'Aubert, soulane de Balaguères et de Sainte-Catherine, les granges des vallées de Sour et d'Astien », il comprend notamment les grottes inscrites dans la charte du PNR : grotte de Peyort, grotte d'Aliou, la grotte de l'Estélas, le système souterrain du Baget Lachein et la grotte de Liqué.

Les sites identifiés comme prioritaires par le projet sur ces massifs.

IDENTIFICATION DES SITES				STATUTS DE PROTECTION			PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE	VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	Sites	Communes	Surface (ha)	APPB	N2000	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité biologique	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
1	**MSS 100 Ravin de la Tire**	Argein	7				**x**	**MPY1635**		**P**	**R + S**
3	**Système aval du Baget**	Balaguères	80		1		**x**	**MPY0979 MPY1608 MPY1635**	**C (Ste Cath)**	**P**	**A + R**
7	**Grotte d'Aliou**	Cazavet	117	1	1		**x**	**MPY0978 MPY1503 MPY1608**	**C**	**P**	**A + R + S**
8	**Grotte de l' Estélas**	Cazavet	17				**x**	**MPY1608**	**C**	**P**	**S+A**
24	**Grotte de Payssa**	Salsein	2				**x**	**MPY1635**			**A**

FIGURE 24 TABLEAU DE SYNTHESE DES SITES PRIORITAIRES SUR LES MASSIFS DE MOULIS, BALAGUERES ET BELLONGUE

5. LA ZONE D'ESCOTS ET DE LERS

Localisation. Cette zone s'étend du Col de Latrape au Port de Lers environ, et remonte au nord jusqu'à Massat.

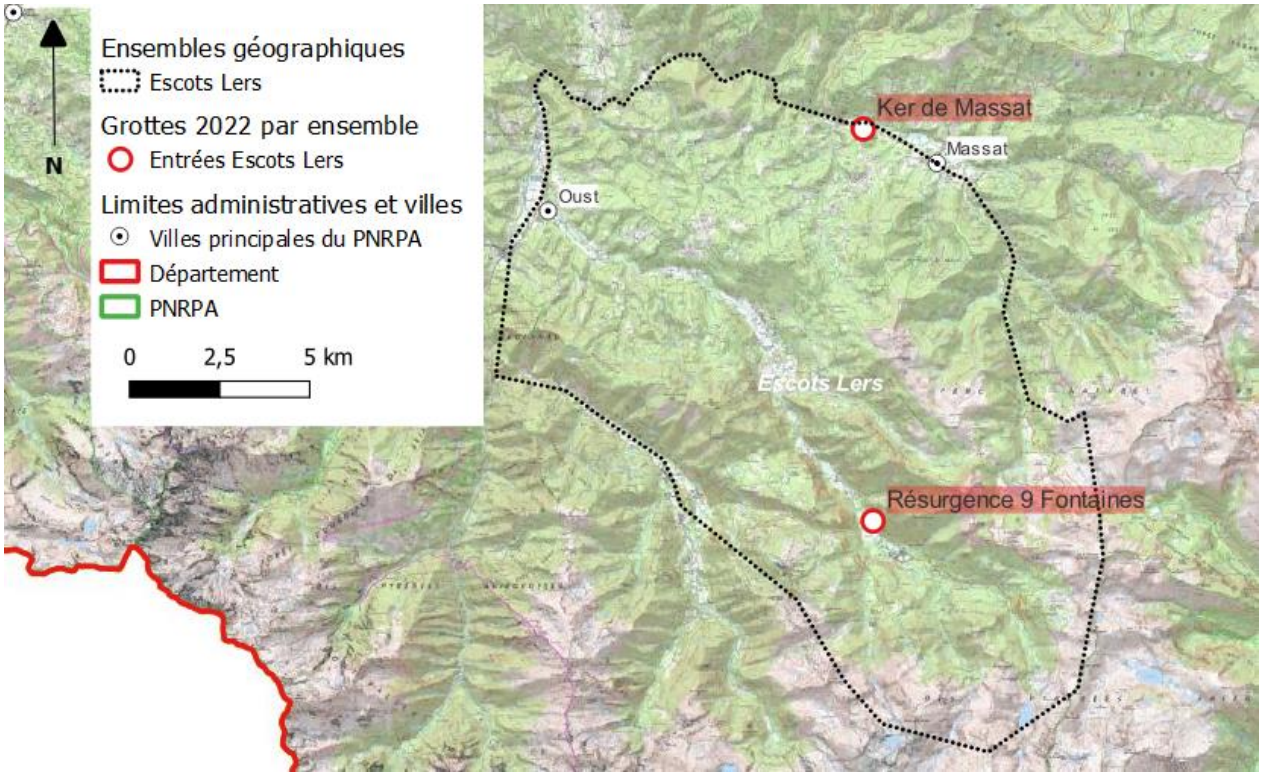
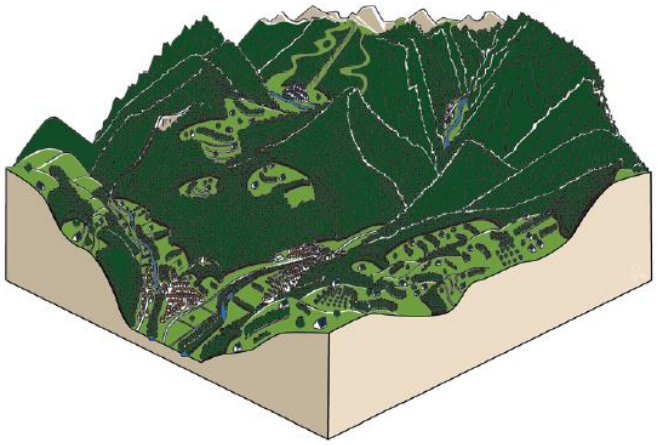


FIGURE 25 SITUATION GEOGRAHIQUE DU MASSIF DE L'ESCOTS-LERS, ENTRE AULUS ET LE PORT

Réseaux hydrographiques. La superficie du bassin d'alimentation du système karstique des Neufs Fontaines est estimée à 16,6 km² et se caractérise par une très faible proportion de roches non karstiques (Saplairoles, et al., 2012). Dans cette zone, on englobe aussi la vallée de l'Arac qui se jette un peu plus bas dans le Salat, de la même manière que la résurgence des Neufs Fontaines.

Occupation du sol liée aux paysages et à la géomorphologie. Cette zone englobe de nombreuses zones humides d'altitudes comme les tourbières de Bassiès et de Bernadouze (site Natura 2000 FR7300825 Mont Ceint, Mont Béas, Tourbière de Bernadouze) et présente principalement des pelouses sèches. Ce massif calcaire centro-ariégeois constitue une limite pour des communautés plutôt méditerranéennes à l'est et davantage montagnardes à l'ouest. Il constitue aussi une limite entre le Vicdessos et le Couserans. Le secteur est particulièrement riche en espèces endémiques pyrénéennes. (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2008).

Cette zone est en partie décrite par l'unité paysagère du Massatois, « large bassin intra-montagnard adossé au massif des Trois Seigneurs » (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2022).



L'unité paysagère du Massatois se compose de :

- paysages bocagers de moyenne altitude propices à l'élevage, ponctués de villages et hameaux dispersés. Les prairies et pâtures dominent sur la forêt, et sont parsemées de nombreux vergers. Le long des routes se développent des constructions nouvelles qui empiètent sur les espaces agricoles ;
- versants boisés ponctués de clairières habitées, dans les profondes vallées qui entaillent le massif des Trois seigneurs. A la faveur des replats se découvrent des clairières encore paturées, offrant des points de vue remarquables ;
- des paysages d'estive et de haute montagne aux caractères naturels et patrimoniaux emblématiques.

Géologie. Le système karstique des Neufs Fontaines sur la commune d'Aulus-les-Bains est constitué de calcaires cristallins métamorphiques attribués au Jurassique avec comme exutoire principal la source des Neufs Fontaines (ID26). Il se situe entre le massif des Trois Seigneurs (formation de socle) et les calcaires paléozoïques de la zone axiale. (Saplairoles, et al., 2012)

Les sites identifiés comme prioritaires par le projet sur ces massifs.

IDENTIFICATION DES SITES				STATUTS DE PROTECTION			PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE	VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	Sites	Communes	Surface (ha)	APPB	N2000	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité biologique	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
2	**Résurgence de Neuf Fontaines**	Aulus-les-Bains	2				**x**	**MPY0977 MPY1634**		**V**	**R**
16	**Grottes du Ker de Massat**	**Massat** + Biert + Le Port (en indivision)	8	1	1		**x**		**C**	**V**	**A + R**

FIGURE 27 TABLEAU DE SYNTHESE DES SITES PRIORITAIRES SUR LES MASSIFS DE L'ESCOTS-LERS, ENTRE AULUS ET LE PORT

6. LE HAUT SALAT ET LE HAUT LEZ, LA HAUTE CHAINE PRIMAIRE DES PYRENEES

Localisation. Cette zone se situe cette zone en Haut Couserans, dans les hautes vallées du Salat et du Lez.

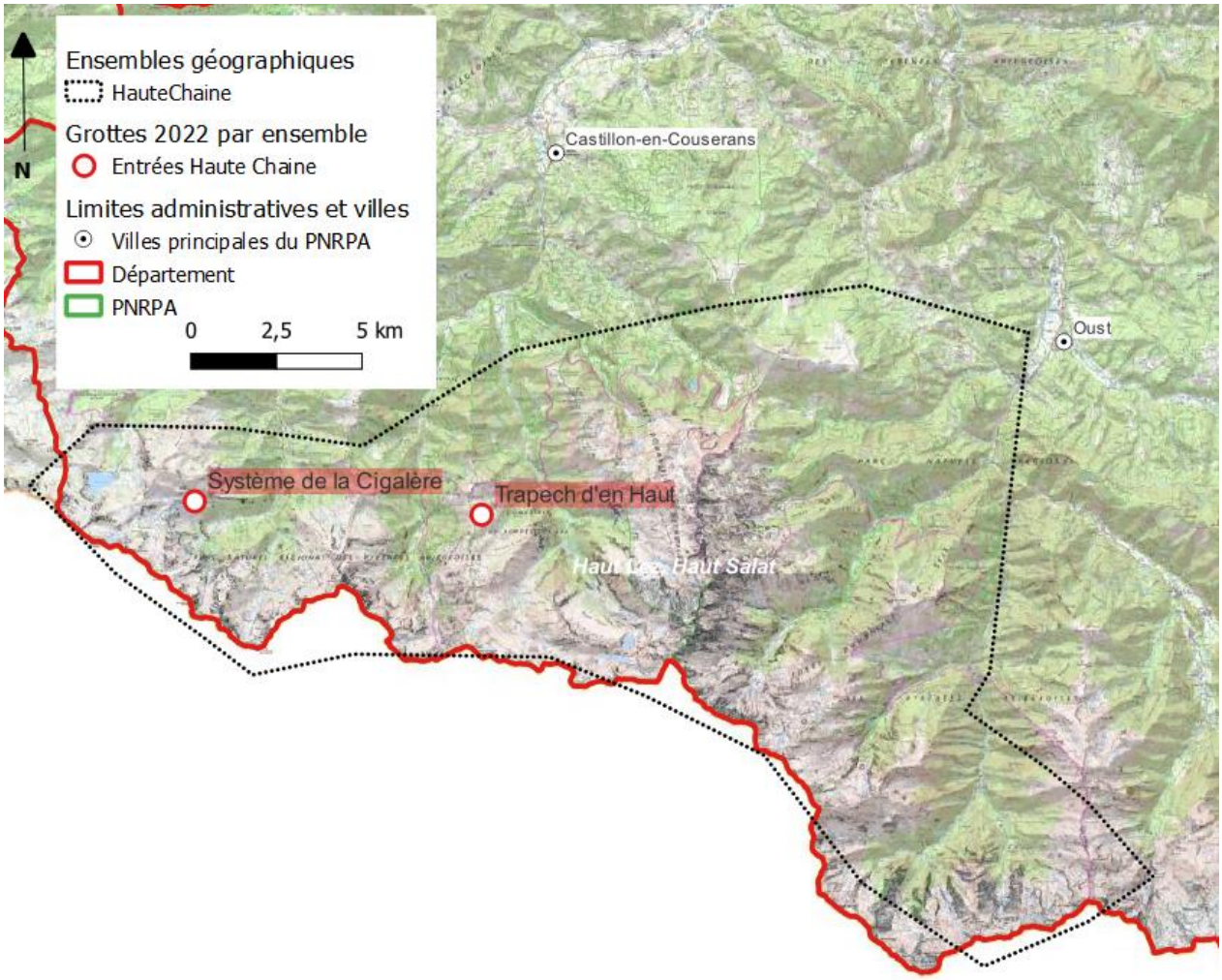


FIGURE 28 SITUATION GEOGRAPHIQUE DU HAUT LEZ ET DU HAUT SALAT, HAUTE CHAINE PRIMAIRE DE L'ARIEGE

Réseaux hydrographiques. À Salau (commune de Couflens), le Cougnet, torrent de montagne capricieux et sujet à des crues catastrophiques. Le ruisseau d'Estours, à l'amont de Seix, est le seul ruisseau du territoire à recevoir une eau glaciaire (glacier d'Arcouzan du Mont Valier).

Occupation du sol liée aux paysages et à la géomorphologie. Les paysages de forêts de montagnes se rencontrent particulièrement entre les altitudes moyennes de 900 m, altitude supérieure moyenne de la basse montagne et 1700m, limite inférieure de l'étage subalpin. Ils ont historiquement subi de nombreux bouleversements liés aux incendies, aux défrichements, à l'exploitation pour le charbon de bois nécessaire aux forges, à la construction, au chauffage et plus récemment à la fabrication du papier. Les forêts connaissent cependant une très forte dynamique de reconquête des espaces et particulièrement des zones intermédiaires. Les feuillus sont beaucoup plus présents que les résineux.

Les paysages d'estives et de rochers : les paysages d'estives sont omniprésents entre les altitudes de 1700 et 2700 m environ et figurent parmi les paysages les plus remarquables des Pyrénées. On y trouve de temps à autre des cabanes ou des constructions en pierre sèches (orris). Les pelouses sont pacagées par les troupeaux, essentiellement ovins, durant

la période estivale. Ces paysages sont également ponctués de nombreux lacs de montagne. Au-dessus des estives, se trouvent les paysages de sommets de la haute chaîne constitués de rochers et falaises et offrant de très larges et magnifiques points de vue » (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2008).

La majeure partie des sites de ce secteur sont en altitude, en général en zone d'estives. Les sites les plus bas en altitude se trouvent quant à eux en milieu forestier. Cet ensemble comprend un site d'intérêt communautaire (FR7300822): vallée du Ribérot et Massif du Mont Valier, présentant des habitats spécifiques de montagne (pelouses, prairies de fauche, hêtraies…), un fort endémisme végétal et animal (invertébrés). Gérée par l'ONF, la Réserve domaniale du Mont Valier couvre 9037 ha et abrite le sommet emblématique du Couserans : le Mont Valier. Une opération de gestion concertée dite « Grand site Forestier » est en cours sur ce site.

Géologie. Cette zone est principalement composée de roches métamorphiques d'origines sédimentaires ou magmatiques anciennes (datant du Précambrien et du Paléozoïque), recoupées par des granits. L'ensemble a enregistré les déformations liées aux orogénèses hercyniennes et pyrénéennes. Elle est délimitée au nord par la faille nord pyrénéenne.

Les sites identifiés comme prioritaires par le projet sur ces massifs.

IDENTIFICATION DES SITES				STATUTS DE PROTECTION			PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE	VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	**Sites**	**Communes**	**Surface (ha)**	APPB	N2000	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité biologique	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
6	**Aven du Trapech d'en Haut**	Bordes Uchentein	31		1		**x**				
26	**Système Cigalère-Martel-Mines du Bentaillou**	Sentein	375		1		**x**	**MPY1711 MPY1490 MPY1595 MPY1490a**		**P +V**	**A + R + S**

FIGURE 29 TABLEAU DE SYNTHESE DES SITES PRIORITAIRES DU HAUT LEZ ET DU HAUT SALAT, HAUTE CHAINE PRIMAIRE DE L'ARIEGE

7. LE TARASCONNAIS ET LE VICDESSOS

Localisation. Située entre le massif des Trois Seigneurs au Nord, le massif d'Aston au Sud et le bassin de Tarascon à l'Est, la vallée de Vicdessos entre Auzat et Tarascon témoigne de la richesse minière et de l'histoire mouvementée de la chaîne pyrénéenne. Le bassin du Tarasconnais, bien exposé, ouvert, et parsemé de grottes et d'abris au flanc de ses vallées, a souvent été fréquenté, utilisé, aménagé et habité par l'Homme, ce dès la Préhistoire.

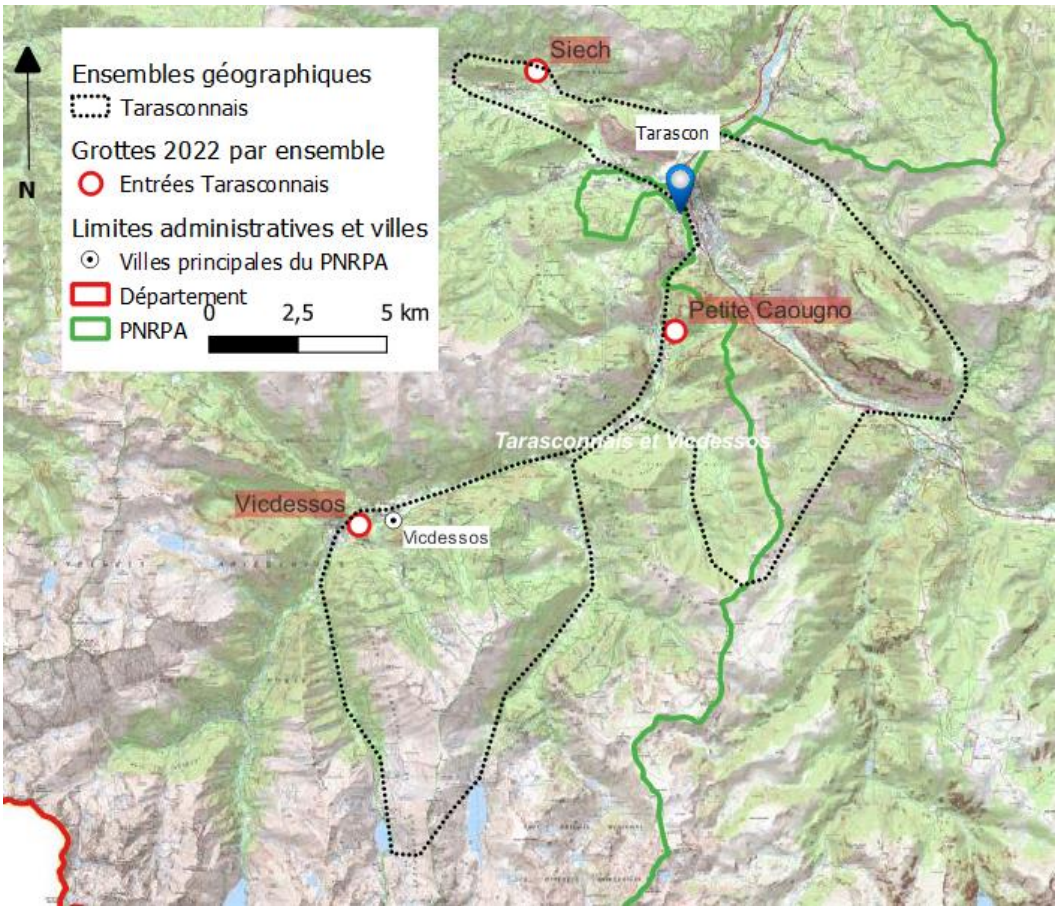


FIGURE 30 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE DU TARASCONNAIS & VICDESSOS

Réseaux hydrographiques. Le Vicdessos, qui prend sa source à la Pique d'Estats à 3143 m, le Saurat qui se jette dans l'Ariège au niveau de Tarascon et l'Arget qui draine la vallée de la Barguillère et rejoint l'Ariège à Foix.

L'occupation du sol liée aux paysages et à la géomorphologie. L'eau et la glace au Quaternaire façonnent la morphologie actuelle, vallées bordées de falaises percées de multiples cavités. L'érosion différentielle épargne les roches les plus dures, comme les calcaires, qui subsistent sous forme de pitons : c'est l'origine des Quiés, qui forment un vaste ensemble remarquable pour sa richesse patrimoniale et biologique (sites de nidification majeurs du département) mais aussi pour leurs paysages aux grandes falaises calcaires et leurs grandes pentes habillées d'une végétation caractéristique des milieux secs présentant une forte introgression méditerranéenne (ANA-CEN Ariège, 2016). L'eau s'est infiltrée dans ces calcaires, produisant les grottes qui abondent tout autour du bassin de Tarascon : Niaux, Lombrives, Sabart, La Vache, Sakany, les Eglises, la Vapeur, l'Ermite, Bédeilhac… L'histoire des glaciers de l'Ariège, du Vicdessos et de la Courbière marque profondément la topographie : vallée en auge d'Ussat, dépôts morainiques du Barri, de Bompas et de Garrabet,

varves de Saurat… La relation entre le fonctionnement du karst et les glaciations depuis 450 000 ans est d'ailleurs démontrée grâce à de nouvelles datations sur le réseau Niaux-Lombrives-Sabart (Sorriaux, et al., 2016).

Les paysages actuels des fonds de vallées sont ceux de montagnes urbanisées et aménagées pour la production d'hydroélectricité, l'industrie métallurgique et les sports d'hiver (stations de ski). Les pratiques culturales ancestrales étaient celles d'une polyculture de nécessité. En effet, l'économie agricole a largement contribué à façonner ces milieux ; dès que le sol le permettait, des terrasses ont été aménagées dans les pentes : plus ou moins larges, elles ont été créées pour les cultures, puis avec l'évolution des pratiques et de l'économie rurale, elles sont devenues prairies de fauche puis parcours pour les troupeaux (ANA-CEN Ariège, 2016). Aujourd'hui, il n'y a quasiment plus de cultures. La place est laissée à l'élevage, au travers des pâturages et des prairies de fauche. Ces paysages portent encore toutefois quelques marques de l'activité passée : murs en pierre sèche, alignement d'arbres de haies et de chemins creux, aires de battage.

Ces facteurs naturels et l'évolution des pratiques ont donné lieu à la création et au développement de milieux remarquables, notamment 8 habitats naturels qui figurent à l'annexe II de la Directive Habitats, 8 habitats d'espèces qui figurent à l'annexe IV de cette Directive (Chauves-souris et insectes forestiers) ainsi que de nombreuses espèces de rapaces (ANA-CEN Ariège, 2016).

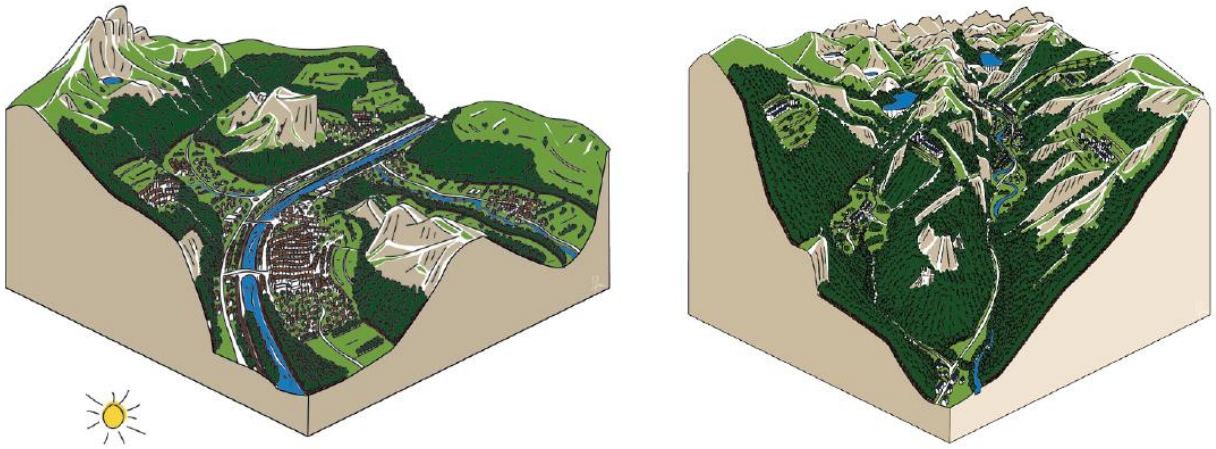


FIGURE 31 : SCHEMA DES UNITES PAYSAGERES DU BASSIN DE TARASCON (A GAUCHE) ET DU HAUT SABARTHES (A DROITE). (SOURCE : SMPNR, 2022)

Dans le cas de l'unité paysagère du bassin de Tarascon (à gauche) :

- la vallée glacière de l'Ariège surplombée par l'enfilade des Quiés, au fond desquelles se sont développées des infrastructures suite à l'essor des activités industrielles motivées par l'énergie hydraulique ;
- les vallées affluentes sont plutôt étroites et sont fortement boisées suite au recul des activités agricoles ;
- les horizons naturels des paysages montagneux sont représentés par la montagne de Tabe et le massif des Trois Seigneurs.

Dans le cas du Haut Sabarthès (schéma à droite) qui comprend notamment les vallées de Vicdessos de Siguer et de l'Aston, marquée par le pastoralisme, la métallurgie, et l'hydroélectricité :

- les paysages agricoles et urbanisés de fonds de vallée ;
- les paysages de versants boisés jalonné de villages perchés ;
- les paysages d'altitude sont de grands espaces nus constitués d'estives, de lacs et de crêtes rocheuses

Géologie. Le bassin du Tarasconnais est une illustration spectaculaire de l'histoire des Pyrénées. Il y a plus de 300 millions d'années, naissait une importante chaîne de montagne dont les Pyrénées n'étaient qu'un fragment. De cette époque

subsistent quatre massifs, entourant le Tarasconnais : les Trois-Seigneurs à l'ouest, le Saint-Barthélemy à l'est, l'Arize au Nord et l'Aston au Sud. Ils n'étaient pas du tout positionnés comme ils le sont aujourd'hui, mais leurs matériaux avaient déjà subi de profondes modifications, leur donnant un aspect cristallin et imposant. Cette zone est parcourue par le réseau souterrain de Niaux-Sabart-Lombrives, entre la vallée de Vicdessos et de l'Ariège.

Ce réseau de 14 km de développement est situé dans le massif du Cap de la Lesse, culminant à 1 189 m d'altitude, à la confluence des rivières de l'Ariège et du Vicdessos. Il est creusé dans les calcaires aptiens à faciès urgonien. « Ce sont des calcaires compacts, à pâte fine semi-cristalline, de teinte généralement gris clair. De nature pararécifale, ils sont souvent remplis de sections de Toucasia. On y trouve de nombreux Polypiers, des Bryozoaires, des Mélobésiées et des Milioles. Le réseau présente des galeries de très grandes dimensions et 3 entrées principales : les grottes de Niaux, de Sabart et de Lombrives. Ce système karstique étagé comprend deux étages principaux, un autour de 650 m d'altitude et composé des grottes de Niaux et de Lombrives supérieures et des galeries supérieures de la grotte de Sabart ; un autour de 550 m d'altitude qui comprend les galeries de Lombrives et les deux grandes salles de la grotte de Sabart. Un réseau de puits verticaux met en communication ces deux étages au niveau de la grotte de Lombrives. La grotte de Niaux présente deux systèmes de cheminées verticales dont l'Abîme Martel qui remonte jusqu'à 967 m d'altitude. Les galeries subhorizontales correspondent à des périodes de stabilisation du karst en fonction du niveau de base. Le fonctionnement de ce karst au cours du Quaternaire est à mettre en relation avec les glaciers de l'Ariège et du Vicdessos et correspond à une succession de colmatages-décolmatages. Le karst, réactivé à chaque glaciation, a par moment permis la capture de l'Ariège par le Vicdessos et inversement. La présence de lames d'érosion dans les deux sens en témoigne. Ce fonctionnement a mis en place d'importants remplissages qui alternent entre une sédimentation détritique (dépôts de cailloutis, sables et limons du Quaternaire moyen et récent) et sédimentation chimique (concrétions). » (DREAL Occitanie, 2016)

Les sites identifiés comme prioritaires par le projet dans ce secteur.

IDENTIFICATION DES SITES				STATUTS DE PROTECTION			PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE	VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	**Sites**	**Communes**	**Surface (ha)**	APPB	N2000	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité biologique	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
21	**Grotte de la Petite Caougno**	Niaux	14	1	1			**MPY1434**	**C**	**P**	**A + R + S**
25	**Grotte de Siech**	Saurat	11				**x**	**MPY1614**		**V**	**A + R**
28	**Rivière souterraine du Vicdessos**	**Val de Sos** + Auzat	10				**x**			**V+P**	**R +S**

FIGURE 32 TABLEAU DE SYNTHESE DES SITES PRIORITAIRES DU BASSIN DE TARASCON ET DU HAUT SABARTHES

8. LE MASSIF DE SAULT-QUERIGUT

Localisation. Ces deux massifs se situent au sud du Plantaurel, dans le secteur de Lavelanet, au sud-est de Foix.

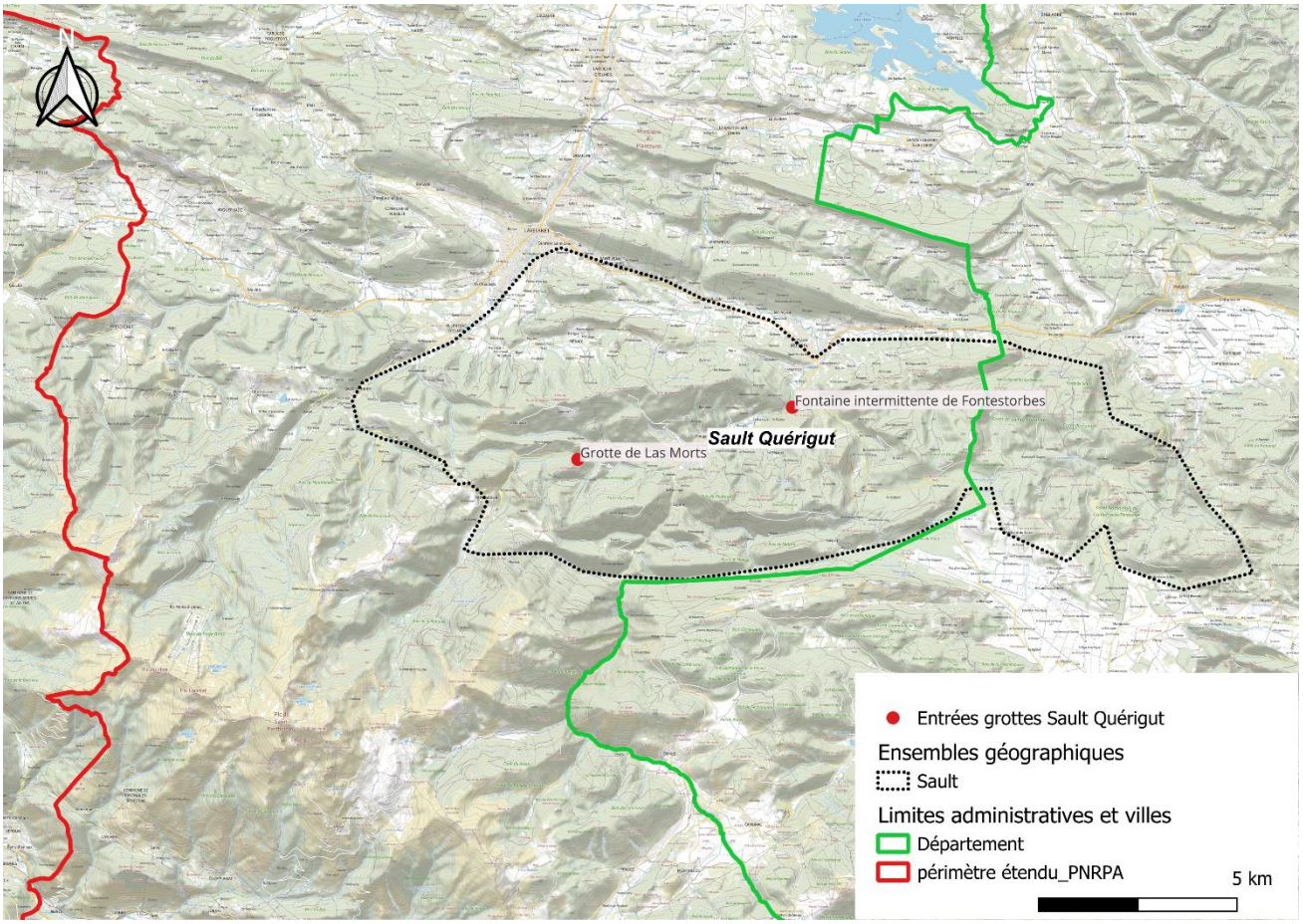


FIGURE 33 SITUATION GEOGRAPHIQUE DU MASSIF DE SAULT ET DE QUERIGUT, A L'EST DU DEPARTEMENT

Occupation du sol liée aux paysages et à la géomorphologie. Le plateau de Sault et la forêt de Bélesta font partie d'un massif calcaire et présentent de nombreux gouffres profonds. Le massif de Sault est drainé par des résurgences, la plus connue étant celle de Fontestorbes à Bélesta.

Géologie. « Le Pays de Sault s'inscrit dans la zone nord-pyrénéenne, caractérisée par l'importance des formations carbonatées du Jurassique et du Crétacé inférieur. Il repose au Nord par l'intermédiaire d'un contact anormal majeur (front nord-pyrénéen) sur les formations crétacé-tertiaires de la zone sous-pyrénéenne. Il est limité à l'Ouest par la Frau et le massif du Saint-Barthélémy, à l'Est par l'Aude et au Sud par la faille nord-pyrénéenne. Le karst du Pays de Sault constitue un karst de moyenne montagne, de type slovène, le plus étendu des Pyrénées françaises. Le karstification a vraisemblablement commencé à la fin de l'Eocène et continue de nos jours. Le drainage karstique est assuré par trois sources : Fontestorbes (MPY0980) à l'Ouest, Le Blau (Aude) au Nord et Font Maure (Aude) à l'Est. Le modelé de surface est marqué par la présence de formes variées : poljés (Espezel), dolines (Esclotes), pertes, lapiaz, vallées sèches (Caillol), tourbières (Pinet), gouffres (Corbeaux), gorges (La Frau), etc. Les gorges de la Frau représentent une importante vallée sèche recoupant la partie occidentale du Pays de Sault entre Comus (Aude) et Fougax-et-Barrineuf (Ariège), limitant le

Pays de Sault du massif de Saint-Barthélémy. Elles recoupent les calcaires et les marnes du Crétacé inférieur. L'écoulement superficiel, alimenté par les ruissellements sur le Paléozoïque, se perd dans les calcaires crétacés. Les eaux alimentent la source de Fontestorbes, à Bélesta, ce qui fait appartenir cette partie du Pays de Sault au bassin versant atlantique. L'évolution, d'abord superficielle, puis karstique, est associée à celle de l'érosion du coeur du synclinal de Fougax-et-Barrineuf qui a finalement favorisé les écoulements souterrains ». (DREAL Occitanie, 2016)

Les sites identifiés comme prioritaires par le projet dans ces secteurs.

IDENTIFICATION DES SITES				STATUTS DE PROTECTION			PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE	VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	**Sites**	**Communes**	**Surface (ha)**	APPB	N2000	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
5	**Grotte de Las Morts**	Bénaix	21		1				**C**		**A + R**
10	**Source intermittente de Fontestorbes**	**Fougax et Barrineuf** + Bélesta	87		1			**MPY0980**			**R + S**

FIGURE 34 TABLEAU DE SYNTHESE DES SITES PRIORITAIRES DU MASSIF DE SAULT ET DE QUERIGUT

PARTIE 3 – LES PATRIMOINES SOUTERRAINS ARIEGEOIS

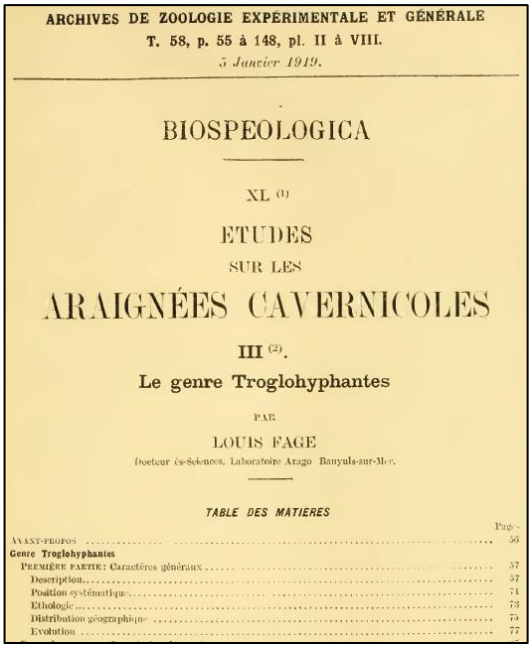
1. LA FAUNE DES MILIEUX SOUTERRAINS

Ci-après une vue d'ensemble de la faune présente dans les 29 sites de la RNNSAA. Le détail des espèces est disponible en annexe 9.b. « fiches espèces ».

1.1. LES ARACHNIDES

Introduction. Les arachnides sont représentés en France par 6 ordres très diversifiés sur les 11 connus dans le monde. On notera les palpigrades, les scorpions, les pseudo-scorpions, les opilions, les acariens et les araignées. Tous ont des représentants qui vivent en milieu endogé[13] ou hypogé[14]. La classe des arachnides reste peu étudiée en France et certains ordres encore moins que d'autres. Dans ce projet de réserve naturelle, nous présenterons plus précisément l'état des connaissances actuelles sur **les opilions et les araignées** et ferons appel, si l'information est disponible, à certaines données bibliographiques pour les ordres orphelins de spécialistes.

Historique de la connaissance. L'étude de la faune cavernicole a commencé dans les années 1870. Viré, Racovitza et Jeannel ont ensuite fondé la discipline de la biospéologie (Racovitza, 1907). Ces deux derniers ont visité de nombreuses grottes et y ont récolté de manière systématique un important matériel, qui a été réparti entre les rares spécialistes de chaque groupe. Tous ces travaux ont été publiés dans la série Biospeologica, comprenant des énumérations de grottes visitées, les premières notions d'écologie et par la suite des révisions de genre. Pour les araignées et opilions, c'est Simon qui a décrit la majorité des espèces cavernicoles entre 1872 et 1913. Entre 1912 et 1931, Fage a accompli un gros travail de révision des deux principaux genres d'espèces troglobies, les genres *Leptoneta* (Leptonetidae) et *Troglohyhantes* (Linyphiidae), sur le matériel des collections Simon et Biospeologica. Il faudra attendre les travaux de Denis entre 1932 et 1957, et plus récemment Dresco entre 1947 et 1990, pour que du matériel plus récent soit examiné, avec à la clé la découverte de nouvelles localités et la description de nouvelles espèces. Des naturalistes comme Caubère, Coiffait, Derouet, Nègre, Bouillon, Hubert, Fourès ont prospecté entre 1930 et 1970 ; bon nombre d'entre eux ont d'ailleurs des espèces qui leur ont été dédiées.


ARCHIVES DE ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE ET GÉNÉRALE
T. 58, p. 55 à 148, pl. II à VIII.
5 Janvier 1919.

BIOSPEOLOGICA

XL (1)

ETUDES
SUR LES
ARAIGNÉES CAVERNICOLES

III (2).

Le genre Troglohyphantes

PAR

LOUIS FAGE

Docteur ès-Sciences, Laboratoire Arago Banyuls-sur-Mer.

TABLE DES MATIERES

Pages.
AVANT-PROPOS 56
Genre Troglohyphantes
PREMIÈRE PARTIE: Caractères généraux 57
Description 57
Position systématique 71
Ethologie 73
Distribution géographique 75
Evolution 77

[13] Endogé : se dit des êtres vivants qui vivent dans, à l'intérieur du le sol.

[14] Hypogé : se dit des êtres vivants qui vivent sous la surface de la terre.

La bibliographie montre donc un premier état des lieux finalisé vers 1975 pour ces espèces cavernicoles (Le Péru, 2007) ; *(ASFRA, inédit)*. L'étude des arachnides en Midi-Pyrénées n'a réellement repris son essor qu'assez récemment à partir de 2006 (Déjean, et al., 2012).

Description du groupe. Actuellement on dénombre environ 1 750 espèces d'araignées en France et 120 d'opilions. Dans la région Midi-Pyrénées, seules 53 espèces d'araignées et 13 opilions sont considérés comme « cavernicoles ». Cette notion reste à préciser car les espèces cavernicoles au sens strict, appelées « troglobies » sont assez rares et ne représentent qu'un faible pourcentage des espèces observables en grotte. La notion de cavernicole ne se s'arrête pas uniquement aux grottes (milieu hypogé), mais comprend également le milieu souterrain superficiel « MSS » (milieu endogé) : ce sont les conditions écologiques particulières qui sélectionnent ces espèces.

Plusieurs paramètres sont clairement définis, comme l'obscurité permanente qui attire les espèces lucifuges[15], une température assez basse mais constante et une forte hygrométrie ; une majorité des espèces sont hygrophiles[16] et c'est un des facteurs les plus marquants. Les grottes sèches sont peu habitées, on y trouvera d'ailleurs bon nombre d'espèces aujourd'hui synanthropiques (commensales), qui avaient peuplé les grottes avant nos habitations.

Pour rappel, on qualifie 3 grands groupes d'occupants des grottes par les catégories suivantes :

- les **trogloxènes** : espèces occasionnelles ou accidentelles (*Pholcus* sp., *Parasteatoda tepidariorum*, *Tegenaria* sp., …) ou encore rupicoles[17] (*Amaurobius similis*, *Liocranum rupicola*, …), soit à ce jour **27** espèces recensées dans la dition[18]. Elles sont essentiellement observées dans les entrées de grotte ;
- les **troglophiles** : c'est la majorité des espèces, très fréquentes en grotte, pouvant y accomplir tout ou partie de leur cycle de vie, mais pouvant aussi vivre dans des milieux extérieurs (sous-bois frais, sous grosses pierres …) ou aussi endogées, soit **39** espèces ;
- les **troglobies** : ce sont les espèces connues uniquement du milieu souterrain à ce jour avec **28** espèces, dont **11** montrent clairement des adaptations à la vie dans l'obscurité totale : dépigmentation, réduction voire disparition totale des yeux, allongement des membres, et hyper-développement des organes sensoriels (épines, soies).

[15] Lucifuge : qui fuit la lumière.

[16] Hygrophile : qui a une préférence pour les lieux humides, qui recherche l'humidité.

[17] Rupicole : qui vit sur les rochers.

[18] Dition : secteur étudié, zone d'étude.

Familles d'araignées	Espèces cavernicole en MP	Espèces cavernicoles en Ariège	Espèces cavernicoles dans le projet de RN	Familles d'opilions	Espèces cavernicole en MP	Espèces cavernicoles en Ariège	Espèces cavernicoles dans le projet de RN
Agelenidae	2	1	1	***Ischyropsalididae***	**3**	2	2
Dictynidae	2	2	0	*Phalangiidae*	1	1	1
Hahniidae	2	1	1	***Phalangodidae***	**3**	2	2
Leptonetidae	**7**	4	4	***Sabaconidae***	**2**	1	0
Linyphiidae	**25**	17	15	***Travuniidae***	**3**	0	0
Mysmenidae	**1**	0	0	***Sironidae***	**1**	0	0
Nesticidae	**2**	1	1				
Telemidae	1	0	0				
Tetragnathidae	3	3	3				
Theridiidae	1	1	1				
Total	**45**	**29 (65%)**	**26 (55%)**	**Total**	**13**	**6 (46%)**	**5 (39%)**

FIGURE 36 PROPORTION DES ESPECES « CAVERNICOLES » COMPRISE DANS LE PROJET DE RESERVE NATURELLE

Enjeux. Les Pyrénées engendrent un isolement géographique fort, étant déconnectés des autres grands massifs montagneux mais également en raison de leur orientation est-ouest, isolant les vallées entre elles. Par conséquent on note un endémisme élevé au sein de la chaîne en elle-même, au niveau d'un karst, voire au niveau d'un massif ou d'une seule grotte. Cette complexité a engendré une faune très diversifiée, rare, localisée et unique au monde. La région a donc une forte responsabilité quant à la connaissance et la conservation de ces populations hypogées.

Les arachnides cavernicoles avaient déjà été prises en compte dans les premières listes d'espèces déterminantes ZNIEFF dans le cadre de la Modernisation des ZNIEFF de Midi-Pyrénées (Juberthie, 2004; Durand, et al., 2004). Il faudra attendre 2014 pour qu'une révision de cette liste soit menée, basée non plus uniquement sur du « dire d'expert », mais aussi sur des données récentes, des nouvelles données et sur de nouveaux sites (Danflous, et al., 2014). Le bilan reste encore largement à améliorer (Déjean, et al., 2016) et la création de la RNNSA pourrait y contribuer grandement.

On dénombre enfin 16 espèces d'intérêt régional, dites déterminantes ZNIEFF pour la région Midi-Pyrénées. Un projet de liste rouge nationale des araignées (uniquement) est d'ores et déjà en cours d'élaboration. Ce projet est mené par l'Association Française d'Arachnologie (AsFrA). Il ne fait absolument aucun doute qu'une majorité d'espèces cavernicoles endémiques des grottes d'Ariège, comprises dans la future réserve naturelle souterraine, présenteront un statut national.

Menaces. Les menaces sur les arachnides et sur les invertébrés en général sont assez difficiles à appréhender. De simples visites de cavités n'ont pas le même impact sur des vertébrés comme les chauves-souris, facilement perturbées, que sur les invertébrés. Ce sont des modifications plus intenses ou une sur-fréquentation du milieu qui pourraient à terme avoir une incidence sur les populations. Ainsi, la réserve devra protéger les arachnides cavernicoles de tout aménagement qui pourrait entraîner des répercussions significatives sur la température, l'éclairage, l'hygrométrie, l'aération, l'inondation, … des paramètres logiquement stables au sein d'une cavité et qui ont permis à toutes ces espèces d'exister. La sur-fréquentation par le public, spécialisé ou non, peut altérer certains de ces paramètres ; un surcroît de piétinement, le ramping[19], l'accroche, ou point d'appui

[19] Ramping : activité de ramper au sol.

pariétal, sont autant de facteurs potentiels de destruction des toiles de toutes ces espèces. De tels constats ont pu être faits dans certaines grottes comme celle de Siech (Saurat) ou du Mas d'Azil en Ariège. Ailleurs, dans le Lot par exemple, une araignée endémique du Massif central, *Troglohyphantes solitarius* décrite dans la grotte de Presque (Fage, 1919), n'a pas été retrouvée lors de prospections spécifiques menées en 2010 (Déjean, com. pers.) ; la grotte étant désormais aménagée, éclairée et ouverte au public depuis 1922. Cette non observation ne signifie pas la perte de l'espèce, mais surement un recul de la population dans d'autres secteurs moins anthropisés ou dans le karst plus profond. Cependant, les araignées cavernicoles sont des prédatrices qui ont besoin d'espaces pour tisser leur toile et sont dépendantes de proies en déplacement. Le confinement dans des fissures ne leur est pas forcément profitable.

Objectifs de conservation et de connaissance. La conservation des arachnides est entièrement liée à leur mode de vie et de ce fait les objectifs sont simples : aucune modification édaphique ou écologique (citées plus haut) ne doit avoir lieu dans la cavité concernée. Les objectifs de connaissance sont peut-être les plus importants pour ces groupes sous étudiés. La diversité des sites choisis pourra permettre de mieux comprendre : la répartition des espèces au niveau départemental, leur endémisme ou micro-endémisme local, leur distribution au sein la grotte, leur densité de population, leurs exigences et les conditions favorables à leur maintien. Afin d'amorcer cette étude sur les facteurs biogéographiques et autécologiques, une analyse a été menée au niveau paléarctique. La diversité spécifique et la description de nombreux paramètres stationnels de 5 grottes d'Ariège, comprises dans le projet de réserve naturelle ont été intégrés à cette étude (Mammola, et al., 2019).

La reprise récente des recherches sur ce groupe cavernicole a déjà révélé environ 6 taxons nouveaux pour la science sur la chaine des Pyrénées, dont au moins 1 espèce est présente dans certaines des grottes pressenties pour intégrer la réserve naturelle. Ces travaux ont aussi permis d'ajouter des espèces à la faune de France (Bosmans, et al., 2015) (Déjean, et al., 2019). Enfin, des révisions sont en cours sur les genres *Troglohyphantes* et *Leptoneta* en collaboration avec l'université de Barcelone.

Matériel et méthode. La recherche des arachnides (araignées et opilions en particulier) se fait presque toujours en chasse à vue dans cet environnement karstique, les autres techniques d'échantillonnage classiques ne pouvant y être exercées (battage, fauchage, piège Barber, …). Cependant, des pièges adaptés à la capture de la faune endogée (MSS), plus spécifiquement pour les coléoptères, se sont avérés être assez efficaces pour ce groupe. Les espèces recherchées sont souvent de très petite taille (1 à 3 mm), des recherches attentives et systématiques sont nécessaires, en pied de paroi, crevasses, fissures, dépressions, sous pierre ou encore au plafond. Les entrées de grottes ne n'abritent en général qu'une faune troglophile souvent de grande taille mais généralement commune et largement répartie.

Espèces inventoriées. Les espèces suivantes ont été répertoriées dans une ou plusieurs grottes ariégeoises visées par le projet de RNN : *Leptoneta convexa* (Simon, 1872) ; *Leptoneta infuscata* (Simon, 1872) ; *Meta menardi* (Latreille, 1804) ; *Metellina merianae* (Scopoli, 1763) ; Palliduphantes cernuus (Simon, 1884) ; *Tenuiphantes zimmermanni* (Bertkau, 1890) ; *Troglohyphantes marqueti* (Simon, 1884) *; Leptoneta sp.1* ; *Leptoneta microphthalma* (Simon, 1872) ; *Birgerius microps* (Simon, 1911) *; Centromerus ictericus* (Simon, 1929) ; *Chorizomma subterraneum* (Simon, 1872) ; *Eratigena inermis* (Simon, 1870) ; *Meta bourneti* (Simon, 1922) ; *Nesticus cellulanus* (Clerck, 1758) ; *Troglohyphantes orpheus* (Simon, 1884) ; *Troglohyphantes* sp. nov. ; *Porrhomma convexum* (Westring, 1851) ; *Porrhomma egeria* (Simon, 1884) ; *Saaristoa abnormis* (Blackwall, 1841) ; *Robertus mazaurici* (Simon, 1901) ; *Robertus truncorum* (L. Koch, 1872) ; *Nemastomella* bacillifera (Simon, 1879) ; *Ischyropsalis luteipes* (Simon, 1872) ; *Ischyropsalis pyrenaea* (Simon, 1872) ; *Scotolemon lespesii* (Lucas, 1860) ; *Scotolemon lucasi* (Simon, 1872).

Leurs descriptions peuvent être retrouvées en annexe 9.b « fiches espèces ».

Bien d'autres espèces ont été notées dans les grottes, au niveau des entrées ou plus profondément. Certaines sont clairement accidentelles (trogloxènes) et ne montrent aucun attrait pour ce milieu, d'autres, par leur écologie, peuvent y trouver refuge comme certaines espèces déjà décrites dans les fiches espèces, mais beaucoup plus rarement.

Deux groupes supplémentaires peuvent cependant encore être évoqués :

Araignées des entrées de grottes :

- *Amaurobius similis* (Blackwall, 1861) : C'est une espèce qui tisse une toile sur les parois en entrée de cavité. Elle recherche uniquement le support vertical et les fissures où elle peut se réfugier. Elle est largement répartie en Europe et colonise même les murs en zone anthropique :
- *Pholcus phalangioides (Fuesslin, 1775) :* C'est l'espèce la plus commune aujourd'hui dans les maisons. Avant sa colonisation de l'habitat humain, les grottes étaient sûrement l'habitat principal de cette espèce, qui recherche des porches assez secs et abrités des intempéries.

Araignées issues des MSS

Les MSS font la transition entre le milieu souterrain et le milieu épigé[20] (voir partie 1, chapitre 2.2 : « focus sur le milieu souterrain superficiel (MSS) »). La pose des pièges dans ces conditions permet de capturer tout un cortège d'espèces qui évolue en surface, dans la litière, sous les pierres, en conditions semi-endogée, à la recherche de l'humidité contenue dans le sol. Les espèces suivantes y sont communes.

- *Palliduphantes alutacius* (Simon, 1884) : espèce forestière, largement répartie et commune dans les grottes en zone plus thermophile (causses) ;
- *Harpactocrates ravastellus* (Simon, 1914) & *Cybaeus raymondi* (Simon, 1916) : espèces endémiques pyrénéennes, qui vivent en forêt de montagne sous les pierres ;
- *Tenuiphantes spiniger* (Simon, 1929) : espèce endémique pyrénéenne, qui vit dans la litière des forêts de montagne ou dans les grandes zones humides ;
- *Diplocephalus protuberans* (O. Pickard-Cambridge, 1875) : espèce à large répartition en Europe, qui recherche des conditions de forte hygrophilie, telle que les rivières souterraines et autres grottes très humides où elle n'est pas rare, on la trouve aussi dans les zones humides de montagne.

[20] Epigé : se dit des organismes vivant à la surface du sol.

1.2. LES CHILOPODES

Introduction. Les chilopodes forment un groupe d'invertébrés comprenant des taxons cavernicoles, à la répartition souvent extrêmement restreinte (une seule grotte ou un ensemble de grottes peu éloignées au sein d'un massif). Ils font donc partie des espèces susceptibles de présenter un fort enjeu de conservation dans ce type d'habitat et, à ce titre, constituent un groupe de nature à justifier la protection de ces milieux particuliers. Toute cette partie est extraite du rapport rédigé dans le cadre de la rédaction de l'avant-projet de RNNSA (Racine, 2020).

Historique de la connaissance. Iorio (Iorio, 2014) donne une liste des auteurs concernant les publications relatives à chaque département français : ce sont 27 références (18 auteurs) qui citent au moins une espèce de chilopode dans le département de l'Ariège.

Les premières mentions de chilopodes en Ariège remontent à la fin du XIX^{e} siècle (Fanzago, 1877). Elles concernent deux lithobiidés cavernicoles, *Lithobius cavernicolus* et *L. speluncarum*, ce dernier décrit sur la base de matériel-type provenant de la grotte d'Aubert à Moulis ; ainsi qu'un géophile euryèce et répandu dans toute l'Europe, *Geophilus flavus*.

Depuis, le nombre d'espèces citées dans le département n'a cessé de s'accroître assez régulièrement jusqu'à nos jours (cf. figure 37).

Fin du XIX^{e} et début du XX^{e} siècle, deux éminents myriapodologistes français, Chalande puis Ribaut, qui se sont intéressés de près aux faunes pyrénéennes et du sud-ouest, apportent leur contribution. Le troglophile *Lithobius troglodytes* est découvert dans les grottes du Mas d'Azil ; puis ce sont des espèces épigées qui sont observées, voire nouvellement décrites sur la base de spécimens ariégeois (*Geophilus gavoyi*) ou pyrénéens (*G. chalandei*, *G. pyrenaicus*).

Une nouvelle période s'amorce avec l'intérêt croissant pour la biospéléologie et la publication majeure de Jeannel (Jeannel, 1926). Les prospections souterraines, qui s'intensifient partout, livrent leur lot de nouveautés départementales (Wolf, 1938 ; Cauchois, et al., 1954 ; Demange, 1955 ; Matic, 1957 ; Matic, 1958 ; Demange, et al., 1978). Si certains de ces auteurs se contentent de reprendre les citations de leurs prédécesseurs, d'autres ajoutent de nouvelles localités. Le myriapodologiste roumain Matic (Matic, 1958) décrit même une nouvelle espèce troglobionte et endémique d'Ariège, dédiée à l'un des « pères fondateurs » de la biospéléologie : *Lithobius racovitzai*. La fin de cette période peut être matérialisée par la publication synthétique de Demange (Demange, 1981), bien que cet ouvrage omette malheureusement l'essentiel des chilopodes décrits entre 1930 et 1980, dont l'essentiel des cavernicoles, et utilise une taxonomie obsolète. Entre temps, Brolemann (Brolemann, 1930) avait publié son œuvre majeure sur la faune française, référence encore incontournable aujourd'hui pour l'identification des chilopodes métropolitains.

La fin du siècle dernier est marquée par un « creux » dans l'étude des chilopodes d'Ariège et plus globalement de France. Ce n'est qu'au début des années 2000 que cette dernière reprend sérieusement avec les nombreuses contributions de Geoffroy et Iorio. Concernant l'Ariège, il faudra attendre la fin de la dernière décennie pour voir progresser substantiellement la faunistique départementale, grâce aux nombreuses collectes effectuées par les naturalistes de la région, dont celles provenant des grottes pyrénéennes. Les déterminations de ce matériel conséquent, réalisées par Iorio permettent la révision voire la redescription de plusieurs espèces, et alimentent l'élaboration d'une clé d'identification des lithobies de France puis d'un catalogue national (Iorio, 2010). Au total, ce sont plus d'une dizaine d'espèces qui sont ajoutées à la liste des chilopodes de l'Ariège depuis 1980. La dernière découverte publiée y fait état de la présence d'une espèce méditerranéenne de basse altitude, *Lithobius pyrenaicus* (Cochard, 2019).

Ce sont donc **37 espèces** de chilopodes qui sont recensées en Ariège d'après la littérature.

Plus récemment, 3 nouvelles espèces inédites pour le Parc naturel régional des Pyrénées Ariégeoises ont été prélevées et identifiées. Elles ont été incluses dans la liste présentée plus loin et feront l'objet d'une publication spécifique, en même temps que d'autres données inédites (déterminations en cours, notamment issues de collectes par les naturalistes du CEN Occitanie). Il s'agit de *Galliophilus beatensis*, *Lithobius mononyx* et *Schendyla carniolensis*. Le premier est d'ailleurs une redécouverte pour la France, puisqu'il n'avait jamais été réobservé depuis sa description originale par Ribaut et Brolemann (Brolemann, 1927) d'après un unique spécimen de Haute-Garonne. Il n'est par ailleurs connu que de deux localités espagnoles (Garcia Ruiz, et al., 2000 ; Bonato, et al., 2016). C'est donc un probable sub-endémique franco-hispanique.

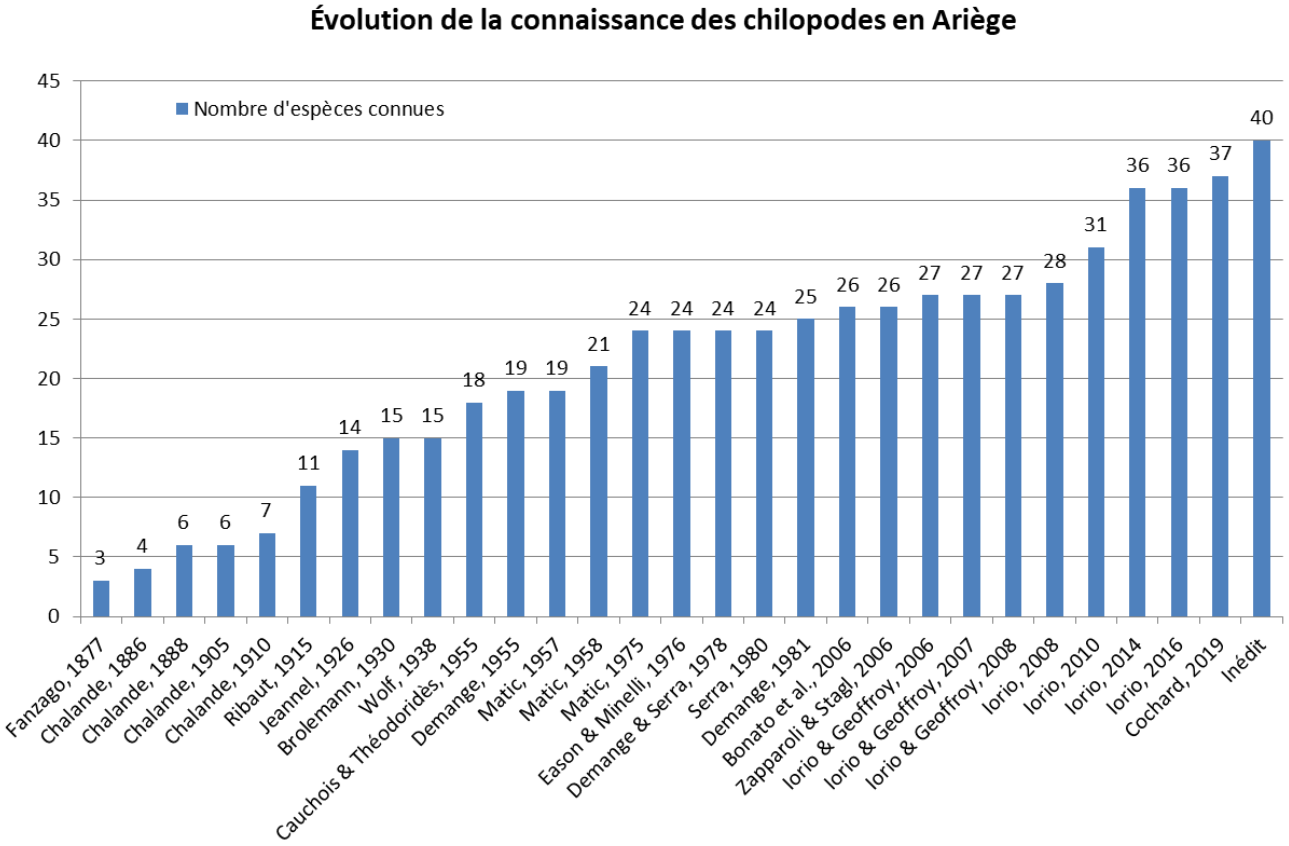


FIGURE 37 ÉVOLUTION DU NOMBRE D'ESPECES DE CHILOPODES CITEES EN ARIEGE DE 1877 A AUJOURD'HUI, COMPILE ESSENTIELLEMENT D'APRES IORIO (2014) POUR LES REFERENCES ANTERIEURES A 2016

Est figurée sur la figure 38, ci-dessous, l'apparition dans le temps des premières citations pour les espèces d'Ariège. Il est intéressant de remarquer que la plupart des espèces cavernicoles étaient déjà mentionnées (hormis *Lithobius alavicus*) peu après le milieu du siècle passé, alors que des taxons très répandus et communs en France ne sont formellement avérés que tout récemment (*Geophilus carpophagus, Lithobius calcaratus, Lithobius forficatus, Lithobius muticus* …).

Auteur(s)	*Taxon(s) nouveau(x)*
FANZAGO, 1877	*Geophilus flavus, Lithobius cavernicolus, Lithobius speluncarum*
CHALANDE, 1886	*Lithobius troglodytes*
CHALANDE, 1888	*Lithobius piceus piceus, Lithobius pilicornis pilicornis*
CHALANDE, 1910	*Geophilus gavoyi*
RIBAUT, 1915	*Cryptops hortensis, Geophilus pyrenaicus, Stigmatogaster subterranea, Strigamia crassipes*
JEANNEL, 1926	*Lithobius macilentus, Lithobius microps, Lithobius tricuspis*
BROLEMANN, 1930	*Geophilus electricus*
CAUCHOIS & THEODORIDES, 1955	*Geophilus ribauti, Lithobius agilis, Lithobius allotyphlus*
DEMANGE, 1955	*Lithobius crypticola crypticola*
MATIC, 1958	*Lithobius castaneus, Lithobius racovitzai*
MATIC, 1975	*Henia vesuviana, Lithobius melanops, Stigmatogaster gracilis*
DEMANGE, 1981	*Geophilus chalandei*
BONATO *et al.*, 2006	*Eurygeophilus pinguis*
IORIO & GEOFFROY, 2006	*Scutigera coleoptrata*
IORIO, 2008	*Lithobius alavicus*
IORIO, 2010	*Lithobius borealis, Lithobius calcaratus, Lithobius forficatus*
IORIO, 2014	*Cryptops trisulcatus, Geophilus alpinus, Geophilus carpophagus, Lithobius muticus, Lithobius ribauti*
COCHARD, 2019	*Lithobius pyrenaicus*
Inédit	*Galliophilus beatensis, Schendyla carniolensis, Lithobius mononyx*

FIGURE 38 CHRONOLOGIE DES PREMIERES CITATIONS POUR LES ESPECES D'ARIEGE

Description du groupe. Les Chilopodes forment une classe d'arthropodes prédateurs qui, aux côtés d'autres groupes abondants de la macrofaune (araignées, carabiques, staphylins …), sont bien représentés dans les divers compartiments du sol et la litière. Quatre ordres sont représentés dans la faune de France métropolitaine :

- les ***Scutigeromorpha***, petit ordre essentiellement tropical, qui envoie dans nos contrées un seul représentant, la scutigère véloce, devenue cosmopolite, familière des habitations dans le nord du pays, et qui occupe aussi les milieux naturels méditerranéens ;
- les ***Lithobiomorpha***, très diversifiés dans les régions tempérées, avec plus de la moitié des espèces connues en France ;
- les ***Scolopendromorpha***, très diversifiés sous les tropiques mais plus pauvrement représentés en Europe et en France, qui comptent les plus grands chilopodes connus ;
- les ***Geophilomorpha***, d'ampleur numérique comparable aux lithobiomorphes dans notre pays, les plus nombreux et les plus diversifiés et méconnus, en revanche, au niveau planétaire.

Ces animaux méconnus ont colonisé la plupart des milieux naturels terrestres. Ils ne sont absents que dans les pôles ; leur richesse spécifique suit un gradient de ces derniers vers les tropiques avec d'intéressantes nuances. En effet, l'ordre des *Lithobiomorpha* est riche dans les régions tempérées et méditerranéennes, mais nettement moins dans les régions tropicales, avec de nombreux endémiques dans les premières. Les *Scolopendromorpha* et les *Scutigeromorpha* sont plus diversifiés dans les régions tropicales. Quant aux *Geophilomorpha*, ils sont encore sous-étudiés dans ces dernières, mais apparaissent très diversifiés dans différents domaines biogéographiques ; avec aussi un endémisme important. La faune mondiale compte plus de 3200 espèces (Bonato, et al., 2016) et ce chiffre, déjà fort dépassé, s'accroît en permanence, de nouveaux taxons étant encore régulièrement décrits même au sein de territoires bien explorés comme l'ouest du Paléarctique[21].

Étant la plupart hygrophiles et lucifuges, ils se rencontrent en abondance dans les forêts, milieux généralement tamponnés vis-à-vis des variations climatiques et qui leur prodiguent une abondance de repères naturels (le sol et ses annexes : litière, bois morts, pierres …). Certaines espèces se sont néanmoins adaptées à des environnements plus extrêmes (steppes, garrigues, toundra, déserts chauds …) mais, en Europe tempérée, ce sont les espaces boisés qui, de loin, accueillent les effectifs et la diversité les plus importants.

Enjeux. Les chilopodes comportent une proportion non négligeable d'espèces ayant développé des adaptations à la vie en milieu souterrain, en particulier : une légère dépigmentation, une réduction voire disparition complète des ocelles, compensée par un surdéveloppement de l'organe de Tömösvary, allongement des appendices, *i.e.* des antennes (par l'augmentation du nombre d'articles, notamment chez les lithobiomorphes, ou par leur taille supérieure - géophilomorphes) et des pattes ambulatoires. Ces taxons sont tantôt bien délimités, tantôt de valeur taxonomique incertaine, certaines populations d'espèces épigées semblant en voie de différenciation tout en gardant encore un lien avec le milieu épi-édaphique (Iorio, 2016).

Il existe des espèces micro-endémiques connues d'une seule grotte ou d'un unique complexe de cavités souterraines peu distantes. La valeur patrimoniale élevée de ces éléments originaux et rarissimes de la faune européenne, justifie amplement les préoccupations conservatoires qui sont formulées à leur égard. En effet, leurs populations, par essence réduites numériquement et spatialement, demeurent très fragiles du fait des conditions extrêmement tamponnées de leur habitat, qui rendent ce dernier fortement susceptible d'être impacté par des perturbations anthropiques, même de faible ampleur *a priori*.

Menaces. Ainsi, la fréquentation des cavités naturelles pour la spéléologie de loisir ou d'autres activités récréatives, ainsi que d'autres usages à visée touristique notamment, peuvent porter atteinte à l'intégrité de l'habitat de ces espèces, et menacer leurs effectifs :

- destruction et altération complète de l'habitat, typiquement l'ouverture de carrières ; cet aspect n'étant pas à négliger car une espèce endémique du sud du Var, *Lithobius fagniezi* (Ribaut, 1926), est connue comme ayant perdu une de ses huit stations pour ce motif ; une deuxième étant en sursis pour un autre projet de ce type (É. Iorio, comm. pers.) :
- aménagements de découverte pour le grand public ;

[21] Vaste écozone, soit un ensemble d'écosystèmes caractéristiques d'une aire biogéographique et défini à partir de la végétation et des espèces animales qui y prédominent et y sont adaptées, elle regroupe l'Europe, l'Asie du Nord, l'Afrique du nord, et une petite partie du Moyen Orient. Le climat y varie de froid à tempéré, et quelques zones méditerranéennes sont plus chaudes.

- comblement des entrées extérieures pour la protection vis-à-vis des populations : si l'accès est interdit à la faune sauvage et notamment aux chauves-souris, c'est tout ou partie des apports extérieurs (guano) et de la chaîne trophique associée qui sont impactés ;
- pollutions et dégradations diverses ;
- dérangement des micro-habitats et piétinement trop importants (e.g. par une fréquentation spéléologique trop élevée ou un aménagement pour l'accès du grand-public), voire destruction directe des individus qui évoluent sur les parois et le sol des cavités. Les deux premiers facteurs sont connus comme étant très antagonistes à d'autres espèces sténotopes, comme par exemple les halophiles des plages méditerranéennes (Iorio, et al., 2020) ;
- perturbation des individus, potentiellement sensibles à la lumière et aux vibrations dans un domaine souterrain où, par essence, la première est inexistante et les secondes très marginales et/ou très faibles (chauve-souris, arthropodes …).

Matériel et méthode. L'identification au niveau spécifique voire infra-spécifique, de tous les chilopodes présents dans le Massif pyrénéen, est aujourd'hui grandement facilitée par les travaux de synthèse récents et illustrés de Iorio (Iorio, 2010) et Iorio & Voigtländer (Iorio, et al., 2019), en ce qui concerne les *Lithobiomorpha*, et par celui de Iorio & Geoffroy (Iorio, et al., 2008) en ce qui concerne les *Scolopendromorpha*. Pour les *Geophilomorpha*, il reste nécessaire de se référer à la faune de France (Brolemann, 1930), qui est souvent dépassée sur le plan nomenclatural et taxonomique et doit donc être complétée avec des publications éparses.

Espèces inventoriées. Les espèces suivantes ont été répertoriées dans une ou plusieurs grottes ariégeoises visées par le projet de RNN.

Cryptops hortensis (Donovan, 1810) ; *Eurygeophilus pinguis* (Brölemann, 1898) ; *Geophilus alpinus* (Meinert, 1870) ; *Geophilus chalandei* (Brölemann, 1909) ; *Geophilus flavus* (De Geer, 1778) ; *Geophilus pyrenaicus* (Chalande, 1909); *Geophilus ribauti* (Brölemann, 1908) ; *Henia vesuviana* (Newport, 1845) ; *Lithobius cavernicolus* (Fanzago, 1877) ; *Lithobius macilentus* (L. Koch, 1862) ; *Lithobius microps* (Meinert, 1868) ; *Lithobius piceus piceus* (L. Koch, 1862) ; *Lithobius pilicornis pilicornis* (Newport, 1844) ; *Lithobius speluncarum* (Fanzago, 1877) ; *Lithobius tricuspis* (Meinert, 1872) ; *Lithobius troglodytes* (Latzel, 1886) ; *Strigamia crassipes* (C.L. Koch, 1835).

Leurs descriptions peuvent être retrouvées en annexe 9.b « fiches espèces ». Les cartes présentes en annexe ont été réalisées à l'aide du logiciel QGIS 3.14.16 « Pi », grâce aux données rassemblées par le groupe Myriafrance et compilées dans la base de données naturalistes « CETTIA » de l'Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France.

1.3. LES CHIROPTERES

Introduction. Les chiroptères sont représentés en France par 35 espèces pour quatre familles différentes. En Ariège 27 espèces fréquentent le département et 23 ont été contactées dans les cavités. Pour autant six espèces font l'objet de la plupart des enjeux cavernicoles présent dans ce projet de réserve : le Minioptère de Schreiber, le Grand et le Petit murin, deux espèces cryptiques, et les trois Rhinolophidés. Ces espèces qui gitent dans les cavités inclus dans la future réserve naturelle, font l'objet de suivis scientifiques réguliers en fonction des saisons et de l'occupation par les chiroptères, depuis plusieurs décennies.

Le travail qui suit présente une synthèse des connaissances actuelles sur les chiroptères cavernicoles du département de l'Ariège.

Historique de la connaissance. La connaissance du milieu souterrain a longtemps suscité la curiosité des biologistes en Ariège, notamment sur le groupe des chiroptères. Casteret incarne parfaitement l'élan naturaliste né au cours du XIX^{e} qui poussa de nombreux auteurs à décrire les milieux naturels au sein de l'Ariège. De premières cavités vont faire l'objet de recherches, notamment sur les chauves-souris qui seront baguées par centaines à l'Herm, Massat ou Tourtouse par exemple.

Les travaux de Casteret vont permettre de mieux comprendre le caractère migrateur des chauves-souris des Pyrénées à la Méditerranée avec des individus déplacés à plus de 300km qui retrouveront leur gîte d'origine.

Ces travaux, bien qu'ayant permis de fortes avancées sur les connaissances liées à l'écologie des chiroptères, ont aussi montré leur extrême fragilité. En 1988, Brosset et al. font déjà état d'une diminution de 90 à 100% des effectifs où le baguage fut pratiqué et alertaient sur les risques liés aux perturbations d'origine anthropique, notamment par le développement du tourisme et des sports de nature en particulier. Le Murin de Capaccini a disparu du département à la moitié du XX^{e} siècle, ce à quoi le baguage a malheureusement dû largement contribuer.

Succédant à Casteret, les travaux de Caubère, Aellen, Strinati et Beaucornu s'intéressants aux chiroptères et à leurs parasites contribueront à la connaissance de ce groupe mais aussi, malheureusement au suivi du déclin de certaines espèces.

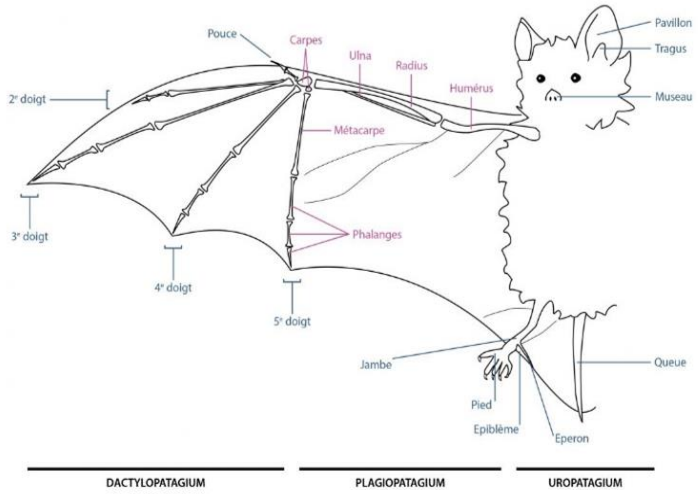
Les premiers suivis par comptages visuels sont initiés en 1986 par Bertrand, alors chercheur au laboratoire souterrain de Moulis et président de l'Association des Naturalistes de l'Ariège (à partir de 1988) : ils contribueront à la connaissance du monde souterrain en répertoriant les colonies de chauves-souris cavernicoles, dénombrant les espèces et décrivant leur phénologie. De nombreuses publications suivront : atlas, étude du régime alimentaire, migration, description des gîtes ou encore des documents de vulgarisation destinés au grand public. Ces travaux aboutiront à la protection des sites majeurs en leur faisant intégrer le Réseau Natura 2000 mais aussi par la prise d'Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope – APPB – interdisant l'accès aux sites pendant les principales périodes d'occupation connues à cette époque.

Les suivis, alors sporadiques, ne seront généralisés à l'ensemble des colonies cavernicoles qu'à partir de 2011/2013 au travers de l'animation du réseau de sites Natura 2000. Ces suivis sont déployés sur le département en faveur des espèces cavernicoles, considérées prioritaires en Europe au titre de l'Annexe II de la Directive « Habitats-Faune-Flore ». Ils sont mis en œuvre par les personnels salariés de l'ANA-Conservatoire d'Espaces Naturels d'Ariège et du Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie et grâce aussi au réseau de bénévoles du Groupe Chiroptère Midi-Pyrénées qui ont contribué largement à l'acquisition de la connaissance sur ce groupe. Ces suivis ont permis la découverte de nouveaux sites, de nouvelles périodes d'occupation, de nouvelles espèces

(pour les sites) mais sont aussi conçus pour l'évaluation de l'état de conservation des espèces. Une majeure partie de cette connaissance est présentée dans ce document au sein des fiches sites et des fiches espèces.

Description du groupe. Les chiroptères appartiennent à la classe des mammifères dont, après celui des rongeurs, ils représentent le groupe le plus important avec environ 1 200 espèces dans le monde. En France 35 espèces sont présentes, toutes appartenant au sous-ordre des microchiroptères.

Très hautement spécialisées, elles possèdent quelques attributs uniques dans le monde animal permettant par ailleurs de les distinguer dans la classification. En effet, ce sont les seuls mammifères terrestres au monde pratiquant un vol actif d'une part, et d'autre part qui utilisent l'écholocation comme moyen de déplacement, de chasse, ou encore de communication. Ce vol actif est réalisé grâce à la main hypertrophiée reliée entre tous ses doigts par une membrane alaire hypervascularisée, appelée patagium.



Dans le but d'éviter un maximum de compétition interspécifique, chaque espèce s'est spécialisée selon un ou plusieurs axes : dans un milieu spécifique, dans des techniques de chasses particulières, des typologies de gîtes complètements différentes… Il en résulte des pressions de sélection qui ont amené l'ensemble de ces espèces à avoir une signature acoustique unique, dans une gamme de fréquence ultrasonore comprise entre 10 kHz et 110 kHz pour les espèces européennes, qui permet de les identifier spécifiquement.

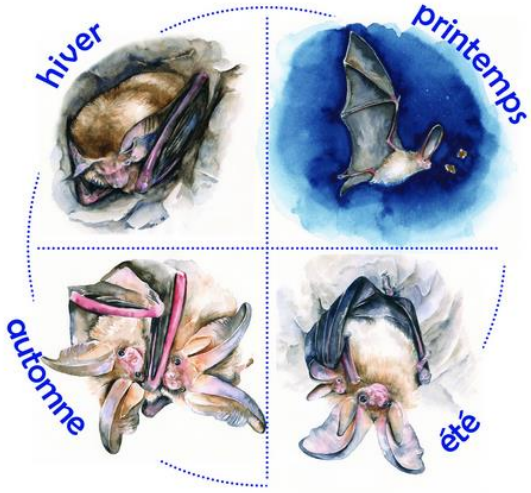


FIGURE CYCLE DES SAISONS ©LYSANDRE BLONDEAU

La plupart des espèces présentes en France ont développé comme stratégie d'évitement de la période hivernale et l'absence de proies, l'hibernation. Quelques espèces sont connues pour effectuer des migrations de quelques centaines à quelques milliers de kilomètres, mais ce n'est pas la majorité des espèces. Elles sont donc capables de modifier leurs conditions physiologiques pour permettre de passer l'hiver à très basse température corporelle, notamment grâce aux réserves effectuées pendant l'automne. Durant cette période au métabolisme ralenti, elles vont sélectionner des gîtes aux températures et à l'humidité constantes tels que les caves, les cavités souterraines, les arbres, les ponts, viaducs, tunnels (ouvrages d'arts), etc.

A l'arrivée du printemps, les chauves-souris amaigries sortent de leur léthargie, reconstituent leurs réserves et rejoignent des gîtes de transition. C'est aussi à cette période que les femelles déclencheront l'ovulation suivie de la fécondation et du développement de l'embryon (pour la majorité des espèces).

En été, les femelles s'installent dans des gîtes, en colonie de quelques individus à plusieurs milliers, pour mettre-bas leur petit et l'élever, que ce soit dans des greniers, des clochers d'église, des grandes constructions, des arbres ou des cavités souterraines. Ces rassemblements peuvent se faire entre une même espèce et entre plusieurs espèces. Sans modification du lieu, les femelles restent fidèles à ce gîte et y reviennent chaque année. A la fin de l'été, les individus vont constituer des réserves de graisse pour préparer la phase d'hibernation. Ils vont également se rassembler par milliers au niveau de sites intermédiaires pour s'accoupler (dits de « swarming » = essaimage). Cette période de rut est caractérisée par des comportements de parades spécifiques à chaque espèce. Juste après la copulation, une ovulation différée se met en place chez la femelle pour la majorité des espèces : le sperme est stocké et conservé intact dans l'oviducte et l'utérus pendant tout l'hiver.

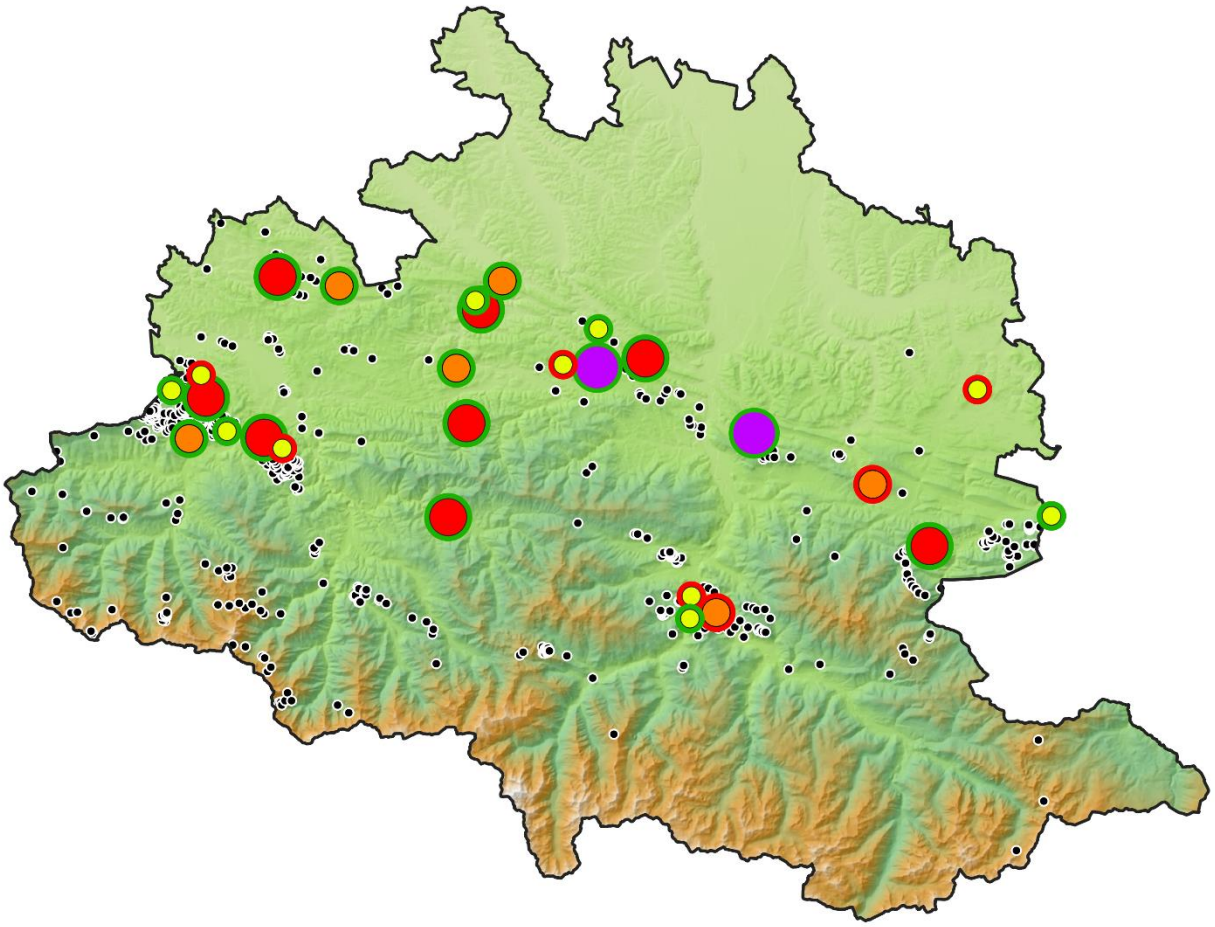
A chaque période, les besoins sont différents et bien spécifiques. En résulte une diversité de gîtes importante pour l'ensemble des espèces, mais aussi pour une même espèce qui pourra ne pas exploiter le même type de gîte toute l'année. Dans tous les cas, ces gîtes doivent recueillir plusieurs caractéristiques spécifiques en fonction de la période :

- un milieu aux conditions climatiques stables en hiver ;
- un gîte d'été adapté à la mise bas et à l'élevage des jeunes ;
- des terrains de chasse ;
- des sites intermédiaires au printemps et à l'automne où se font des échanges entre individus et entre sexes ;
- des axes de transit (ou corridors de déplacement) entre ces différents habitats.

Les cavités présentes dans le projet accueillent des chauves-souris toute ou pour une partie de l'année selon les sites. Certains semblent avoir des conditions idéales pour l'hibernation, tandis que d'autres seront plutôt destinés à la mise-bas. Certaines cavités ont un développement assez important, pouvant offrir une palette de conditions peuvent être utilisées toute l'année ; les enjeux de conservation n'en sont que plus forts.

Les chauves-souris sont dites longévives, car leur durée de vie est remarquablement grande pour des êtres aussi petits (4 à 70 g en France), souvent de l'ordre de 10 à 20 ans, avec des individus pouvant largement dépasser cette espérance de vie. Cela s'accompagne d'une stratégie de reproduction de type K (coût de la reproduction fort, induit par la stabilité de l'environnement et la compétition pour l'accès aux ressources) avec des femelles matures sexuellement après 2 ou 3 ans de vie, et la mise bas d'un seul jeune par an.

Cette stratégie intéressante peut aussi se révéler dangereuse pour l'espèce lors d'aléas déstabilisant leur environnement, tels qu'une crise épidémiologique. En effet, il est admis que, malgré leur système immunitaire hors du commun, les chiroptères peuvent parfois subir de lourds dommages suite à des épizooties. Ce fut le cas en 2002 chez le Minioptère de Schreibers, dont les effectifs chutèrent de 80% en un an et dont les populations mirent très longtemps à retrouver un niveau d'avant épizootie. D'autant plus lorsque à cette menace viennent s'ajouter toutes celles décrites ci-dessous.



Enjeux. La formation des Pyrénées a engendré, comme cela a été décrit en première partie, une extraordinaire diversité de milieux. Parmi ceux-ci, les calcaires plus anciens, charriés, transformés par l'orogénèse, ont entrainé la formation de karsts et donc de nombreuses cavités. Ce territoire collinéen et montagnard a favorisé le maintien d'une agriculture de petite taille, la conservation du bocage et, en conséquence, la persistance d'une mosaïque d'habitats où une grande diversité d'espèces de chiroptères y trouve « gite et couvert ». Les populations de chauves-souris cavernicoles qui fréquentent le département représentent encore, comparativement à d'autres localités plus durement touchées par les modifications paysagères de l'après-guerre, de véritables bastions pour les espèces en question, et cela malgré la diminution généralisée des populations de chiroptères durant les 60 dernières années, qui n'épargne pas celles d'Ariège.

Parmi les 17 espèces sur 27 présentes en Ariège, inventoriées dans les sites du projet de RNN, cinq sont celles dont le cycle biologique est intrinsèquement lié à ces cavités. Leur maintien dépend uniquement du bon état de conservation de leur gîte, et bien évidemment de leur terrain de chasse.

Le Minioptère de Schreibers, le Petit et le Grand murin et les trois Rhinolophes, sont les espèces qui justifient au premier chef l'intégration d'un grand nombre de cavités dans ce projet.

La hiérarchisation des sites à chiroptères d'Occitanie (Boléat, et al., 2019) démontre l'enjeu que représente l'Ariège et plus spécifiquement les cavités intégrées à la liste du projet avec :

- **2 gîtes d'intérêt international :** la mine du Pouech d'Unjat et la grotte du Roc Saint Martin ;
- **7 gites d'intérêt national :** Grotte du Mas d'Azil, de Tourtouse, d'Aliou, d'Espiouge, perte du Portel, grotte du Ker de Massat, de Las Morts, et de Sendé ;

- **6 gîtes d'intérêt régional :** grotte de Sabarat, de Malarnaud, de la Petite Caougno, de Sainte Catherine, du Bourg, et la résurgence de Labouïche.

Les informations obtenues sur les populations de certaines espèces de chauve-souris lors de nombreux suivis en Ariège et au niveau national permettent d'estimer la part des effectifs nationaux connus qui vont intégrer le réseau de cavités du projet de RNN :

- pour le Rhinolophe euryale, c'est environ 15.5 % des effectifs nationaux en mise bas et 18% en hibernation qui vont intégrer RNN ;
- pour le Minioptère de Schreibers, avec environ en 2020, 14 320 individus en mise bas et 17 250 en hibernation, près de 20% des effectifs nationaux qui seraient inclus dans le projet ;
- pour les autres espèces, les données nationales et/ou le fait que nous ne soyons pas en mesure d'avoir des chiffres fiables et distinctifs sur le Petit et le Grand murin, ne permettent pas d'avancer des calculs de proportion d'effectifs.

L'enjeu local de conservation, pour le taxon des chiroptères, rayonne donc bien au-delà du département de l'Ariège.

Menaces. Les chiroptères possèdent une écologie complexe en raison de leur sélection d'habitat compartimentée, qui demande des milieux adéquats à la chasse ainsi que des gîtes adéquats aux différentes étapes du cycle biologique, mais aussi de par leur régime alimentaire (la ressource n'est pas continue) qui les pousse à hiberner et/ou à migrer à certaines périodes de l'année. Les facteurs d'influence et notamment les menaces pesant sur ce groupe sont donc aussi nombreuses qu'il existe de paramètres liés à leur écologie.

Les gîtes : les chiroptères en Ariège passent une majeure partie de leur vie au sein de leur gîte du fait de l'alternance jour/nuit et des hivers froids forçant l'hibernation. Les menaces sur les gîtes sont donc probablement les menaces les plus fortes et peuvent se présenter sous de nombreuses formes :

- destruction / modification du gîte : certains gîtes favorables peuvent être altérés de façon à être moins fréquentés voire désertés par les chiroptères. La destruction telle qu'un tir d'entrée de mine ou un mauvais aménagement lors de la fermeture d'un site peut être très néfaste aux chiroptères. Lors de la sécurisation des mines de Péreille, un aménagement dédié aux chiroptères a été mis en place pour veiller au maintien d'une colonie importante. Malheureusement, cet aménagement, ayant été mal mis en œuvre par les artisans, n'a pas permis aux chauves-souris et notamment au Minioptères de Schreibers (particulièrement sensible aux aménagements) de se maintenir. D'autres exemples de menaces potentielles ou avérées concernent certains sites du projet de la réserve, tel que la grotte du Mas d'Azil et son mur protégeant la salle Mandement, ou encore la potentielle mise en exploitation de la carrière de Sabarat ;
- fréquentation humaine au sein des gîtes : des perturbations intentionnelles (coups de fusil dans les essaims de chauves-souris à l'Herm, prélèvement pour mise en collection et expériences scientifiques à la grotte du Ker de Massat) et des perturbations non intentionnelles dues à des visiteurs curieux et non informés de la présence de chauves-souris, peuvent être source de stress, affaiblissement, désertion du gîte, jusqu'à la mort des individus. De très nombreuses motivations invitent les humains à visiter les grottes ariégeoises. Elles sont toutes compatibles avec la conservation des chiroptères mais doivent impérativement intégrer leur vulnérabilité en les évitant sur le plan spatial et/ou temporel. Parmi les activités en milieu souterrain, citons : les recherches scientifiques liées au milieu souterrain (biospéléologie, archéologie), le tourisme et les sports de pleine nature (grottes touristiques exploitées, pratiques de la spéléologie en club ou en accompagnement, le kayak en rivière souterraine, …), la collecte du guano, les fouilles clandestines, le campement et notamment les feux en entrée de

cavité ou ne serait-ce que la simple curiosité de découvrir l'univers toujours intrigant et fascinant du milieu souterrain. Plus récemment, la pratique du Geocaching (une énigme en ligne permet de découvrir un objet géo-localisé) peut mener à l'augmentation de la fréquentation sur certains sites comme à la grotte du Ker de Massat où une géocache a été fait enlever en 2020 ;

- le changement climatique : l'augmentation des températures dans le karst ariégeois laisse imaginer que les conditions microclimatiques au sein des gîtes vont évoluer. Les paramètres qui influent sur ces changements (couvert forestier, substrat, orientation, etc.) ne sont pas encore connus. Cependant, il est probable que des sites deviennent défavorables à l'avenir aux chiroptères et que d'autres sites aujourd'hui non favorables le deviennent. Une meilleure compréhension et une adaptation de la réglementation et que du plan de gestion de la réserve devra permettre de répondre à l'évolution des enjeux sur le lot de sites gérés et plus globalement de participer à la connaissance et la description des effets du changement climatique sur un panel représentatif du milieu souterrain ariégeois.

L'ensemble de ces menaces devront donc être étudiées en priorité sur les sites de la réserve mais cette dernière sera aussi appelée à « rayonner » au-delà de son périmètre pour que les menaces liées aux chiroptères soient enrayées à l'échelle des populations et non plus simplement des gîtes.

Les domaines vitaux et autres lieux de vie : si la protection des gîtes cavernicoles est essentielle, l'intégration de tous les gîtes annexes, des territoires de chasse ainsi que des axes de circulation des chiroptères devra faire l'objet d'actions concrètes. Le niveau de responsabilité pour les espèces cavernicoles sur la réserve est probablement d'ampleur internationale étant donné les effectifs de ces espèces. L'intégration d'actions dont la portée dépasse l'échelle de la réserve semble plus qu'indispensable pour le maintien ou l'amélioration de l'état de conservation des chiroptères :

- le terrain de chasse : au travers des politiques territoriales et agricoles, l'encouragement de l'abandon des pesticides, la préservation des écotones (lisières et haies), la diversité des habitats, l'agriculture extensive et la naturalité des milieux naturels (notamment la libre évolution des forêts et des milieux aquatiques) favoriseront l'accès aux proies ainsi qu'en habitats secondaires pour certaines espèces (cavités arboricoles et autres dendro-microhabitats) ;
- les routes de vol : la lutte contre l'artificialisation des sols, la pollution des nappes phréatiques ou encore la pollution lumineuse devront être des actions de fond sur le territoire classé et lié à la réserve afin de limiter d'une part la perte en habitat mais de favoriser, d'autre part, la reconquête des milieux naturels. Le développement de l'éolien est une menace extrêmement élevée en métropole et plus spécialement en Occitanie. Même si l'Ariège en est encore préservée, les déplacements à longue distances des populations de chauves-souris ariégeoises peuvent être fortement impactés par le développement très fort des parcs éoliens industriels. Certaines espèces sont menacées à court terme sur notre territoire tel que les Noctules ou les Pipistrelles. Le Minioptère de Schreibers, espèce à enjeu très fort sur la réserve est, lui aussi, particulièrement sensible à l'éolien. Le réseau routier, aussi relativement peu fréquenté sur le département peut représenter des menaces fortes mais localisées.

La connaissance sur les chiroptères : « on ne protège que ce que l'on connait », cela est particulièrement vrai pour les chiroptères. De nombreuses études récentes ont mis en avant de nouvelles espèces cryptiques (Murin d'Alcathoe en 2003 ou encore le Murin cryptique en 2018) dans le département. De nouvelles espèces ont récemment été découvertes en période de reproduction, comme la Grande noctule, et le statut d'autres espèces de chauves-souris reste toujours à étudier (Oreillard montagnard, Sérotine bicolore, …). Parmi les cavernicoles,

les espèces qui illustrent le mieux ce déficit de connaissance sont les Grand et Petit murin, deux espèces sœurs difficilement dissociables car s'hybridant largement, qui posent certaines difficultés pour évaluer leur état de conservation. D'autres aspects, tels que l'étude des paysages éco-épidémiologiques pouvant fortement influer sur la dynamique des populations (80% de la population nationale de Minioptère de Schreibers décimée en 2002/2003), restent totalement inconnu en Ariège.

Objectifs de conservation et connaissance. Les objectifs auront pour buts de répondre aux différentes menaces qui pèsent sur les populations de chiroptères concernées par le projet de RNN. La protection des gîtes devra être une priorité afin de garantir la tranquillité des colonies lorsqu'elles sont présentes sur les sites : calendrier par site (voire par secteur au sein d'un site), nombre de visites, code de bonne conduite seront autant de mesures préventives à mettre en place afin de concilier l'exploration et l'exploitation souterraine (scientifique, archéologique, touristique, …) aux enjeux biologiques.

Lorsque ces mesures ne suffisent pas et que des données de suivi de la fréquentation humaine mettent en avant la sensibilité d'un site à la fréquentation le montre, la fermeture physique sera à envisager suivant les moyens les mieux adaptés aux sites et aux espèces. Ces actions sont à mener en concertation avec les usagers (hypogés et épigés) mais aussi avec les services de l'administration (DDT, DRAC) et de toute structure impliquée en fonction des enjeux du site.

La protection des gîtes devra être envisagée à l'échelle populationnelle car les chiroptères requièrent un réseau de nombreux gîtes pour réaliser l'ensemble de leur cycle. La densité de cavités favorables à ce groupe semble élevée mais de nombreux paramètres liés à la sélection de l'habitat restent encore inconnus. À ce titre, chaque site représente un enjeu majeur pour la population. De façon plus imagée, si une colonie de reproduction ne trouve pas des conditions optimales dans leur cavité "historique" pour l'hibernation (humidité, stabilité des températures, etc.), elle devra gagner un autre site, dit "de remplacement", pour passer l'hiver. Ces sites ne seront pas forcément proches les uns des autres et des sites « étapes » seront alors utilisés. Si ceux-ci sont également perdus (destruction, aménagement, dérangements répétés), alors l'utilisation du site d'hibernation de remplacement sera compromise sur le long terme. Par exemple encore, la grotte de la Carrière de Sabarat abrite des effectifs non reproducteurs et témoigne donc plutôt d'une utilisation en transit printanier. Cependant, les suivis simultanés avec la grotte du Mas d'Azil laissent présumer que les Rhinolophes euryale présents jusqu'en mai/juin à Sabarat sont ceux qui iront mettre bas à la Grotte du Mas d'Azil. Ainsi, si le projet de carrière à Sabarat impacte la cavité, des répercussions auront lieu sur la grotte du Mas d'Azil et peut-être même à la mine du Pouech d'Unjat, si cette autre colonie fait également partie du regroupement hivernal de ce dernier site.

À ce titre, pour étayer une stratégie de protection « en réseau » de ces populations de chiroptères, des études devront pouvoir mettre en évidence les liens entre les différentes cavités. En affinant la phénologie d'occupation de chaque site, en privilégiant les comptages coordonnés voire en marquant certains individus (marquage individuel temporaire ou permanent), les liens entre les sites seront mis en lumière et aideront à comprendre le fonctionnement des populations à l'échelle de leur cycle biologique.

Une meilleure compréhension des exigences microclimatiques des espèces (température, humidité, déplacements d'air, aléas climatiques, …) permettra de comprendre pourquoi les essaims se déplacent et choisissent tel ou tel site ou secteur au sein d'un même gîte à une période donnée de l'année. De récentes études ont montré la propension des cavités à être impactées par le changement climatique (hausse des températures), ce qui représente une menace majeure en l'état actuel des connaissances. La connaissance des exigences

climatiques permettrait de modéliser la disponibilité en habitat au regard de la menace climatique et, ainsi, de la préciser.

Aussi, bien que son périmètre concerne essentiellement les gîtes, l'action de la réserve devra aussi porter sur les facteurs d'influence pouvant intervenir au-delà. En effet, il est probable que les populations protégées par la réserve soient dépendantes d'habitats de chasse, de voies migratoires et autres gîtes situés en dehors du périmètre de la réserve. La protection des chiroptères des grottes inclues dans la réserve devra donc également passer par des actions de conservation intégrées à l'accompagnement de la transition écologique des territoires, au travers de la lutte contre la pollution lumineuse, de la préservation de la trame verte et bleue ou d'une veille continue sur l'aménagement du territoire ou encore l'agriculture.

La participation à des programmes scientifiques à large échelle devra être encouragée dès lors qu'ils permettront de mieux apprécier l'état de conservation des populations dans ses composantes génétique, de dynamique des populations, d'éco-épidémiologie ou s'intéresseront à l'élaboration de nouvelles méthodes de suivis...

Enfin, la communication et sensibilisation du grand public et des publics plus spécialisés semble aussi être une priorité pour que l'action de la réserve naturelle nationale souterraine soit bien intégrée et identifiée par la population, ce qui favorisera dans le même temps son ancrage territorial.

Matériel et méthode. Le suivi des chauves-souris, du fait de leur cycle de vie complexe, requiert différentes techniques reliées à différents objectifs. La méthode la moins invasive est systématiquement privilégiée pour réaliser les suivis. Certains sites peuvent être moins bien connus du fait des difficultés rencontrées pour suivre les chiroptères dans un cadre déontologique satisfaisant.

Les comptages à vue : les comptages à vue sont principalement effectués en hiver, lorsque les chauves-souris sont immobiles. Ils permettent le dénombrement et l'identification sur la base de critères visuels (postures, formes des organes externes, couleurs de la peau et du pelage). Certaines espèces ne peuvent généralement pas être identifiées au rang de l'espèce du fait de la grande similarité de certains groupes (Pipistrelles, Murins à museaux sombres, Murins de grande taille) ou de leur emplacement dans les cavités (hauteur de la voûte, fissures, étroitures). En hiver, ces comptages sont effectués dans le silence le plus total, à faible luminosité et en faisant appel à un nombre réduit d'observateurs. L'observation prolongée à proximité de chauves-souris en hibernation peut en effet occasionner un réchauffement de l'air induisant un réveil direct ou différé des individus. Ces réveils peuvent être fatals lorsque répétés ou intervenant sur des individus faibles (jeunes par exemple) car ils entament leurs réserves de graisses destinées à passer l'hiver avant le retour du printemps et de leurs proies.

En période de gestation, mise-bas et élevage des jeunes, les comptages à vue sont à réaliser avec la plus grande prudence, voire à proscrire. La présence dans ces gîtes de parturition peut entrainer, avec les mauvais comportements, des mouvements de panique chez les adultes provoquant la chute des juvéniles qui leur sera, la plupart du temps, fatale.

De récentes études ont montré que la présence d'humains au sein des maternités peut provoquer la sécrétion d'enzymes et d'hormones de stress tuant le fœtus. À cette période, pour les colonies de reproduction, les comptages à vue pour le suivi des juvéniles sont principalement effectués de nuit, après sortie des adultes, ce qui est nettement moins risqué qu'en leur présence. Enfin, en période de transit printanier et de transit automnal, la forte activité des colonies peut vite engendrer des mouvements de panique lors d'une visite en journée. À ces périodes, les visites ne doivent être effectués que lorsque cela est vraiment nécessaire et avec la plus grande prudence. Il est parfois nécessaire de rebrousser chemin, ce qui empêche d'effectuer le suivi qui, généralement,

donne alors lieu à des estimations très approximatives lorsque des centaines/milliers d'individus de plusieurs espèces sont en vol.

Les comptages en sortie/entrée de gîte : lorsque les chauves-souris sont actives (en transit et en reproduction), il est préférable de les dénombrer le soir lorsqu'elles sortent ou le matin lorsqu'elles rentrent. Ces comptages non intrusifs se font à vue et à l'aide d'un détecteur à ultrasons en mode hétérodyne. Les observateurs se focalisent chacun sur une espèce différente ce qui permet, en général, de dénombrer les effectifs pour chaque espèce. Le soir, lorsque le site le permet, une visite s'en suit pour contrôler les essaims de juvéniles et dénombrer d'éventuels individus volants qui ne seraient pas sortis du gîte. Pour les sites complexes, il est parfois nécessaire de faire plusieurs groupes d'observateurs (plusieurs sorties) et/ou plusieurs observateurs sur les mêmes espèces pour comparer et affiner l'estimation. Certains sites, du fait de nombreuses sorties possibles ou de la hauteur de la voûte peuvent rendre difficiles ces comptages. C'est, par exemple, le cas de la grotte d'Aliou où la salle de la passerelle, qui se divise en trois sorties, est suffisamment vaste pour permettre à certains individus d'y chasser.

Les captures au filet : La capture des chauves-souris est soumise à un processus de formation bénévole qui est validé par le MNHN lors d'un stage théorique et technique permettant de s'assurer de l'expérience, de la technique et surtout du respect de la déontologie des personnes habilitées. Il s'agit des opérations les plus invasives, notamment lorsqu'elles sont effectuées au niveau des gîtes. Elles sont généralement effectuées de fin juillet à novembre lorsque les juvéniles sont volants. Ainsi, les risques de capturer une femelle transportant son jeune, voire pire, de provoquer la mort accidentelle d'une mère en cours d'allaitement, sont fortement diminués, même si des accidents lors de ces opérations restent possibles bien qu'extrêmement rares. Un filet ou une harpe en nylon est dressé devant l'entrée avant la tombée de la nuit, dans l'objectif de capturer les individus sortant et/ou les individus qui rentreront dans la cavité. Une fois en main, l'espèce est identifiée à l'aide de mesures biométriques, sa condition corporelle est évaluée, elle est âgée, sexée, son statut sexuel est examiné. Elle est ensuite relâchée sur place, les manipulations ne durant que quelques minutes à peine. Ces opérations permettent d'attester la présence considérée incertaine d'une espèce sur un site, de décrire l'utilisation du site pour ces espèces (parturition, accouplement, gîte de repos, …), d'étudier le swarming (capacité d'un site à attirer de nombreuses espèces pas forcément cavernicoles pour rencontrer d'autres individus voire des partenaires sexuels) ou encore d'équiper un individu d'émetteurs VHF pour étudier ses déplacements, connaître ses terrains de chasse ou son utilisation d'autres gîtes.

Les suivis acoustiques : la pose d'un enregistreur dit « passif » à ultrasons peut permettre d'obtenir des informations très intéressantes sur l'occupation d'un site par les chauves-souris. Ces appareils peuvent relever des donner en continu ou sur des plages horaires programmées pendant de nombreuses journées, semaines ou mois. Ils ne permettent pas d'estimer le nombre d'individus (à moins de « calibrer » auparavant l'activité avec des comptages à vue (Revilla Martin, et al., 2020), mais peuvent permettre de déterminer la présence de nombreuses espèces, les pics d'activité et leur intensité.

Les suivis par chronophotographie : les méthodes de suivis ne cessent d'évoluer et de récentes études ont montré l'utilité des pièges-photographiques dans certains contextes. En mode time-lapse, un piège photo en mode infrarouge peut prendre des photos à intervalle continu d'une colonie d'hibernation où d'une localité très précise de la grotte régulièrement utilisée. Les comptages sur ordinateur permettent ensuite d'avoir un suivi quantitatif fin tout au long de la période de pose du piège photographique. Certains sites du projet de RNN devraient bientôt faire l'objet de ce type d'expérimentation.

1.4. L'EUPROCTE OU CALOTRITON DES PYRENEES

Introduction. L'euprocte ou Calotriton des Pyrénées (*Calotriton asper*) est un amphibien Urodèle endémique de la chaîne pyrénéenne et de quelques massifs périphériques. Son cycle semble être intégralement aquatique. À l'issue de la métamorphose, les juvéniles sont dépourvus de poumons fonctionnels et l'existence d'une phase terrestre saisonnière reste controversée. Plus fréquent dans les hydrosystèmes lentiques[22] et lotiques[23] de surface, quelques populations souterraines isolées des populations de surface sont recensées en France, dont plus de la moitié en Ariège.

Historique de la connaissance. La première mention de l'espèce date de 1821 par Ramon de Carbonnière qui observa des « Salamandres aquatiques » au lac d'Oncet au pic de Midi (2 264 m), bien que l'on ait attribué la découverte de l'espèce à Philippe (1847) ou Bibron (1848). Quelques années plus tard (1852) Dugès a décrit un triton pyrénéen sous le nom d'*Hemitriton asper.* En 1839 Gené avait créé le genre *Euproctus* à la suite de la description d'un Urodèle nouveau trouvé en Sardaigne (*Euproctus Rusconii*) et Duméril (1854) confond les deux espèces, au même titre que *Megapterna montana* de Corse décrit par Savi (1838). À la suite des travaux de Giglioli, Lataste et Boulanger en 1878, on admet 3 espèces distinctes réunies dans le groupe *Euproctus* sous genre *Molge* sous les noms de *Molge aspera* Dugès, *M. montana* Savi et *M. Rusconii* Gené. Au début du XX^{e} siècle, l'espèce *E. asper* était alors connue de quelques sites du bassin de la Garonne et de l'Adour au-dessus de 1500 m ; en Espagne et en Andorre, de quelques sites du bassin de l'Ebre au-dessus de 1800 m, ainsi qu'à Banyolas et à la Junquera dans la province de Gerona à moins de 200 m d'altitude. Despax commença alors une prospection active de nouveaux sites. En 1923, il a publié une liste synthétique des sites de présence et d'absence, proposant une première carte de répartition sur les Pyrénées. Celle-ci a été actualisée par différents auteurs (Clergue-Gazeau, 1971) (Clergue-Gazeau, et al., 1978 ; Nicol, 1990 ; Pottier, et al., 2008).

Le premier site souterrain abritant l'espèce, la grotte de Siech, a été découvert en 1958 par Coiffait. Puis, en 1965 Mangin signala l'espèce dans la grotte de Labouïche (rapporté par Clergue-Gazeau 1965), et Clergue-Gazeau en 1971 dans la grotte vers le Col del Bouich (grotte Bernard). Les premiers travaux sur les populations cavernicoles, notamment en captivité ont alors été entrepris par Clergue-Gazeau (1971), puis Guillaume (Guillaume, 2000 ; Miaud, et al., 2005).

En 2005, Carranza et Amat démontrent l'existence d'une différentiation génétique forte des Euproctes du massif du Montseny en Espagne par rapport aux Euproctes de la chaîne axiale des Pyrénées. Les auteurs ont proposé en outre de distinguer les Euproctes pyrénéens et de Montseny, du groupe des Euproctes corses (*E. montanus*) et sardes (*E. platycephalus*), en les reclassant dans le genre *Calotriton*, puis de séparer le Calotriton de Montseny (*Calotriton arnoldi*), de celui des Pyrénées (*C. aper*). Mila *et al.* 2010 (Mila, et al., 2010) ont montré par la suite chez *C. aper* l'existence de phylogroupes caractéristiques de bassins versants sur le versant nord. Valbuena *et al.* 2018 (Valbuena-Ureña, et al., 2018), puis (Martinez-Silvestre, et al., 2020) ont confirmé cette structuration à l'échelle de l'ensemble des Pyrénées.

Présentation de l'espèce. *Calotriton asper* est présent sur les versants espagnols, français et Andorrans des Pyrénées, du Pays basque à la Catalogne. L'espèce a été observée à presque toutes les altitudes du piémont à la haute chaîne : à moins de 100 m d'altitude versant nord (Mauléon-Licharre, en Basse Soule, France), versant sud

[22] Lentique : qui est ropre aux eaux calmes et à renouvellement lent.

[23] Lotique : qui est propre aux eaux de courant.

à 175 m au lac de Banyoles, en Catalogne et pour l'altitude la plus élevée aux lacs de Cambalès, dans les Hautes Pyrénées (2500 m). Elle est inféodée aux torrents, sources, tourbières et lacs d'altitude, en particulier près des déversoirs. Des populations seraient relictuelles notamment dans le massif de la Rhune, en Basse Navarre et Soule au Pays Basque, en vallées d'Aspe et d'Ossau dans le Béarn, dans le massif du Pibeste dans les Hautes-Pyrénées, le massif d'Arbas en Haute-Garonne et Ariège, les massifs de l'Arize et du Plantaurel dans l'Ariège, le plateau de Sault et les Corbières dans l'Aude, voire en régression en Basse Soule, en basse vallée d'Aspe et d'Ossau, en Bigorre (Hautes-Pyrénées), dans le Luchonnais (Haute-Garonne), le Couserans et le Vicdessos (Ariège). Certaines populations sont généralement à très faibles effectifs (Guillaume, 2000, Guillaume, 2001) certaines paraissant même cryptiques. Des anciennes observations dans les Pyrénées-Orientales suggèrent une présence intermittente en rapport avec une alternance ruissellement/assèchement dépendante des précipitations globales (Combes, et al., 1963, Clergue-Gazeau, et al., 1978). Il existe aussi huit populations en milieu souterrain sur le versant français (dans les massifs du Pibeste, d'Arbas, du Plantaurel, de l'Arize, du Vicdessos, et des Corbières (Guillaume, 2001), et deux en Catalogne espagnole et une en Aragon-Navarre (non publié). Des observations anciennes et récentes de spéléologues mentionnent l'espèce dans quelques cavités supplémentaires au niveau des pertes ou résurgences sans qu'il ne soit possible de confirmer l'existence de populations souterraines clairement individualisées de populations de surface. Plusieurs arguments plaident pour l'aspect relictuel de ces populations souterraines, de piémont et de chaînons à basse altitude, séparées de l'aire de répartition principale actuelle, et pour une répartition ancienne de l'espèce beaucoup plus vaste à basse altitude. Sur la base de données paléo-environnementales, Guillaume (2001) suggère une expansion colonisatrice de l'espèce à partir de -20 000 ans des habitats hypogés et d'altitudes au cours d'un repeuplement ascensionnel à partir de populations épigées qui s'étaient repliées dans les basses vallées et le piémont au cours du pléniglaciaire. Cette expansion aurait été suivie d'une phase de régression de l'aire de répartition dans les basses vallées et le piedmont lors du réchauffement climatique postglaciaire qui a été sensible à partir de -13 000 ans.

Les données obtenues par plusieurs auteurs (Mila, et al., 2010, Valbuena-Ureña, et al., 2018, Martinez-Silvestre, et al., 2020) par des approches multi-marqueurs (ADN mitochondrial et nucléaire) convergent pour confirmer une forte structuration génétique entre les populations des Pyrénées, avec une variabilité génétique plus importante dans les populations centrales par rapport à celles présentes en marge de la répartition. Ces études permettent de distinguer au moins 5 groupements génétiques distincts, répartis de manière longitudinale le long des Pyrénées. Selon Lucati et al 2020, la différenciation des lignées aurait eu lieu lors du dernier maximum glaciaire (de -42 000 à -24 000 ans), au sein de 3 régions distinctes (Pyrénées occidentales, centrales et orientales), et se serait poursuivie jusqu'à la fin de la dernière période glaciaire (de -12 000 à -5 500 ans) dans les Pyrénées centrales, menant à la distinction de 2 lignées supplémentaires. En outre, au sein des groupes génétiques, l'ensemble des études confirment l'existence d'une structuration génétique très forte, tout particulièrement dans les Pyrénées centrales, et singulièrement accentuée pour les populations souterraines et de lacs de montagnes.

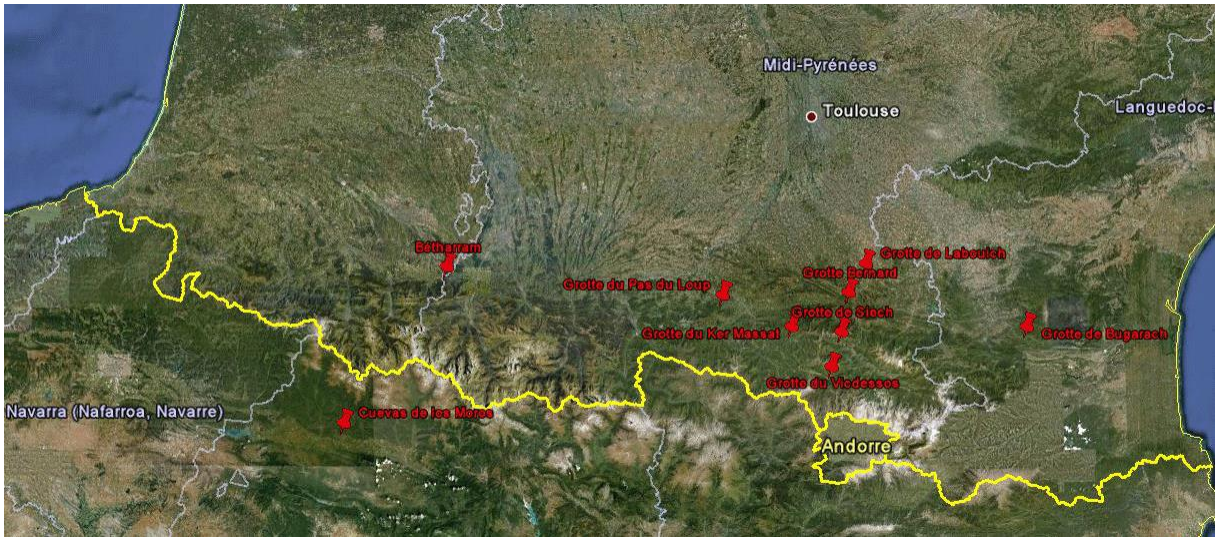


FIGURE 42 CARTE DES SITES INTERESSANTS POUR L'EUPROCTE

Enjeux. L'Ariège compte sur son territoire 5 des populations souterraines connues en France, ce qui représente plus de 60% des sites de ce type validés à l'heure actuelle à l'échelle nationale. 4 sites sur 5 sont concernés par le projet de réserve naturelle, le 5ème (Labouïche) ayant déjà un statut au titre des sites classés. Malgré une proximité géographique de quelques kilomètres pour certains sites (ex : Labouïche et Grotte Bernard), les distances génétiques entre les populations sont extrêmes, ce qui signifie qu'elles sont isolées sans flux de gènes récents. En outre, dans tous les cas, aucune population de surface n'est confirmée à leur proximité. Cette situation originale permet d'argumenter l'existence d'un type écologique hypogé répliqué en isolats à identités génétiques fortes.
D'une façon générale, la très faible fécondité de l'espèce (Clergue-Gazeau, 1971) renforce la vulnérabilité des populations isolées à faible effectif. En outre, dans la plupart des cas, les populations ne sont connues qu'au travers des adultes (ou individus post-métamorphosés), les pontes et les jeunes stades étant rarement observés en milieu naturel, particulièrement en milieu souterrain. Les quelques études menées par Clergue-Gazeau (1971) sur les larves suggèrent un allongement du développement chez les larves hypogées, notamment à Labouïche. En revanche, quel que soit le stade, l'activité est maintenue tout au long de l'année, alors que pour les populations épigées, une diapause hivernale ou estivale reste à démontrer. Le projet de réserve naturelle nationale permettrait donc de répondre également à des enjeux de connaissance de la biologie et l'écologie de l'espèce et particulièrement des écotypes souterrains.

Menaces. Des régressions locales des populations de *Calotriton asper* sont probables en raison d'un processus général résultant du réchauffement climatique engagé depuis la dernière glaciation, mais très fortement accéléré depuis la révolution industrielle du XIX^{e} siècle, et qui impacterait très fortement cette espèce ayant une très faible capacité de dispersion (Depous, et al., 2016). La péninsule ibérique fait partie des régions d'Europe d'ores et déjà les plus touchées par l'augmentation des températures moyennes. Les prédictions relatives aux évolutions climatiques en Europe indiquent des amplitudes de hausse des températures moyennes de 1 à 5 °C d'ici la fin du XXI^{e} siècle et révèlent des disparités saisonnières et régionales marquées (Euro-Cordex).

Il est fort probable que certaines populations de *C. asper* aient adopté une stratégie alternative à une remontée en altitude consistant à coloniser le milieu souterrain pour maintenir des conditions thermiques et d'humidité favorables (Guillaume et al, non publié). Le risque à long terme pour ces populations est lié à leur

isolement et une rupture des flux de gènes, qui, s'ils sont couplés à une taille critique, constituent des facteurs qui peuvent conduire à un appauvrissement génétique, et diminution de la viabilité de ces populations.

En outre, le réchauffement climatique pourrait avoir des conséquences sur le cycle de l'eau. La distribution des précipitations sur le continent serait en effet également affectée, avec des précipitations plus faibles sur le Sud de l'Europe. Pour les Pyrénées, les projections climatiques font apparaître des précipitations plus abondantes en hiver, et des périodes sèches estivales plus nombreuses. Selon Montori *et al.* (2012) et Colomer *et al.* (2014), des épisodes pluvieux extrêmes fréquents pourraient conduire à de fortes réductions de certaines populations de *C. asper*, voire des extinctions locales. De manière générale, les résultats des simulations climatiques mettent en évidence une augmentation continue des sècheresses météorologiques et du sol en moyenne au cours du XXIe siècle avec des nuances selon les scénarios et les régions considérés. L'aggravation apparaît moins forte sur les régions méditerranéennes qui connaissent déjà une sècheresse des sols importante dans le climat actuel. Ces projections climatiques seraient donc tout à fait défavorables au maintien d'espèces aquatiques et de zones humides spécialisées à faible capacité de dispersion, déjà en limite d'aire dans cette région géographique.

Dans ce contexte, au-delà des impacts importants sur les populations de *C.* asper de surface, si l'effet thermique du réchauffement climatique sur le milieu souterrain devrait s'avérer tout à fait négligeable et donc peu affecter directement les populations de *C. asper* souterraines, les conséquences sur la disponibilité des ressources en eau souterraine et de la répercussion des évènements pluvieux extrêmes sur l'habitat souterrain de *C. asper* restent à ce jour totalement inconnues.

En outre, bien que peu d'études aient porté sur ces aspects (Dalibard, et al., 2020), les populations de *C. asper* semblent également relativement vulnérables aux perturbations de la qualité de l'eau, des débits, de la structure des berges et du lit des cours d'eau, ainsi qu'à l'introduction d'espèces compétitrices ou prédatrices (Chauvet, 2015 ; Miro, et al., 2018 ; Miro, et al., 2019 ; Ventura, et al., 2017). Beck signale par exemple la disparition de l'espèce du lac d'Oncet suite à l'introduction d'omble-chevaliers (1942). Par ailleurs, l'introduction d'espèces est considérée comme un facteur de diffusion de parasites et pathogènes. Une étude récente (Martinez-Silvestre, et al., 2020) révèle l'existence de champignons pathogènes de type chytrides (*Batrachochytrium dendrobatidis*) dans 5 populations espagnoles de Calotriton des Pyrénées, sans pour autant que les animaux ne présentent des symptômes de la maladie.

Objectifs de conservation et de connaissances. Les objectifs de conservation sont le maintien de la qualité des habitats pour le type hypogé de l'espèce et ses isolats à forte identité dont le statut génétique, à la frontière entre la génétique des populations et la phylogénie, reste à approfondir. L'espèce disposant de très faibles capacités de dispersion et les populations paraissant piégées en milieu souterrain, celles-ci semblent contraintes à subir les variations environnementales. En outre, le fait que l'espèce soit typiquement aquatique tout au long de son cycle renforce sa sensibilité aux perturbations du milieu susceptible d'impacter sa résilience. Enfin, l'état de la connaissance montre un déficit conséquent sur la biologie et l'écologie de l'espèce. La reproduction et le mode de vie des jeunes stades sont particulièrement méconnus.

Matériel et méthode. La grande majorité des observations a été effectuée à vue et la recherche des individus à la main, dans les anfractuosités dans le lit des ruisseaux. Quelques sites souterrains ont été prospectés par des plongeurs. Peu de travaux par capture-marquage-recapture ont été menés, encore moins sur les populations souterraines, et tous accusent de très faibles taux de recapture rendant les analyses difficiles (Guillaume, 2000 ; Cucherrousset, et al., 2008). Ces observations concernent principalement les adultes et les juvéniles post-métamorphosés en période d'activité, car rares sont les mentions de la découverte d'individus hors de l'eau ou des pierriers suintant,

notamment en période hivernale, et l'hypothèse que les individus quittent l'eau pour passer l'hiver en phase terrestre, sous les souches d'arbre ou sous des pierres, reste très controversée. Dans les Corbières et les Pyrénées-Orientales, plusieurs observations entre l'automne et le printemps sont rapportées dans les cours d'eau, tandis que certains d'entre eux s'assèchent en été et que les individus disparaissent alors des sites d'observation à cette saison. En outre, les larves sont observées dans relativement peu de sites. Ces études ont cependant permis d'évaluer les capacités de déplacement actif (limité à quelques dizaines voire une centaine de mètres) et passif (quelques dizaines de kilomètres) (Montori, et al., 2008, Martinez-Silvestre, et al., 2020). Les tentatives de suivis par télémétrie ont échoué jusqu'à présent. L'approche moléculaire (Protéines sériques, ADN mitochondrial et génomique) reste efficiente pour estimer la structuration génétique, les flux de gènes et les capacités de dispersion (Gasser, 1975 ; Gasser, et al., 1981 ; Montori, et al., 2008 ; Mila, et al., 2010 ; Valbuena-Ureña, et al., 2018, Martinez-Silvestre, et al., 2020). Actuellement, la détection de l'espèce par l'ADN environnemental est en cours de validation. En outre, la plupart des données sur la biologie et le comportement ont été obtenues par la mise en élevage et l'expérimentation au CNRS de Moulis notamment dans sa grotte-laboratoire.

1.5. LES COLEOPTERES

Introduction. Les Coléoptères les plus remarquables des cavités de l'Ariège sont principalement plusieurs genres de Leptodirini (Catopidae) et de Trechinae (Carabidae) troglobies, car ce sont des insectes holométaboles qui présentent :

- des adaptations morphologiques et biologiques extrêmes au milieu souterrain (anophtalmie, dépigmentation, allongement des appendices, développement des capacités tactiles et olfactives, contraction du développement larvaire, importante longévité imaginale pour des insectes, …) ;
- une tendance à l'extrême endémisme (taxons parfois visibles que sur quelques mètres carrés dans une grotte unique) ;
- une diversité importante face à laquelle les difficultés de recherche de terrain font qu'il s'agit de groupes encore très mal connus, dont plusieurs taxons restent à découvrir ; d'autres sont si rares qu'il est possible de dénombrer les observations sur plus d'un siècle sur une seule main ;
- mais qui malgré des critères objectifs de vulnérabilité (faible démographie, sténoecie, fort endémisme) sont probablement les animaux parmi les moins menacés. Ils semblent en diversité - abondance et richesse – constante au cours du temps, en particulier dans les sites les plus anciennement connus. La fréquentation humaine des cavités ne semble par exemple pas leur poser problème (Faille, et al., 2015a.).

Aux côtés de ces espèces les plus troglobies, les mêmes familles et quelques rares autres taxons (Staphylinidae par exemple) occupent des niches écologiques intermédiaires entre les situations toujours épigées et les cavernicoles, il s'agit de faunes endogés et troglophiles qui présentent également des adaptations morphologiques et écologiques plus ou moins poussées. Ces taxons ne sont pas présentés de manière détaillée dans ce chapitre car leur inventaire est fragmentaire en Ariège et dans les sites de la RNN, seuls ceux clairement identifiés dans la bibliographie ou des inventaires récents figurent dans la description faunistique des sites.

Pour chaque site sont précisés en face de la liste faunistique des coléoptères connus :

- leur caractère troglobie vs simplement troglophile et/ou endogé (même si cette distinction est parfois subtile) ;

- leur échelle d'endémisme (microendémisme dans une seule grotte ; endémique du massif ; endémique de l'Ariège dans plusieurs massifs entrecoupés de rivières ou de reliefs ; endémique des Pyrénées ou à plus large répartition (noté « / ») ;
- le fait que le site représente ou non une ou l'unique localité typique ;
- la dernière date d'observation (fraicheur des données) qui est en général enregistrée au SIB ;
- l'inventeur de la dernière donnée connue.

L'effort d'énumération du groupe des troglobies vrais, c'est-à-dire les plus évolués morphologiquement et biologiquement, a été conduit pour toute l'Ariège et pour les sites pressentis pour faire partie de la RNN.

Richesse faunistique globale en Coléoptères troglobies en Ariège et dans la RNN. Ce paragraphe a pour but de dresser l'état des connaissances des taxons troglobies aux échelles de l'Ariège et des sites pressentis de la RNN. La localité type connue (ou parfois supposée) est également précisée (figure 43, tableau ci-après). L'auteur et la date de description de ces taxons ne seront pas repris dans la suite de la rédaction pour alléger le texte.

Famille	lb_nom	lbauteurs	traits de vie	RNN	Loc Typique	Commune
Carabidae Trechinae	*Aphaenops bonneti*	Fourès, 1948	Troglobie	N	trou du Rantou	Sucq et Sentenac
Carabidae Trechinae	*Aphaenops bouillani*	Coiffait, 1955	Troglobie	N	grotte de Petilhac	Bordes sur Lez
Carabidae Trechinae	*Aphaenops bourgoini vendeli*	Coiffait, 1969	Troglobie	O	grotte de Payssa	Salsein
Carabidae Trechinae	*Aphaenops bucephalus*	(Dieck, 1869)	Troglobie	O	grotte de Les telas	Cazavet
Carabidae Trechinae	*Aphaenops cerrerei*	Coiffait, 1953	Troglobie	N	grotte de La meza (ou de l'homme mort)	Seix
Carabidae Trechinae	*Aphaenops cerberus bruneti*	Jeannel, 1926	Troglobie	O	grotte de Les telas	Cazavet
Carabidae Trechinae	*Aphaenops cerberus cerberus*	(Dieck, 1869)	Troglobie	O	grotte d'Aubert	Moulis
Carabidae Trechinae	*Aphaenops cerberus inaequalis*	Abeille de Perrin, 1872	Troglobie	O	grotte du Mas d'Azil	Mas d'Azil
Carabidae Trechinae	*Aphaenops cerberus obtusus*	Jeannel, 1926	Troglobie	?	grotte du Tuc d'Audoubert	Montesquieu Avantes
Carabidae Trechinae	*Aphaenops cerberus truncatus*	Coiffait, 1959	Troglobie	?	puits du clot	Sentenac de Sérou
Carabidae Trechinae	*Aphaenops colluvii*	Genest & Juberthie, 1983	Troglobie & Endogé	O	MSS forêt d'Orgibet (= ravin de la Tire) ; grotte labo C	Illartein ; Bordes sur Lez
Carabidae Trechinae	*Aphaenops delbreili*	Genest, 1983	Troglobie	N	puts de la Ruguero ; puts du Picou ...	Ustou
Carabidae Trechinae	*Aphaenops ehlersi*	(Abeille de Perrin, 1872)	Troglobie	O	grotte de Les telas	Cazavet
Carabidae Trechinae	*Aphaenops hortensis*	Fourès, 1954	Troglobie	O	grotte du Trapech d'En Haut	Bordes sur Lez
Carabidae Trechinae	*Aphaenops laurenti*	Genest, 1983	Troglobie	N	rivière souterraine de Bordes de Crues	Seix
Carabidae Trechinae	*Aphaenops meriverasae*	Genest, 1983	Troglobie	O	grotte du Trapech d'En Haut	Bordes sur Lez
Carabidae Trechinae	*Aphaenops micheli*	Fourès, 1954	Troglobie	N	faille de Jouhandet ; grotte de Las Souleilhos	Seix
Carabidae Trechinae	*Aphaenops minos*	(Linder, 1860)	Troglobie	O	grotte de Lombrives	Ussat
Carabidae Trechinae	*Aphaenops mouriesi*	(Genest, 1983)	Troglobie	N	vallée morte (étang de Lers)	Port
Carabidae Trechinae	*Aphaenops pecoudi*	A. Gaudin, 1938	Troglobie	O	grotte d'Aubert	Moulis
Carabidae Trechinae	*Aphaenops pluto hydrophilus*	A. Gaudin, 1946	Troglobie	N	ruisseau d'Aulot	St Girons
Carabidae Trechinae	*Aphaenops pluto pluto*	(Dieck, 1869)	Troglobie	O	grotte d'Aubert	Moulis
Carabidae Trechinae	*Aphaenops sinester*	Coiffait, 1959	Troglobie	?	gouffre Ste Catherine	Engomer
Carabidae Trechinae	*Aphaenops sioberae*	Fourès, 1954	Troglobie	O	grotte de Payssa	Salsein
Carabidae Trechinae	*Aphaenops tiresias robustus*	Coiffait, 1958	Troglobie	O	gouffre de Piquegran	Engomer
Carabidae Trechinae	*Aphaenops tiresias tiresias*	(Pioc hard de la Brûlerie, 1872)	Troglobie	N	grotte de Peyort	Cazavet
Carabidae Trechinae	*Aphaenops tiresias tisiphone*	Jeannel, 1917	Troglobie & Endogé	N	grotte de Liqué	Moulis
Carabidae Trechinae	*Aphaenops vendeli bouigonensis*	Fourès, 1954	Troglobie & Endogé	N	grotte de l'Ournas	Saint Lary
Carabidae Trechinae	*Aphaenops vendeli vendeli*	Fourès, 1954	Troglobie	O	grotte de Payssa	Salsein
Carabidae Trechinae	*Geotrechus soldensis*	Jeannel, 1955	Troglobie & Endogé	N	grotte de Rieufourcand	Bélesta
Carabidae Trechinae	*Geotrechus andreae*	Jeannel, 1920	Troglobie	O	grotte du Ker	Massat
Carabidae Trechinae	*Geotrechus orpheus consorrens*	(Dieck, 1870)	Troglobie & Endogé	O	"grotte d'Aspet" (Terre blanque ?)	Aspet
Carabidae Trechinae	*Geotrechus orpheus dederoi*	Jeannel, 1920	Troglobie & Endogé	O	grotte de Peyrounard	Le Mas d'Azil
Carabidae Trechinae	*Geotrechus orpheus orpheus*	(Dieck, 1869)	Endogé	O	grotte d'Aubert	Moulis
Carabidae Trechinae	*Geotrechus polei*	Fourès, 1962	Troglobie & Endogé	O	grotte de Malarmaud	Montseron
Carabidae Trechinae	*Geotrechus soulcyi demouxi*	Coiffait, 1958	Troglobie & Endogé	?	gouffre de Soulisquet et grotte supérieure de la Route	Montagagne
Carabidae Trechinae	*Geotrechus soulcyi soulcyi*	(Argod-Vallon, 1913)	Troglobie & Endogé	O	grotte d'Aubert	Moulis
Carabidae Trechinae	*Geotrechus sulcatus*	Coiffait, 1959	Troglobie & Endogé	N	aven de la Tussave	Soueix Rogalle
Carabidae Trechinae	*Geotrechus trophonius trophonius*	(Abeille de Perrin, 1872)	Troglobie & Endogé	O	grotte de Peyrounard	Le Mas d'Azil
Carabidae Trechinae	*Geotrechus vendeli*	Coiffait, 1959	Endogé	N	aven inférieur d'Anglade	Salau
Carabidae Trechinae	*Geotrechus vonderbeghi*	Perreau & Quéinnec, 1987	Troglobie & Endogé	N	puts de la Ruguero	Escots
Carabidae Trechinae	*Geotrechus vulcanus*	(Abeille de Perrin, 1904)	Troglobie	?	grotte du Portel (= grotte de Campagna)	Loubens
Catopidae Leptodirini	*Antrocharis querilhaci disperses*	Abeille de Perrin, 1878	Troglobie	O	grotte de Fontsaint	Aulus ?
Catopidae Leptodirini	*Antrocharis querilhaci querilhaci*	(Lespès, 1857)	Troglobie	O	"env de Tarascon" (probablement Niaux ou Sabart)	
Catopidae Leptodirini	*Gestiella deliotii*	Giachino & Gueorguiev, 1989	Troglobie	N	rivière souterraine de Bordes de Crues	Seix
Catopidae Leptodirini	*Parospeonomus vendeli*	Coiffait, 1952	Troglobie	N	grotte de Las Souleillos	Seix
Catopidae Leptodirini	*Parotroglophyes cerrerei*	Fourès, 1954	Troglobie	O	grotte du Trapech d'En Haut	Bordes sur Lez
Catopidae Leptodirini	*Parotroglophyes jeanneli*	Coiffait, 1955	Troglobie	N	grotte d'Anglade	Salau
Catopidae Leptodirini	*Parotroglophyes seresetes*	Fresneda, Bourdeau & Faille, 2011	Troglobie	N	grotte de Rammondeuch (= grotte des Poteries)	Seix
Catopidae Leptodirini	*Speonomus abeillei abeillei*	(Saulcy, 1872)	Troglobie	O	grotte du Mas d'Azil	Le Mas d'Azil
Catopidae Leptodirini	*Speonomus abeillei bouillani*	Coiffait, 1959	Troglobie	O	grotte de Siech	Saurat
Catopidae Leptodirini	*Speonomus cerrerei*	Fourès, 1954	Troglobie, endogé	O	grotte de Payssa	Salsein
Catopidae Leptodirini	*Speonomus colluvii*	Delay, Juberthie & Ruffat, 1983	Troglobie, endogé	N	MSS bois de Candail	Boussenac
Catopidae Leptodirini	*Speonomus curvipes curvipes*	(Pioc hard de la Brûlerie, 1873)	Troglobie	N	grottes de Rieufourcand et de La mparou	Bélesta
Catopidae Leptodirini	*Speonomus curvipes subcurvipes*	(Abeille de Perrin, 1878)	Troglobie	N	grotte de Nebias	Nebias
Catopidae Leptodirini	*Speonomus diecki*	(Saulcy, 1872)	Troglobie	O	grotte d'Aubert	Moulis
Catopidae Leptodirini	*Speonomus ehlersi*	(Abeille de Perrin, 1872)	Troglobie, endogé	O	grotte de l'Espugne	Saleich
Catopidae Leptodirini	*Speonomus endogeus*	Coiffait, 1963	Troglobie, endogé	N	MSS près de Rimont	Rimont
Catopidae Leptodirini	*Speonomus infernus orbesensis*	Jeannel, 1924	Troglobie	N	grotte de Gourgue	Arbas
Catopidae Leptodirini	*Speonomus infernus infernus*	(Dieck, 1869)	Troglobie	O	grotte de Les telas	Cazavet
Catopidae Leptodirini	*Speonomus lelepi*	Coiffait, 1953	Troglobie	N	grotte de La meza (ou de l'homme mort)	Seix
Catopidae Leptodirini	*Speonomus longicornis fuveaui*	(Jeannel, 1907)	Troglobie	N	grotte de Capètes	Freychenet
Catopidae Leptodirini	*Speonomus longicornis fuxeensis*	Jeannel, 1908	Troglobie	N	grotte de Sainte-Hélène	Foix
Catopidae Leptodirini	*Speonomus longicornis herrensis*	(Abeille de Perrin, 1873)	Troglobie	O	grotte de l'Herm	l'Herm
Catopidae Leptodirini	*Speonomus longicornis longicornis*	(Saulcy, 1872)	Troglobie	?	grotte du Portel (= grotte de Campagna)	Loubens
Catopidae Leptodirini	*Speonomus longicornis pandellei*	(Abeille de Perrin, 1883)	Troglobie	N	grotte d'Aurouze	Montferrier
Catopidae Leptodirini	*Speonomus longicornis perieri*	(Pioc hard de la Brûlerie, 1873)	Troglobie	N	grotte de Lavelanet	lavelanet
Catopidae Leptodirini	*Speonomus monticola*	Coiffait, 1963	Troglobie	N	aven inférieur d'Anglade	Salau
Catopidae Leptodirini	*Speonomus normandi bergesi*	Coiffait, 1959	Troglobie	O	gouffre de l'Hariou	Cazavet
Catopidae Leptodirini	*Speonomus normandi hydrophilus*	(Jeannel, 1907)	Troglobie, endogé	N	grotte d'Olote (ruisseau d'Aulot)	St Girons
Catopidae Leptodirini	*Speonomus normandi normandi*	(Jeannel, 1906)	Troglobie, endogé	O	grotte de Ferobac	la bastide-de-Sérou
Catopidae Leptodirini	*Speonomus opisthonax*	Gers & Dupuis, 1988	Troglobie, endogé	O	MSS route forestière du Mail Blanc	Salsein
Catopidae Leptodirini	*Speonomus orgibetensis*	Gers, 1989	Troglobie, endogé	O	MSS "forêt d'Orgibet"	Illartein
Catopidae Leptodirini	*Speonomus picherdi*	(Abeille de Perrin, 1873)	Troglobie	N	grotte de la Garosse	la bastide-de-Sérou
Catopidae Leptodirini	*Speonomus proserpinae*	(Abeille de Perrin, 1878)	Troglobie	N	grotte de l'Homme mort	Rivel
Catopidae Leptodirini	*Speonomus pyrenaeus discontignyi*	(Saulcy, 1872)	Troglobie	O	grotte du Ker	Massat
Catopidae Leptodirini	*Speonomus pyrenaeus hustachei*	Coiffait, 1959	Troglobie	N	grotte de La bouche	Eycheil
Catopidae Leptodirini	*Speonomus pyrenaeus major*	Coiffait, 1959	Troglobie	N	grotte d'Ardet	Soueix Rogalle
Catopidae Leptodirini	*Speonomus pyrenaeus sermeti*	Coiffait, 1955	Troglobie	N	grotte de Bérac	Boussenac
Catopidae Leptodirini	*Speonomus pyrenaeus nodieri*	(Jeannel, 1906)	Troglobie	O	grotte de Tourtouse	Ste Croix Volvestre
Catopidae Leptodirini	*Speonomus pyrenaeus nerzici*	Coiffait, 1959	Troglobie	N	gouffre du Picou de la Mire	Ustou
Catopidae Leptodirini	*Speonomus pyrenaeus noverinfortium*	(la Brûlerie, 1872)	Troglobie	?	grotte de Neuf-Fonts	Aulus
Catopidae Leptodirini	*Speonomus pyrenaeus protensis*	Coiffait, 1959	Troglobie	N	grotte de Gaujac	Prat
Catopidae Leptodirini	*Speonomus pyrenaeus pyrenaeus*	(Lespès, 1857)	Troglobie	O	"env de Tarascon" (probablement Bedeilhac ou La Ca	Niaux
Catopidae Leptodirini	*Speonomus stygius brevicornis*	Coiffait, 1952	Troglobie	N	grotte inférieure de Las Pencs	Ercé
Catopidae Leptodirini	*Speonomus stygius crassicornis*	(Pioc hard de la Brûlerie, 1873)	Troglobie	O	grotte de Peyrounard	Le Mas D'Azil
Catopidae Leptodirini	*Speonomus stygius soulcyi*	(Abeille de Perrin, 1872)	Troglobie	N	grotte de Montesquieu	Montesquieu Avantes
Catopidae Leptodirini	*Speonomus stygius stygius*	(Dieck, 1869)	Troglobie	O	grotte d'Aubert ?	Moulis
Catopidae Leptodirini	*Speonomus stygius thiboli*	Coiffait, 1959	Troglobie	N	grotte d'Arnac	Audinac les Bains
Catopidae Leptodirini	*Speonomus stygius tisiphone*	Jeannel, 1908	Troglobie	O	grotte de Malarmaud	Montseron
Catopidae Leptodirini	*Speonomus zophosinus*	(Saulcy, 1872)	Troglobie, endogé	O	"grotte près de Prat" (loc erronée, =grotte du Ker ?)	Massat
Catopidae Leptodirini	*Trocheronis mestrei*	(Abeille de Perrin, 1878)	Troglobie	N	grotte de l'Homme mort	Rivel
Catopidae Leptodirini	*Troglophyes soubryi soubryi*	Coiffait, 1953	Troglobie	N	grotte d'Anglade	Salau
Catopidae Leptodirini	*Troglophyes soubryi vollierensis*	Coiffait, 1953	Troglobie	N	grotte de La meza (ou de l'homme mort)	Seix

FIGURE 43 COLEOPTERES TROGLOBIES CONNUS EN ARIEGE ET SUSCEPTIBLE D'ETRE PRESENTS (« O » OU « ? ») DANS UN DES SITES RETENUS DANS LE PROJET DE RNNSA (D'APRES DONNEES PERSONNELLES, DELIOT, 1995 ; FAILLE, IN LITTERIS ; JEANNEL, 1941 ; PERREAU, 2000).

Au total 94 taxons dits cavernicoles (espèces et sous espèces) au moins existent en Ariège ; certains taxons seront encore décrits dans les prochaines années. Le périmètre de la RNNSA arrêté au 20 janvier 2022 pourrait concerner 50 de ces taxons soit la moitié du potentiel faunistique du département en coléoptères cavernicoles.

La richesse faunistique en Coléoptères de la grotte ornée du Portel, située au-dessus de la perte du Portel retenue dans le projet de RNN, illustre les différents et principaux genres représentés dans les grottes ariégeoises (Figure 44 ci-dessous).

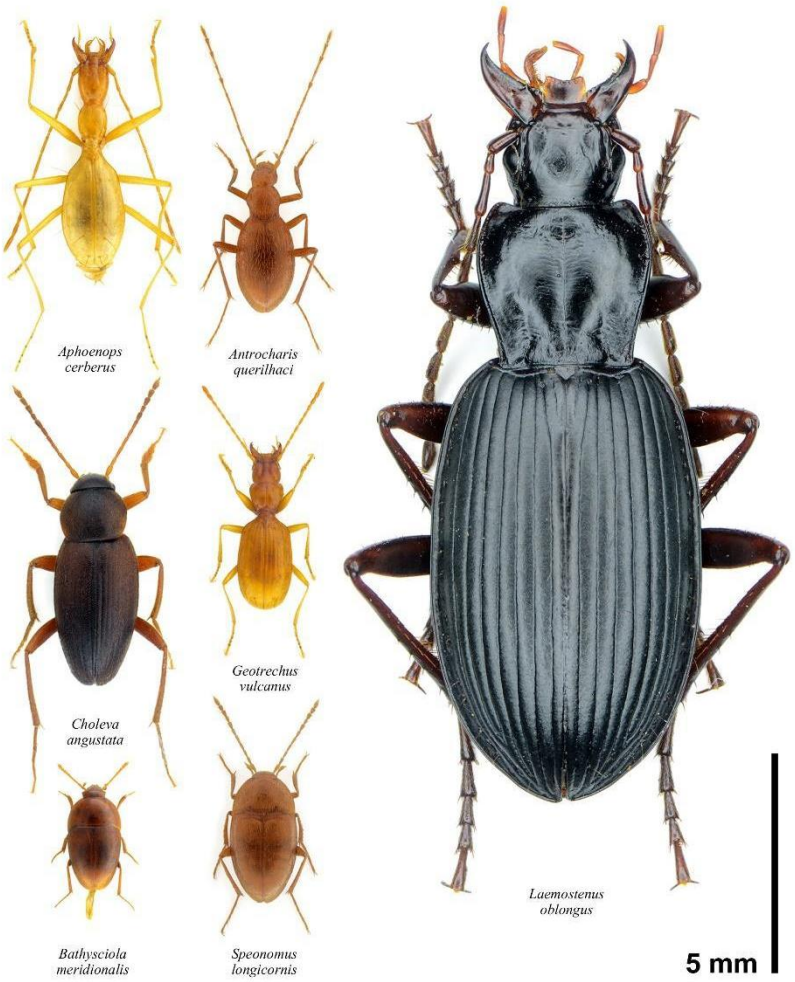


FIGURE 44 : DIVERSITE DES COLEOPTERES TROGLOBIES ET TROGLOPHILES DE LA GROTTE DU PORTEL, LOUBENS (09) (CLICHES PIERRE ZAGATTI).

CLASSE	Insectes
ORDRE	Coléoptères
FAMILLE	Carabidae
SOUS-FAMILLE	Trechinae
GENRES	*Geotrechus et Aphaenops* (dont « Cerbaphaenops, *Hydraphaenops et Cimaphaenops »)*

FIGURE 45 LES CARABIDAE (D'APRES BERTRAND ET AL., 2002 ACTUALISE).

Actuellement, 29 taxons d'*Aphaenops* spp. (dont *Hydraphaenops)* et 13 de *Geotrechus* spp. sont dénombrés dans le département, et respectivement 18 et 9 d'entre eux sont présents dans les sites sélectionnés de la RNN souterraine d'Ariège. Ces trois genres sont polyphylétiques et nécessitent une révision taxonomique qui est en cours (Bourdeau et Faille com. Pers.). Pour autant, l'ensemble de ces Trechinae cavernicoles représente un seul et singulier phylum Pyrénéen (Faille, et al., 2013) distinct de toutes les autres espèces de Trechinae cavernicoles d'aspect aphaenopsien que l'on connait dans les différentes parties d'Europe (*Trichaphaenops, Arctaphaenops, Paraphaenops, Sardaphaenops, Italaphaenops* …) et bien entendu dans le monde (en Chine, en Nouvelle Zélande, etc.).

Parmi les Aphaenops Pyrénéens se rencontrent des espèces à répartition relativement large et représentatives de la faune cavernicole de l'Ariège ou du Couserans. C'est le cas par exemple d'*Aphaenops cerberus*, dont l'aire de répartition s'étend d'Ouest en Est depuis la vallée de l'Arbas (en Haute-Garonne) jusqu'à la partie orientale du massif du Plantaurel et du nord au sud du Volvestre à la vallée de Bélongue. Ses sous-espèces, qui structurent les différentes populations connues (Faille, et al., 2015b.), concernent plusieurs sites de la RNNSA.

Les Carabes *Trechinae* sont en général des espèces de litière épigées, mais assez souvent aussi endogées et associées au monde souterrain. Les *Geotrechus*, quoique totalement anophtalmes et plus ou moins dépigmentés occupent des zones comprises entre les secteurs humides forestiers du piémont et les cavités hypogées, parfois jusqu'à de grandes profondeurs. La totalité des *Aphaenops* est troglobie bien qu'il soit assez facile de déloger un *Aphaenops vandeli* dans moins de 30 cm de profondeur en MSS ou de voir courir à la limite de la lumière du jour des *Aphaenops cerberus* dans certaines entrées de grottes. Ce sont des *Trechinae* parmi les plus évolués. Ils présentent des adaptations remarquables au milieu souterrain. Leur corps, leurs antennes et leurs membres sont longs et grêles. Leur tégument est dépigmenté et ils sont anophtalmes. L'absence d'organe visuel est compensée par le développement d'autres organes sensoriels, notamment des chémorécepteurs antennaires permettant une augmentation de la sensibilité olfactive.

Ils se distinguent également par un métabolisme réduit et un développement contracté. Les femelles d'*Aphaenops* n'ont plus qu'une ovariole fonctionnelle et les Œufs, énormes, bénéficient d'une accumulation vitelline par l'imago qui épargne à la larve de dépendre d'une ressource alimentaire extérieure rare sous terre, à l'instar d'autres holométaboles (Faille, et al., 2015).

Ils se rencontrent dans les cavités sur les parois stalagmitées humides ou sur le plancher des galeries, où ils errent à la recherche de ressources et proies diverses : Collemboles, Acariens, Oligochètes, vers de terre... Ils sont également présents dans le réseau fissural et peuplent en grand nombre le Milieu Souterrain Superficiel. Ce sont d'actifs carnassiers et nécrophages opportunistes qui se situent en haut de la chaîne alimentaire de l'habitat souterrain terrestre.

Aux côtés de ces Trechinae dit troglobies (même si certains *Geotrechus* comme *orpheus* sont plus souvent endogés et troglophiles que troglobies), d'autres Carabidae à affinités troglophiles et endogés sont parfois trouvés préférentiellement à l'entrée des grottes et parfois très profondément. Il s'agit par exemple du Pterostichinae *Laemostenus oblongus*, guanophile fréquent en cavités à chiroptères ou des Trechinae endogés *Anillus* spp. et *Hypotyphlus pandellei*.

Les Catopidae Leptodirini.

CLASSE	Insectes
ORDRE	Coléoptères
FAMILLE	Catopidae
SOUS-FAMILLE	Catopinae
TRIBU	Leptodirini
GENRES	*Antrocharis, Gesciella, Paraspeonomus, Paratroglophyes, Speonomus, Trocharanis* et *Troglophyes.*

On dénombre 52 taxons de ces Leptodirini dit cavernicoles dans le département de l'Ariège dont 23 sont concernés par le périmètre pressenti de la RNN (Figure 43). Les genres *Anthrocharis, Gesciella, Paratroglophyes, Trocharanis* et *Troglophyes* sont les plus morphologiquement évolués et troglobies d'entre-eux. Le microendémisme les concerne tout autant que les Trechinae cavernicoles.

Biologiquement il s'agit de détritivores à tendances nécrophages et guanophiles qui peuvent parfois localement pulluler à la faveur d'une abondante ressource alimentaire. Ils sont en général plus faciles à observer que les Trechinae car même en MSS, leur attrait pour les appâts les rend faciles à attirer et à piéger.

Comme pour tous les cavernicoles, l'état des connaissances, en particulier en zones d'altitude et dans certains MSS, reste très perfectible. Ils ne semblent pas du tout menacés et ne bénéficient d'aucunes mesures de protection directe.

Aux côtés de ces Leptodirini dit cavernicoles, d'autres Catopidae terricoles, endogés et troglophiles fréquentent les cavités et MSS de l'Ariège. Il s'agit par exemple des *Choleva* spp., des *Bathysciola* spp., dont certaines espèces sont microendémiques. Une espèce d'une sous-famille proche, *Leptinus testaceus* (Platypsyllinae) liée aux terriers, nids et ressources de petits vertébrés à sang chaud, est très souvent rencontré dans les grottes Pyrénéennes.

Historique de la connaissance des Coléoptères souterrains et enjeux actuels. Les prospections biospéléologiques sont intenses depuis la fin du XIXème siècle et certains sites de la RNNSA sont prospectés régulièrement depuis cette époque : grottes du Sendé, de l'Estelas, … Depuis l'implantation en 1948 du Laboratoire souterrain du CNRS à Moulis, de nombreuses études ont été réalisées. L'Ariège est actuellement le département le mieux connu sur ce point, en particulier le Couserans, le Plantaurel et le Séronnais. Peu d'entomologistes pratiquent aujourd'hui la biospéléologie dans les Pyrénées, la protection légale des *Aphaenops* n'est pas étrangère à ce manque d'engouement qui finalement pénalise la connaissance, crispe certains naturalistes sur les politiques publiques de conservation et finalement ne sert pas la conservation de ce groupe qui heureusement ne semble pas menacé.

Les déficits de connaissance concernent la faune de nombreuses grottes jamais inventoriées et plus encore les MSS largement répandus. Qu'il s'agisse de « Cavernicoles » des MSS ou simplement d'endogés, les prospections nécessitent de déployer des techniques adaptées (lavages de terre, tamisages, pièges OWEN). La faune d'altitude est encore moins bien connue que celle du piémont. De nouvelles espèces ou sous espèces restent à découvrir, certaines le sont déjà mais faute de matériel suffisant et de temps d'entomologistes elles ne sont pas encore décrites.

Leurs singularités dans leur évolution génétique, biologique et morphologique en font des modèles d'étude privilégiés. Les découvertes de nouvelles populations et de nouvelles espèces alimentent notre connaissance de leur propre évolution et davantage encore. Les coléoptères cavernicoles dans leur ensemble présentent des patrons de distribution qui apportent également de nombreux éclairages sur l'orogénèse Pyrénéenne (Faille, et al., 2015c). L'un des objectifs majeurs de la Réserve Naturelle Souterraine de l'Ariège est d'aider à mieux connaitre et faire connaitre ces espèces, reprenant à son compte et dans la perspective de suppléer à ce qui fut un temps un des objectifs du laboratoire souterrain de Moulis, qui arbore encore à son entrée une mosaïque représentant un *Aphaenops*, œuvre magistrale des années 60' de Nelly Vandel, femme du biologiste André Vandel (Figure 46 ci-après).

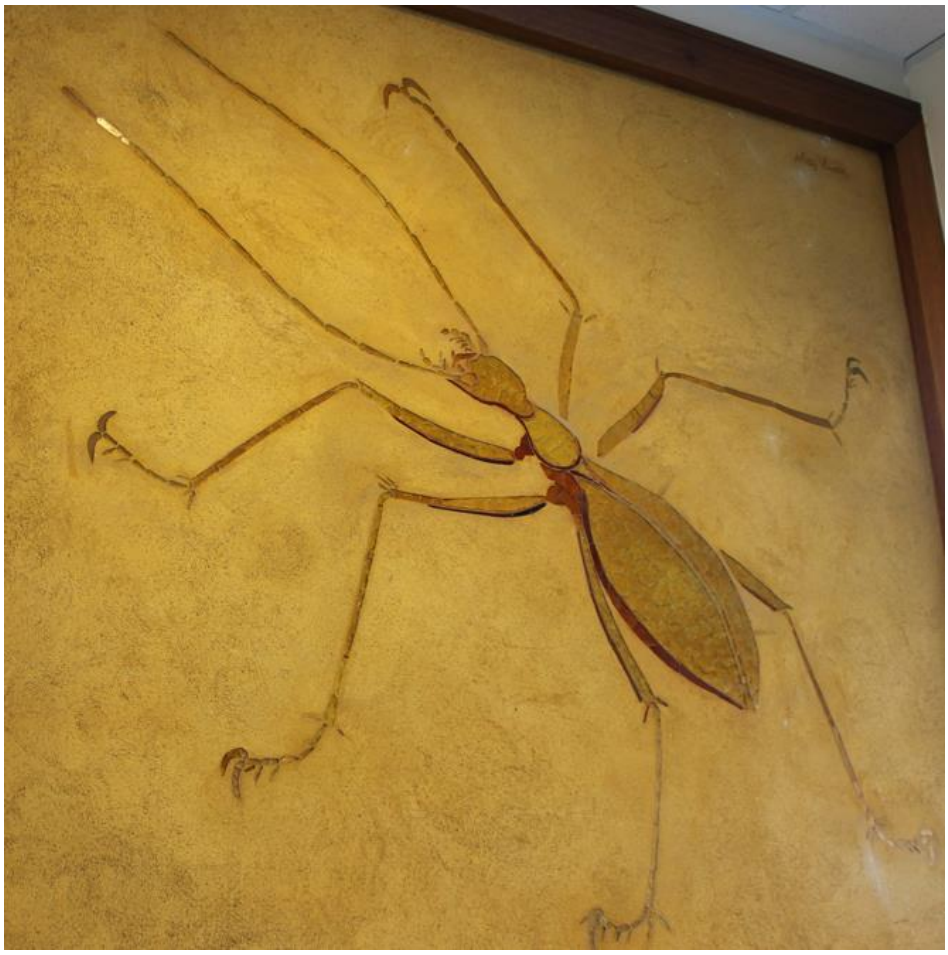


FIGURE 46 MOSAÏQUE ILLUSTRANT UN APHAENOPS A L'ENTREE HISTORIQUE DU LABORATOIRE CNRS DE MOULIS (ŒUVRE DE NELLY VANDEL, ©OLIVIER GUILLAUME)

La systématique des deux principaux groupes de coléoptères à affinités cavernicoles est obsolète et des analyses génétiques, morphologiques et biogéographiques récentes vont permettre de réviser la phylogénie et la taxonomie de ces deux groupes faunistiques.

Menaces. L'arrêté du 2 juillet 1993 porte sur la protection des coléoptères souterrains *Aphaenops*, *Hydraphaenops* et *Trichaphaenops*, de la famille des *Carabidae* et de la sous-famille des Trechinae. Les *Trichaphaenop*s peuplent le Jura et les Alpes alors que les *Aphaenops* et les *Hydraphaenops* sont caractéristiques des Pyrénées. Ils sont présents dans les départements des Pyrénées-Atlantiques, des Hautes-Pyrénées, de la Haute-Garonne et de l'Ariège. L'Ariège est le département qui compte le plus d'espèces.

Ces dispositions légales s'avèrent contraignantes surtout contre les entomologistes et au détriment des progrès en matière de systématique et faunistique du groupe. Les coléoptères cavernicoles ne sont pas menacés par la fréquentation humaine (Faille, et al., 2015a.) ni les prélèvements, aussi répété et massifs qu'ils puissent avoir été (Juberthie, com. pers. sur la base des prélèvements systématiques et durables à la grotte de Liqué par exemple ou des piégeages répétés et massifs dans le MSS du vallon de la Tire). Seule la modification profonde d'un karst semble pouvoir influer sur la raréfaction apparente de la faune (*obs. pers*. au niveau d'une carrière à Rebenacq (Pyrénées-Atlantiques).

1.6. LES MOLLUSQUES

Introduction. Les Hydrobiidae constituent une famille distribuée dans le monde entier : 65 espèces au moins sont présentes en France. Ce sont tous des animaux de petite taille (coquille < à 4 mm parfois < à 1 mm). Un nombre important d'entre elles sont des endémiques de très petits territoires et plusieurs espèces nouvelles pour la science sont cours de description. Les espèces de cette famille peuplent tous les types de milieu aquatiques y compris littoraux.

C'est dans les eaux souterraines et les sources qu'elles sont particulièrement diversifiées (au moins 60 des 65 espèces) avec de nombreuses radiations qui en font un matériel de choix en biologie évolutive. Peu de données écologiques sont disponibles et en France, pour la quasi-totalité des espèces de cette faune, ces données font totalement défaut (Bertrand, et al., 2002).

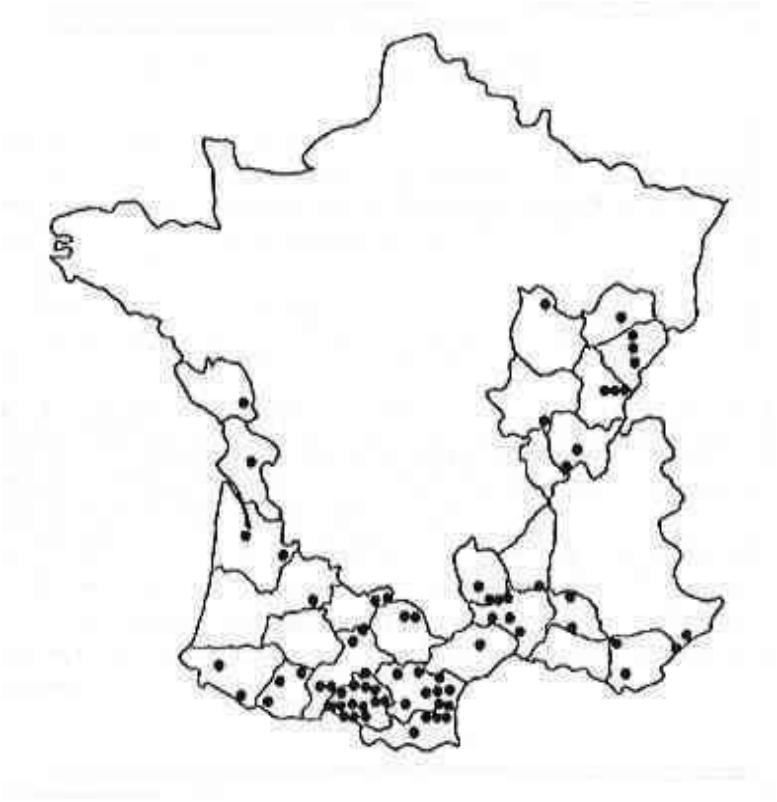


FIGURE 47 CARTE DE REPARTITION DES GENRES MOITESSERIA ET NEOHORATIA EN FRANCE (BERTRAND, ET AL., 2002)

Historique de la connaissance. La protection d'une trentaine d'espèces en France par l'arrêté d'octobre 1992 est le résultat de leur statut d'endémique (23 espèces sur ces 30 espèces sont endémiques du territoire français) et de la forte probabilité de leur grande sensibilité aux perturbations qui peuvent affecter leurs habitats, en particulier pour les espèces souterraines (Bertrand, et al., 2002).

Fiches espèces. La partie ci-dessous est extraite du premier projet, et ne concerne que les espèces des cavités du premier projet (2002).

Trois espèces ont été recensées, dont deux aquatiques souterraines sont présentes dans les sites étudiés. Il convient d'y ajouter plusieurs formes de Bythinella au statut taxonomique encore incertain. Ces espèces ou taxons sont présentés ci-dessous.

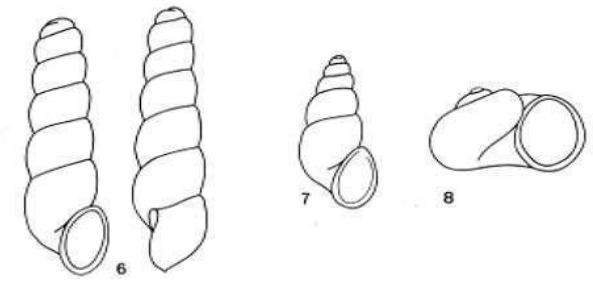
Les espèces aquatiques souterraines : *Moitessieria simoniana* (De Charpentier 1848) et *Islamia moquiniana (Dupuy, 1851).* Plus de détails sont présents en annexe 9.b. « fiches espèces ».

Les espèces du crénon : *Bythinella* sp.

Genre complexe comprenant de nombreux taxons nominaux qui sont en cours de révision par Bernasconi. Une « espèce », *B. reyniesii* (Dupuy 1851) est présente en Ariège et est protégée par l'arrêté d'octobre 1992.

D'autres espèces aquatiques sont mentionnées dans le rapport premier rapport de projet RNNSA (Bertrand, et al., 2002), mais ne sont pas décrites :

Potamopyrgus antipodarum (Gray 1840) : espèce ubiquiste originaire de Nouvelle Zélande et qui a en un siècle colonisé une part importante du réseau hydrographique ouest européen.



6 = MOITESSIERA LINEOLATA. 7= BYTHIOSPEUM CF DIAPHANUM. 8= HAUFFENIA MINUTA GLOBULINA

FIGURE 48 ILLUSTRATIONS DES MOLLUSQUES PRESENTS SUR LES SITES DE LA RNNSA (PREMIER PROJET)

2. LE PATRIMOINE GEOLOGIQUE ET KARSTIQUE

Le patrimoine géologique est indissociable du patrimoine biologique. Les écosystèmes, dans leur structure (habitats naturels, sols) et leur composition (diversités spécifique et fonctionnelle), dépendent principalement de la formation géologique dans laquelle ils s'épanouissent. La présence de la faune, de la flore et leur évolution dépendent ainsi du cadre géologique (histoire géologique, pédogénèse) et de son évolution (changements climatiques, modifications anthropiques…). La prise en compte et l'étude approfondie de ces "contenants" sont donc essentielles à l'appréhension, la conservation et la protection des écosystèmes contenus, y compris les écotones.

2.1 NAISSANCE DE LA NOTION DE PATRIMOINE GEOLOGIQUE

Dès 1787, Aubin-Louis Millin de Grandmaison, grand érudit, passionné de nombreux domaines allant de l'archéologie à l'histoire naturelle, défend dans ses publications « Éléments d'Histoire naturelle » ou « Voyage dans les départements du Midi de la France » que les patrimoines culturel et naturel sont un ensemble. Au XIX^{ème} siècle, la notion de patrimoine est bien intégrée à la société. Les aspects de conversation et de transmission y sont associés ainsi que le souci, en général, de ne pas dilapider l'héritage. Historiquement, l'approche patrimoniale est liée aux réalisations des hommes, avec la protection des œuvres artistiques. En effet, la première zone protégée dans la nature l'a été pour des raisons artistiques. En 1836, la coupe des vieilles futaies et le remplacement des chênes par des résineux à la forêt de Fontainebleau est ajournée sous l'action de peintres et de naturalistes. La première réserve y est créée par décret de Napoléon III en 1861. La volonté de protéger restera donc longtemps motivée par des soucis esthétiques (De Wever & al., 2014).

La première loi sur les sites et monuments naturels à caractère artistique du 21 avril 1906 confirme ce constat. Elle institue une commission par département pour lister des propriétés foncières dont la conservation peut avoir au point de vue artistique ou pittoresque un intérêt général. On se situe bien dans une approche sensible.

En 1913, Edouard-Albert Martel définit un parc national comme *"une réserve territoriale, à limite précises, dans l'intérieur desquelles une disposition légale appropriée conserve et protège - contre toute destruction, détérioration ou défiguration du fait de l'homme, les composantes naturelles, faune, flore, sites pittoresques et particularités géologiques ou hydrologiques. Un parc doit répondre aux objectifs suivants :*

- *conserver, au point de vue scientifique, la faune, la flore, la typographie, l'hydrographie, la géologie ;*
- *maintenir, pour les artistes, l'aspect des paysages dans un état naturel absolument inviolé ;*
- *assurer des commodités d'accès et de séjour, tout en empêchant que les exigences purement touristiques, quant au confortable, aux distractions et aux sports, n'aboutissent à des modifications fâcheuses."*

L'aspect scientifique est clairement exposé. Des propositions de lois sont discutées en 1914 mais la guerre interrompt la démarche. La loi du 31 décembre 1913 a permis le classement de grottes au titre des monuments historiques ou leur inscription à l'inventaire du même nom. La loi du 2 mai 1930 (une ancienne loi de 1906 avait trait à la protection des monuments naturels et des sites) permet la protection des sites "dont la conservation ou la préservation présente, aux points de vue historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, un intérêt général." Les

éléments contenus dans ces sites souterrains, les lois du 27 septembre 1941 et l'ordonnance du 13 septembre 1945 ont trait à l'archéologie, interdisant les fouilles sauvages et obligeant à déclarer les découvertes fortuites.

Le patrimoine naturel est pris en compte dans la loi de 1960 sur les parcs nationaux puisque l'article 1 précise que : "*Le territoire de tout ou partie d'une ou plusieurs communes peut être classé en parc national lorsque la conservation de la faune, de la flore, du sol, du sous-sol, de l'atmosphère, des eaux, et, en général d'un milieu naturel présente un intérêt spécial et qu'il importe de préserver ce milieu contre tout effet de dégradation…*" (De Wever & al.., 2014). En France, pendant des décennies, la priorité a clairement été mise sur le patrimoine biologique. L'idée de patrimoine naturel n'émerge réellement en France qu'avec la loi de 1976 qui établit officiellement le concept de réserve naturelle. Cette loi, relative à la protection de la nature, concerne *"la préservation de biotopes et formations géologiques, géomorphologiques et spéléologiques remarquables"* ainsi que *"la préservation de sites présentant un intérêt particulier pour l'étude de l'évolution de la vie et des premières activités humaines"*. La même loi stipule : *"Il est du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde du patrimoine naturel dans lequel il vit. Les activités publiques d'aménagement, d'équipement et de production doivent se conformer aux mêmes exigences"*. Enfin, la faune des milieux karstiques est concernée par la loi de 1976 puis un arrêté du 24 avril 1979. Un nouvel arrêté du 23 avril 2007 s'applique spécifiquement à la protection des chauves-souris et de leurs habitats. La directive européenne "habitats" est venue compléter ces dispositifs en 1992, point de départ du réseau de sites Natura 2000. Depuis la loi du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité, le patrimoine géologique est officiellement reconnu comme partie intégrante du patrimoine naturel. Il est inventorié dans le cadre de l'inventaire national du patrimoine géologique, à l'échelle des régions, sous la responsabilité des DREAL, selon une méthodologie standardisée (De Wever & al.., 2014).

Qu'est-ce que le patrimoine géologique ? En premier lieu, nous pouvons entendre l'utilisation du terme "géologique" dans son acception la plus large possible, incluant sédimentologie, paléontologie, minéralogie, tectonique, géomorphologie, paysages, etc. La géologie doit être considérée comme étant en relation avec les autres objets de la nature, de la culture et de l'histoire avec lesquelles elle est en interaction permanente. L'histoire de l'humanité, des animaux et des plantes est parfaitement liée à l'histoire de la Terre. Les paysages, les pratiques agricoles et commerciales, ainsi que les industries anciennes sont dépendants de la nature du sol et du sous-sol.

Dans ce cadre, le géopatrimoine relève de faits géologiques qui ont des importances globales, nationales ou locales, et de sites géologiques qui représentent des phénomènes (volcanisme, métamorphisme, altération, sédimentation) ou témoignent de l'histoire de la Terre (paléontologie, tectonique globale, climat, niveau marin…). Le géopatrimoine concerne des objets de toute taille qui sont importants par le regard que l'on porte sur eux, c'est à dire culturellement. Il offre des informations ou permet la compréhension des éléments relatifs à la formation ou à l'évolution de la Terre, à l'histoire des sciences et peut être utilisé pour la recherche, ou comme référence, ou encore comme objectifs pédagogiques. Le géopatrimoine concerne tant les objets sortis de leur site que les sites eux-mêmes qui sont en relation avec les sciences de la Terre et d'un intérêt remarquable pour la mémoire de la Terre. Outre les riches sites géologiques, les muséums et universités abritent plusieurs millions d'objets associés à leur documentation sont aussi du patrimoine géologique. Un géopatrimoine est un site, un paysage, un objet qui associent plusieurs critères : pédagogique, paléontologique, archéologique, art, documentation… (De Wever & al., 2014).

Un géosite est compris comme un endroit géologiquement exceptionnel, géographiquement limité et contenant un ou plusieurs éléments géologiques. Ces éléments présentent une valeur spécifique d'intérêt scientifique, pédagogique, culturel ou touristique. Le géopatrimoine est essentiellement une partie du patrimoine mondial, dans la mesure où il représente le seul enregistrement de l'ensemble de l'évolution de notre planète. Le terme patrimoine

géologique est défini avec la notion d'objet géologique remarquable ce qui ressort de son intérêt scientifique, éducatif, de sa rareté, son exemplarité, sa représentativité, sa valeur historique, son état de conservation exceptionnel, sa qualité esthétique.

Le concept de géodiversité est apparu comme un outil dans le cadre de la gestion des aires protégées, souvent en opposition au terme de biodiversité. Le terme a été inventé dans les années 1940 par le géographe argentin, Federico Alberto Daus (Lalanne, A. & al., 2021). Selon Daus, la géodiversité correspond à la mosaïque des paysages et des diversités culturelles de l'espace géographique et aux complexités territoriales à différentes échelles des habitats humains. Le concept actuel de géodiversité est l'équivalent abiotique de celui de biodiversité. Sharples en 1993, suite à ces travaux sur des problématiques de conservation de sites géologiques et géomorphologiques de Tasmanie, en formalise le concept qui correspond à « la diversité des caractéristiques et des systèmes terrestres » (Sharples, 1993). Comme pour la biodiversité, l'émergence du concept de géodiversité semble indissociable de l'histoire de la conservation de la nature. C'est d'ailleurs toujours le même auteur qui distingue les termes de géodiversité, de géoconservation et de géopatrimoine :

1) La géodiversité est la qualité de ce que l'on essaye de conserver ;
2) La géoconservation est le moyen d'y parvenir ;
3) Le géopatrimoine comprend des exemples concrets de sites géologiques et géomorphologiques ayant une valeur patrimoniale et méritant à ce titre d'être conservés.

Les composantes de la géodiversité sont :

- la diversité géologique : elle intègre la diversité pétrographique, minéralogique et paléontologique
- la diversité géomorphologique : elle inclut la diversité des formes de relief, ainsi que la diversité des processus et systèmes morphogénétiques
- la diversité hydrologique : elle englobe la diversité des eaux de surface et des eaux souterraines
- la diversité pédologique : elle définit la diversité des sols et paléosols, ainsi que la diversité des processus pédologiques dans le temps et l'espace.

En 2013, Gray actualise la définition de la géodiversité qu'il définit comme "*l'éventail naturel des caractéristiques géologiques (riches, minéraux, fossiles) géomorphologiques (relief, topographie, processus physiques), pédologiques et hydrologiques. Il comprend leurs assemblages, leurs structures et leurs contributions aux paysages*" (Gray, 2013).

Les cartes géologiques de Pouech ou les prémices de la carte géologique.

La géodiversité d'une zone peut être vue pour une première approche, par sa carte géologique. Tout commence en 1746, lorsque Jean-Étienne Guettard, médecin, botaniste et minéralogiste, assistant de Réaumur et ami de Lavoisier, publie un ouvrage intitulé Mémoire et carte minéralogique sur la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre. Lors de la présentation de son mémoire devant l'Académie royale des sciences, le 19 février 1746, Guettard précise sa pensée : "Je me suis proposé de faire voir par cette carte qu'il y a une certaine régularité dans la distribution qui a été faite des pierres, des métaux et de la plupart des autres fossiles." De fait, sur sa carte, en plus des indications ponctuelles déjà citées, il figure trois "bandes" plus ou moins concentriques, correspondant à des terrains "sablonneux, marneux ou schisteux" qui joignent une grande partie du bassin de Paris aux régions du Kent, du Middlesex et du Norfolk en Angleterre, par-delà la Manche et le Pas-de-Calais. Ainsi se trouve réalisée, certes d'une façon encore bien maladroite et rudimentaire, une première

tentative de cartographie géologique. Les premiers progrès significatifs apparaissent dans la première moitié du XIXe siècle. En 1816, Jean-Baptiste Julien d'Omalius d'Halloy propose l'Esquisse d'une carte géologique du bassin de Paris et de quelques contrées voisines à l'échelle 1/800 000 (1 cm pour 8 km). En 1841, deux jeunes ingénieurs des Mines, Armand Dufrenoy et Léonce Elie de Beaumont établissent la Carte géologique de la France à l'échelle 1/500 000, le résultat de dix ans de travail au cours desquels ils auront parcouru 80 000 km à pied (De Wever & al., 2014).

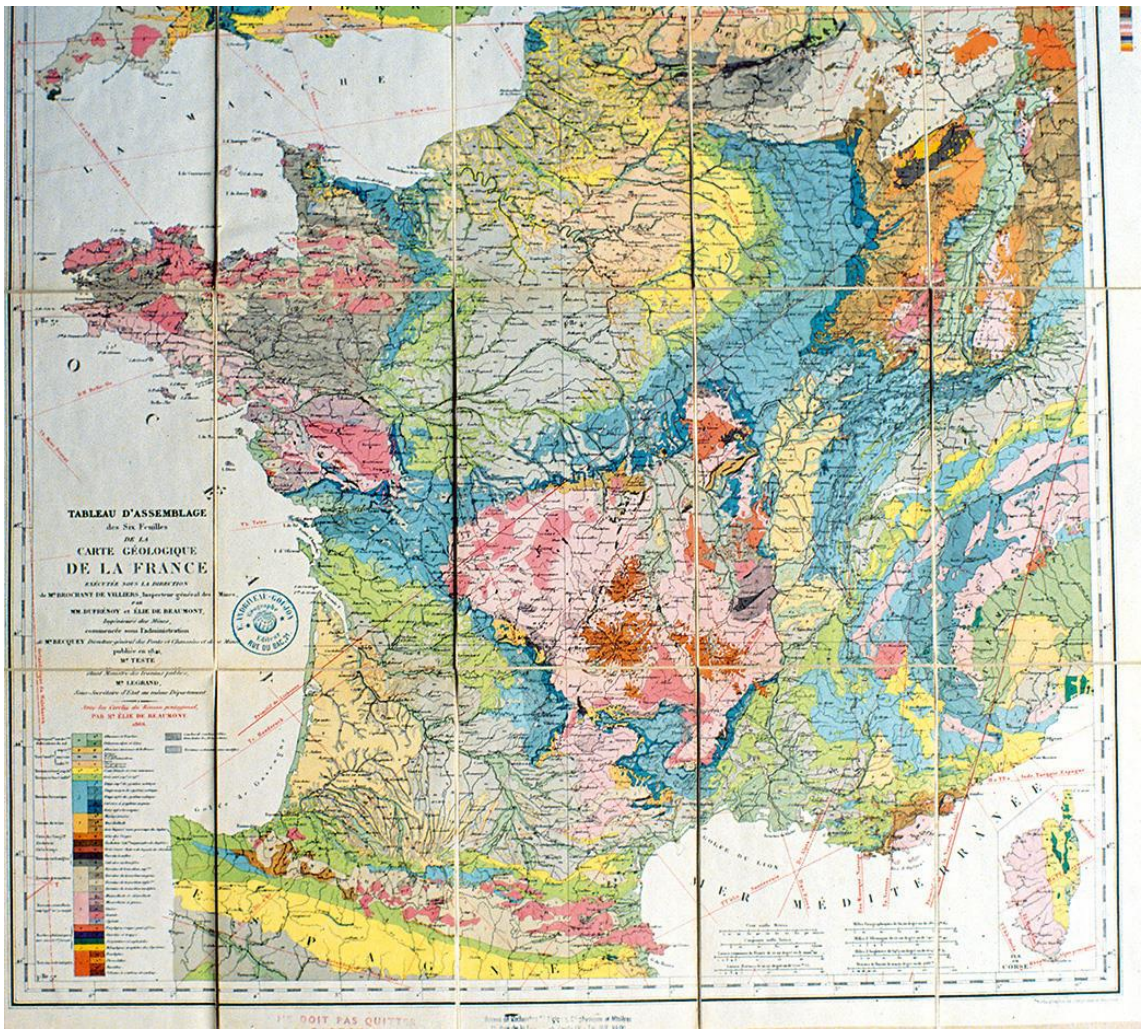


FIGURE 49 CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE À L'ÉCHELLE 1/50 0000, ARMAND DUFRENOY ET LÉONCE ELIE DE BEAUMONT, 1841

Pourquoi ces couleurs ?

Les cartes géologiques utilisent généralement un code couleur dont la signification est internationalement admise. L'Europe Occidentale est le berceau de la stratigraphie et des cartes géologiques. L'homogénéisation des couleurs a commencé à être établie entre 1830 et 1860, avec la publication de nouvelles séries de cartes. Comme on peut l'imaginer, l'acceptation de ces couleurs a été longtemps et intensément discutée. Quelques pays montraient une préférence marquée pour une association à partir de trois couleurs principales : rouge, bleu et jaune. D'autres favorisaient des teintes de couleur à partir de l'arc-en-ciel. In fine, on peut noter que la force de l'usage semble avoir été la plus efficace. En 1881, les géologues européens aboutissent à la publication au deuxième congrès géologique international d'une charte de couleurs pour la première carte géologique d'Europe (De Wever & al., 2014).

Jean Jacques Pouech : ecclésiastique, géologue, paléontologue et archéologue ariégeois

Chanoine titulaire thomiste de la cathédrale Saint-Antonin de Pamiers, il est professeur de théologie. Très tôt, il s'est passionné pour la géologie et la Préhistoire. Il étudie spécialement les terrains tertiaires de l'Ariège, les poudingues de Palassou, auxquels il attribue une origine lacustre ou marine et non glaciaire. En paléontologie, il se signale par la découverte d'ossements fossiles dans des strates géologiques identifiées/repérées : l'éléphant à Pamiers, l'hippopotame à Caoué, près du Mas-d'Azil et l'Ichtyosaure (reptile marin du Mésozoïque) à Bédeille. En 1859, il est le premier à découvrir des œufs de dinosaures, ce qui lui vaut à l'époque une large notoriété. Sont également remarquées ses études sur le massif du Plantaurel, sur la grotte d'Enlène, les grottes du Ker de Massat, la grotte du Roc Saint Martin, la grotte du Couly à Campagne-sur-Arize, où il décrit des empilements de couches géologiques et note les fossiles qui permettront éventuellement ensuite de les dater. Il laisse de très nombreuses notes et observations de grande qualité, avec une démarche de recherche très moderne, notamment par le biais de son approche de levés topographiques très précis dès 1849. Pour la grotte du Mas d'Azil, il faudra attendre 1983 pour obtenir une topographie plus fiable. Il n'a fait aucune publication, ce que déplore d'ailleurs F. Garrigou et a été relativement « oublié » par ses successeurs. Toutefois, son manque de « célébrité » a eu une conséquence heureuse, avec l'exceptionnelle conservation de son fond d'archive au séminaire de Pamiers, maintenant déposé au département de l'Ariège.

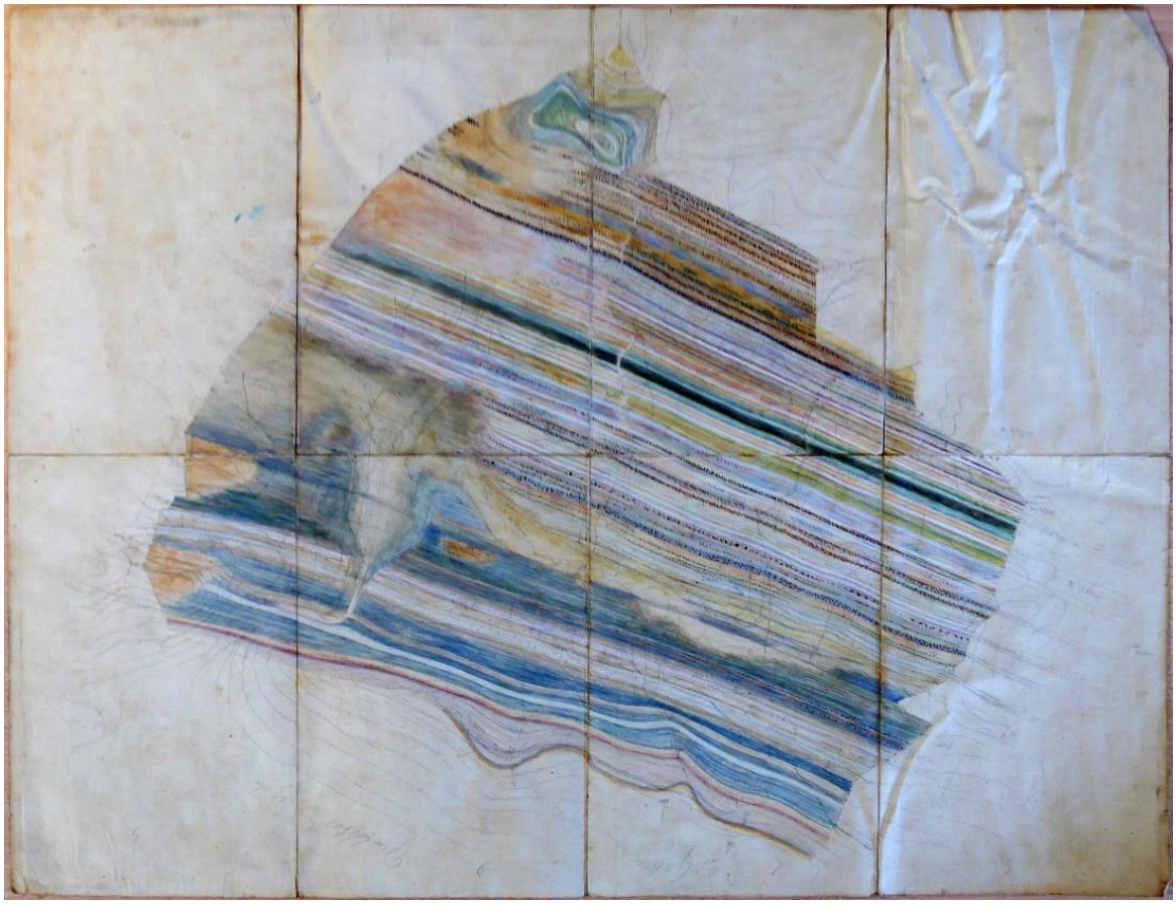


FIGURE 50 CARTE GÉOLOGIQUE DE LA COMMUNE DE SABARAT RÉALISÉ PAR JEAN-JACQUES POUECH (71 J 110)

2.2 LE PATRIMOINE SCIENTIFIQUE : CONTRIBUTION DE L'ARIEGE A L'HISTOIRE DE LA KARSTOLOGIE

La karstologie, étude géographique du karst, peut être considérée comme la discipline-pivot des études karstiques. Dans un cadre géologique, elle fait la synthèse des résultats de disciplines spécialisées, telles que l'hydrologie et la sédimentologie, en analysant l'évolution géologique d'un karst donné ; ceci, sans négliger les aspects humains qui lui sont propres : karsts refuges, problèmes économiques et touristiques. Son étude associe géodynamiciens, géologues (structuralistes, hydrogéologues...), géomorphologues, géoarchéologues, écologues, climatologues, etc., relevant d'institutions différentes. En outre, il faut tenir compte de la nature de l'objet étudié, mêlant l'exploration, le plus souvent souterraine, à une ou plusieurs recherches spécialisées. À la limite, il y aurait autant de karstologies que de spécialisations. Dans le cas présent, nous ne considérons que la karstologie des géomorphologues dont le but est de reconstituer l'histoire géologique ancienne et récente des karsts.

La karstologie n'a émergé que très progressivement. Par la recherche des restes fossiles conservés de façon privilégiée dans les cavités naturelles, la paléontologie l'a promue dans ses débuts (fin du XVIIIe siècle et première moitié du XIXe siècle) tout en la tenant longtemps en tutelle. Puis ce furent la géologie, la géomorphologie, l'hydrogéologie, la biologie et la Préhistoire qui l'ont masquée, avant qu'on ne lui reconnaisse la qualité de discipline à part entière, s'appuyant au contraire sur les sciences précédemment citées. En France, trois créations symbolisent l'acquisition progressive de cette indépendance :

1. en 1895, la Société de spéléologie par E.-A. Martel, aujourd'hui Fédération française de spéléologie (FFS) ;
2. en 1960, la Commission des phénomènes karstiques (dépendante du Comité national français de géographie), animée à ses débuts par G. Chabot et dont les actions furent reprises par
3. l'Association Française de Karstologie créée en 1978 par J. Nicod (Vanara, 2011).

XIXe siècle et début du XXe siècle : l'émergence. Jusqu'à la fin du XIXe siècle, karsts et grottes ne constituaient pas le but des recherches. Les régions calcaires étaient jugées pittoresques ou affreuses et les cavernes seulement intéressantes pour leurs remplissages solides ou liquides. La science des cavernes et du karst débute avec les travaux du français E.-A. Martel et du serbe J. Cvijic.

Le premier, « L'homme qui voyageait pour les gouffres », est généralement considéré comme le père de la spéléologie moderne depuis le 27 juin 1888 où il réalisa avec son équipe la traversée de l'abîme de Bramabiau dans le Gard depuis la perte du Bonheur jusqu'à sa résurgence. Son volume « Les abîmes » et ses nombreuses publications ultérieures ont contribué à l'adoption du néologisme spelaeologie (mot inventé par le préhistorien É. Rivière), qui, une fois simplifié, donnera spéléologie.

Le second, par ses travaux géographiques et notamment son « Das Karstphänomen », fait du mot « karst » le terme de référence global pour tout ce qui a trait aux phénomènes et aux paysages karstiques. Sa synthèse « Hydrologie souterraine et évolution morphologique du karst » décline en français une terminologie (terrains karstiques, formes karstiques, érosion karstique, eau karstique, karstification, etc.), qui deviendra d'usage courant en France après sa diffusion par deux géographes. D'une part, par E. de Martonne, maître de la géographie française, qui contribua à la faire connaître par de longues citations dans son « Traité de géographie physique ». D'autre part, par G. Chabot, considéré par P. Renault (Renault, 1992) « comme le premier vrai karstologue français ».

En 1925, dans son article « Récents progrès de l'étude des phénomènes karstiques », il propose une typologie des karsts mondiaux en trois grandes classes (karsts méditerranéens, karsts des climats tempérés et karsts tropicaux), qui permet de libérer définitivement la terminologie karstique de son modèle éponyme en lui attribuant une acceptation large (Chabot, 1925).

Pour C. Gauchon (1999), "*l'adoption du terme karst, l'élargissement progressif de ses acceptations et la déclinaison de toute une série de dérivés ont permis et accompagné les progrès enregistrés quant à la connaissance des milieux karstiques (…) ; une étude approfondie des contenus conceptuels recouverts par le mot "*karst*" porterait en germe toute l'histoire de la discipline (la karstologie) et de ses paradigmes successifs*" (Vanara, 2011).

L'entre-deux guerres jusqu'aux années 1950 : spéléologie scientifique et géomorphologie de surface des régions karstiques. Deux élèves d'E.-A. Martel se distinguent :

- Robert de Joly (1887-1968) initia en spéléologie l'utilisation d'un matériel plus fiable et plus efficace qui lui permit de progresser dans des cavités difficiles (aven d'Orgnac, 1935). En 1930, il impulse la fondation à Montpellier du spéléo-club de France bientôt transformé en Société spéléologique de France (Gèze, 1985).
- Norbert Casteret (1897-1987) fut à l'origine d'importantes découvertes spéléologiques (sources de la Garonne, 1931, la Henne Morte, 1947 et la Pierre Saint-Martin, 1952-53).

En géomorphologie, les thèses de l'époque – focalisées sur des régions spécifiques – sont marquées par la théorie des cycles d'érosion, suivant les conceptions de W.M. Davis (1930), relayées en France par les écrits E. de Martonne (1940) et H. Baulig (1950) : A. Cholley (1925) sur les Préalpes de Savoie, J. Blache (1931) sur la Grande Chartreuse et le Vercors, P. Marres (1935) sur les grands Causses, P. George (1935) sur le Bas-Rhône, P. Birot (1937) dans les Pyrénées orientales, R. Clozier (1940) sur les causses du Quercy, L. Goron (1941) sur les Pré-Pyrénées et P. Fénelon (1949) sur le Périgord. Les géographes français bénéficient peu des acquis de la spéléologie, d'où des interprétations schématiques où domine la notion de pénéplaine (Vanara, 2011).

Dès 1926, le Dr. René Jeannel apprécié mondialement comme biospéléologue, fut l'un des premiers à étudier méthodiquement le climat des cavernes dans toute l'Europe (Faune cavernicole de la France) et une grande partie de l'Afrique (Les fossiles vivants des cavernes"). En 1948, il mit sur pied le "Comité national de Spéléologie" qui devint pour quinze ans sous sa présidence, puis celle de Bernard Gèze, le véritable organisme animateur et directeur de tous les groupes français. René Jeannel obtint à la même date la création par le CNRS d'un "Laboratoire souterrain" comprenant des aménagements dans la grotte de Moulis (Ariège) et d'importants bâtiments extérieurs ; ce furent évidemment les travaux sur la faune des cavernes qui eurent priorité, mais il y eut aussi quelques postes de chercheurs et techniciens non biologistes qui permirent le début des études physiques, chimiques, minéralogiques et hydrologiques qui se poursuivent encore aujourd'hui avec succès (Gèze, 1985).

Nous pouvons rappeler également qu'en 1945, sur la demande du professeur Jean Goguel, Bernard Gèze organise au BRGG (devenu plus tard BRGM) un Service de Spéléologie destiné à répertorier toutes les cavités naturelles, pertes et résurgences de notre pays. Environ 7 000 fiches et deux gros inventaires départementaux furent réalisés dans ce Service auquel se dévouèrent en particulier nos confrères J. Rouire, puis H. Paloc, avant sa suppression pour raison financière en 1968 (Gèze, 1985).

1950-1975 : la spéléologie des records et la géomorphologie climatique des régions karstiques. À partir des années 1950, l'acharnement à s'enfoncer au plus profond de la terre pour continuer à résorber la part d'inconnu est l'expression de la motivation profonde des spéléologues. La cote mythique des -1 000 m est dépassée en 1956 au gouffre Berger (Vercors), en 1966 à la Pierre Saint-Martin (Pyrénées occidentales) et en 1975 au gouffre Jean-Bernard (Haut-Giffre, Savoie). La conséquence de ces « exploits » est le renforcement de la dualité entre les spéléologues – qui décrivent de plus en plus les cavités sans se soucier de ce qui se trouve au-dessus d'elles – et les géomorphologues, qui ne prennent pas assez en compte le sous-sol dans leur raisonnement. La communauté des géographes soucieux des terrains carbonatés, réunie au sein de la Commission des phénomènes karstiques, bénéficie de nouveaux instruments de travail (photos aériennes, sédimentologie).

Le renouvellement des générations d'après-guerre correspond à l'émergence d'un nouveau paradigme : l'importance des actions climatiques et orogéniques sur l'évolution des paysages. Les publications de J. Tricart et A. Cailleux insistent sur l'importance des facteurs climatiques. J. Demangeot, élève de P. Birot, met en relation les phases orogéniques avec les épisodes de karstification sur son terrain de thèse situé dans les Abbruzes orientales (Demangeot, 1965). L'œuvre de J. Corbel (1957), sur les karsts du nord-ouest de l'Europe, est originale car ce scientifique est aussi spéléologue ; ses études relient la genèse des formes de surface et des réseaux souterrains. Il met aussi au point la mesure de la vitesse d'ablation karstique par les mesures hydrochimiques.

La quantification par les mesures est en effet une des préoccupations de l'époque, ce qui favorise la création de laboratoires : en 1948, création du laboratoire souterrain de Moulis (hydrogéologie karstique) (Mangin, 1974 ; Bakalowicz, 1979) ; en 1970, création de l'Équipe de recherche associée du CNRS (ERA 282) d'Aix-en-Provence dont la direction est assurée par J. Nicod, auteur d'une thèse sur la Basse-Provence calcaire (Nicod, 1967) et d'une synthèse (Nicod, 1972) sur les « Pays et paysages du calcaire ». Cette dernière propose la première étude systématique des grands karsts mondiaux. Enfin, P. Renault avec sa thèse (Renault, 1967-1968), son ouvrage « La formation des cavernes » (Renault, 1970) dans lequel il aborde des notions de galeries syngénétique et paragénétique, et grâce aux liens étroits qu'il a maintenus avec la spéléologie, annonce la période suivante (Vanara, 2011).

Au Laboratoire souterrain de Moulis, on voit paraître les thèses de C. Andrieux, pionnier de la climatologie dans les grottes (1970), d'A. Mangin sur l'hydrodynamique des aquifères karstiques (1975) et de M. Bakalowicz sur la géochimie des eaux karstiques (1979). L'équipe constituée par ces trois chercheurs et par le biologiste R. Rouch s'est, en outre, consacrée à l'aménagement du "bassin expérimental" du Baget, grâce auquel pour la première fois en France (et probablement dans le monde) on peut enregistrer tout ce qui entre dans un réseau karstique et tout ce qui en sort, aussi bien du point de vue biologique que physique (Gèze, 1985). Le site du Baget devint très vite un dispositif de référence au même titre que les quelques bassins versants dits « représentatifs » sur lesquels s'appuyaient les hydrogéologues français. D'autres sites ariégeois vinrent compléter le dispositif d'étude hydrogéologique, dont la source intermittente de Fontestorbes et la rivière souterraine d'Aliou. Dans sa thèse d'Etat « Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques » (1975), Alain Mangin développe une approche systémique du karst et la notion d'épikarst. Beaucoup de ses concepts sont encore enseignés aujourd'hui dans les universités françaises et étrangères et la création récente du Service national d'observation

du karst[24] est dans le droit fil des recherches initiées par Alain Mangin (Sorriaux, 2018). Les méthodes d'évaluation des volumes des vides karstiques, des réserves d'eau profonde, ainsi que des phénomènes de dissolution y ont gagné une précision très remarquable. Plusieurs thèses de 3ème cycle ont exploité des données recueillies et des stagiaires du monde entier, y compris des Américains et des Chinois, sont déjà venus y achever leur formation théorique et pratique (Gèze, 1985).

Durant toute sa carrière à Moulis, Alain Mangin a eu l'occasion de participer à de nombreux projets dans le domaine de la protection des cavités : dans la grotte de Niaux le réseau Clastres après sa découverte en 1970 et le Salon noir, la grotte d'Esparros, la réserve naturelle du TM 71 depuis sa création en 1987, la grotte de la Cigalère. Pour la Cigalère, Daniel Roucheux se souvient qu'il acta en 1969 la création de l'ARSHa.L (Association de recherche souterraine du Haut Lez), dont il approuvait les objectifs. Une longue collaboration s'ensuivit qui devait aboutir après dix années de persévérance au classement par le ministère de l'Environnement de la cavité comme site remarquable du département de l'Ariège (Sorriaux, 2018).

1975-2000 : naissance de la spéléo-karstologie d'exploration. Spéléologie et karstologie connaissent à partir de 1975 de profonds bouleversements : d'un côté, la diffusion des techniques alpines et de plongée permet la multiplication des découvertes souterraines dans toutes les zones de la planète ; de l'autre, le recours aux mesures de laboratoires spécialisés (notamment pour les datations) devient de plus en plus courant.

Pour cette nouvelle génération marquée par les thèses de 3e cycle de R. Maire (1976), Y. Callot (1978), J.-J. Delannoy (1981), J. Rodet (1981) et T. Marchand (1985), les chercheurs sont aussi des spéléologues confirmés et des explorateurs. Les recherches s'étendent aux zones difficilement accessibles et aux réseaux longs et profonds dont les dépôts sont calés chronologiquement par datations isotopiques (Maire, 1990).

Les concepts de « piège karstique » et de « milieu enregistreur » apparaissent dans de nombreuses publications, citons l'exemple de la coupe souterraine de la galerie Aranzadi à la Pierre Saint-Martin (Pyrénées-Atlantiques ; Quinif et Maire, 1998). Les études s'intéressent aussi aux karsts sous couverture (Gamez, 1992) et karsts de la craie (Rodet, 1992). La dernière thèse d'État en karstologie est soutenue en 1997 par J.-J. Delannoy : le karst est conçu comme un géosystème combinant des formes actives et héritées et intégrant, au cours de son histoire, les conditions structurale, tectonique, climatique, hydrologique et biologique (Delannoy, 1997). Les Journées scientifiques de l'AFK (fig. 2B ; Bigot, 2010), les articles publiés dans la revue Karstologia et les thèses « nouveau régime » qui terminent la décennie 1990 (Audra, 1993 ; Vanara, 1998 ; Hobléa, 1999 ; Jaillet, 2000) tiennent compte de cette approche qui conduit à un renforcement des collaborations interdisciplinaires (Vanara, 2011).

Au Laboratoire souterrain de Moulis, Michel Bakalowicz réalise sa thèse sur les apports de la géochimie et des isotopes dans la compréhension de la genèse et du fonctionnement des aquifères karstiques sous la direction de Bernard Gèze de 1972 à 1979. Il travaille notamment sur les paléoenvironnements souterrains au moyen des isotopes et de la radiochronologie U-TH. Il contribue dans de nombreuses études appliquées pour le BRGM et développe comme conseiller scientifique les recherches en hydrogéologie karstique.

[24] Voir sur le site internet : http://www.sokarst.org

Patrick Sorriaux soutient sa thèse de troisième cycle à Moulis en 1982 « Contribution à l'étude de la sédimentation en milieu karstique : Le système de Niaux–Lombrives–Sabart (Pyrénées ariégeoises) » sous la direction d'Alain Mangin et Bernard Gèze au jury ! Il effectue les premières datations U-TH dans les Pyrénées dans la grotte de Niaux dès 1981 avant celle de la galerie Aranzadi à la Pierre Saint Martin. Ces analyses avaient pour objectifs l'étude des remplissages et des paléoclimats. Cette étude confirmait indirectement l'existence de grande glaciation Pyrénéenne anté würmienne revu (Sorriaux, 1982). Depuis, le modèle du glacier de l'Ariège a été revu (Taillefer 1982, Delmas 2009 et 2012).

XXIe siècle, une histoire de la karstologie qui reste à écrire. Dresser un portrait de la karstologie à l'aube de ce XXIe siècle est compliqué par la multiplication des travaux et le manque de recul. Il est cependant possible de donner la liste des thèmes novateurs qui préfigurent ce que sera la karstologie de demain :

- La discipline est vouée à la transdisciplinarité comme le prouvent les travaux dans le domaine de la géoarchéologie et des géomorphosites.
- Les récentes techniques d'analyse des dépôts et les récentes techniques de datation (isotopes cosmogéniques) contribuent à l'émergence de thématiques nouvelles. L'intérêt des dépôts endokarstiques pour l'étude des paléoclimats et des paléoenvironnements est confirmé par les analyses géochimiques, analyses qui permettent aussi aux auteurs d'insister sur l'importance de toujours replacer l'échantillon dans son contexte ("effet de site"). Un point abordé est fondamental : la meilleure compréhension des datations U/Th « justes chimiquement parlant » mais « aberrantes » si on tient justement compte du contexte géomorphologique : "L'ouverture du système géochimique pendant la diagenèse peut (…) modifier l'âge des spéléothèmes étudiés". Cette piste de recherche est déterminante et concerne toutes les sciences ayant régulièrement recours aux datations U/Th (géologie, géomorphologie, archéologie, climatologie).
- Les autres thèmes novateurs viennent des nouveaux regards portés sur la spéléogenèse. Jusqu'à présent, dans les traités, on envisageait un unique modèle. Un conduit karstique se forme dans sa phase initiale par dissolution progressive des parois d'un joint ou d'une fracture permettant le passage de l'eau par enlèvement total de matière. Au début du processus, les fissures possèdent à peu près la même ouverture mais progressivement il se fait une sélection naturelle des fissures les plus larges, l'eau circulant préférentiellement dans les fentes les plus ouvertes. L'érosion va donc se concentrer dans les conduits les plus importants au détriment des plus étroits. La direction générale des écoulements dépend du pendage des couches géologiques imperméables de l'aquifère, du gradient hydraulique et de l'allure de la surface topographique. Les réseaux se structurent par captures successives sous l'effet du gradient hydraulique en relation avec une surrection et l'abaissement du niveau de base corrélatif. Conséquence logique, les réseaux situés les plus hauts sont les plus anciens. Cependant, cette ancienneté ne pouvait pas jusqu'à maintenant être datée en raison des plages d'application des méthodes de datation (par exemple inférieure à 350 ka pour l'U/Th) (Vanara, 2011).

2.3 PROCESSUS DE FORMATION ET D'ALTERATION DES PAROIS DANS UNE GROTTE

La spéléogenèse hypogène a fait son apparition dans les années 1990 à 2000. Depuis, de plus en plus de cavités sont décrites et classées comme hypogènes (Klimchouk, 2007 ; 2009). Actuellement, la définition d'un karst hypogène peut se définir comme « la formation de structures de perméabilité agrandies par dissolution, lors de la remontée d'eau souterraine profonde, indépendante de la recharge de la surface sus-jacente ou immédiatement adjacente » (Klimchouk, 2007 ; SIGES Aquitaine, 2024).

Les grottes hypogéniques, liées à la dissolution de roches carbonatées en raison des eaux profondes ascendantes riches en CO2 et en H2S, représentent plus de 10% des réseaux karstiques dans le monde ; une proportion qui augmente à mesure que ces systèmes sont mieux connus. La vallée de l'Ariège (contreforts des Pyrénées françaises) abrite d'importants réseaux karstiques retravaillés épigénétiquement par plusieurs épisodes de pénétration des eaux de fonte glaciaire lors des glaciers quaternaires. Parmi ces systèmes karstiques, les grottes de Vapeur et d'Ermite ont été initiées par une composante hypogénique au cours du Miocène. En particulier, les isotopes multiples S, Sr, H, C et O des minéraux thermiques les eaux et les spéléothèmes calcite-sulfate confirment que les fluides hydrothermaux ont atteint les grottes, et par la suite interagit avec les phases épigénétiques glaciaires du quaternaire (Laurent & al., 2021).

"Les glaciers ne creusent pas les grottes". Par cette formule volontairement provocatrice, P. Audra (2007) remet en cause les interprétations de l'école française de géomorphologie, notamment les auteurs « alpins » qui « considéraient les glaciers quaternaires comme le principal processus d'élaboration des grandes lignes de paysages de montagne y compris ceux du karst (Chardon, 1984) (…) ; les réseaux étaient (…) attribués à l'infiltration des eaux sous-glaciaires et leur âge était considéré comme quaternaire ». Or les datations des réseaux karstiques par l'utilisation des cosmonucléides permettent de prouver l'ancienneté des grands réseaux souterrains : exemple pour les étages supérieurs du mont Granier : 4,3 et 3,4 Ma (Hobléa et al., 2011).

Si le regard porté sur les réseaux les plus élevés a simplement évolué, l'interprétation de ceux plus proches des niveaux de base a été profondément modifiée. P. Audra et A.N. Palmer mettent en lumière un nouveau type de spéléogenèse « per ascensum » apte à produire des niveaux élevés qui sont finalement plus récents que les niveaux inférieurs ! Pour les auteurs, les karsts profonds – si on exclut une origine hypogène (Audra, 2007) – peuvent être principalement attribués à des remontées du niveau de base (cf. les études mettant en relation karstification profonde et crise messinienne ; Camus, 2003 ; Mocochain, 2007). En cela, les auteurs s'opposent au Four Stade Model de D.C. Ford et R.O. Ewers (1978) (Vanara, 2011).

Dans les vallées de l'Ariège plusieurs datations cosmonucléides ont confirmé l'ancienneté des karsts. Patrick Sorriaux avait déjà au début des années 80 (Sorriaux, 1981, 1982) émis cette hypothèse confirmée avec les cosmonucléides depuis 2016 (Sorriaux 2016, Sartégou 2017, Sorriaux et al 2022).

Enfin, en ce qui concerne les prémisses de la karstification, les découvertes effectuées par Y. Quinif et son équipe à l'université de Mons (Belgique) étendent aux calcaires des observations qui avaient pu être effectuées par J. Rodet dans la craie du Bassin parisien. Quinif et Bruxelles font ainsi état d'observations complètement

inédites qui débouchent sur une théorie novatrice. Bien que répandue dans la nature, l'altération isovolume de la roche a été quasiment ignorée par la communauté scientifique.

Altération isovolumétrique ou spéléogenèse par fantomisation. Il s'agit d'une pédogenèse lente et profonde (jusqu'à plusieurs centaines de mètres) faisant intervenir des processus biochimiques puis une évacuation des carbonates lorsqu'apparaît un potentiel hydrodynamique. Les enseignements et perspectives de cette découverte sont multiples. La première thèse à avoir abordé cette question en France est celle de L. Bruxelles sur le Larzac. La plus récente est celle de G. Dandurand qui prouve le processus de fantomisation (Crétacé inférieur) dans la genèse du grand bassin de la Touvre, émergence qui alimente en eau la ville d'Angoulême : ce réservoir poreux très capacitif, aux immenses réserves, est mal karstifié. Cette « révolution » scientifique au sein de la karstologie aura aussi des conséquences en hydrogéologie des réservoirs poreux et géomorphologie générale (Vanara, 2011).

L'évolution d'une grotte ne se limite pas à la seule action de l'eau au cours de la, ou des phases de creusement. Suite à cette phase initiale qui crée le vide, toute une série de processus vont se succéder selon des échelles de temps très variables pour aboutir aux cavités telles que nous les connaissons maintenant. Parmi ces processus, la biocorrosion causée par la présence des chauves-souris est le dernier grand paradigme de la karstologie. Comme nous le verrons plus bas, il s'agit d'une nouvelle clé de lecture des formes karstiques souterraines à tel point que la biocorrosion peut être considérée comme un facteur de spéléogenèse tardive. En effet, les galeries de cavités pouvant voir leur section multipliée par deux par la seule présence de colonies de chauves-souris.

Processus d'altération des parois dans une grotte (Pallier, 2021). Les processus d'altération sont fonction de la présence d'eau dans la porosité de l'encaissant et de l'aérologie de la grotte, qui dépend elle-même de la géométrie du réseau, des conditions climatiques extérieures, de la présence de chiroptères.

Quatre processus principaux sont observés :

- la gélifraction,
- la corrosion de condensation,
- la corrosion biogénique,
- l'altération par la cristallisation de composés ioniques.

Ils se développent dans des parties particulières de la grotte et sont fonction des conditions environnementales actuelles, récentes ou passées. Ils ont été identifiés et localisés à partir de la cartographie des états des parois, de morphologies caractéristiques, des indices tels que les cristallisations et des données d'archives (Pallier, 2021). Ces processus d'altération-désagrégation peuvent être à l'origine d'une importante phase morphogénique de la grotte.

Le rôle de la gélifraction. La gélifraction est un processus de dégradation mécanique de la roche, qui intervient lorsque la porosité matricielle des calcaires et les micro-fissures sont saturées en eau et que la température dans le porche ou la galerie permet sa transformation en gel. L'expansion volumique de la glace fracture alors les calcaires, qui peuvent donner dans les faciès assez durs, des clastes de plusieurs centimètres. De cette manière, le calcaire se délite sous forme de plaquettes ou d'écailles, voire un éclatement de blocs. Ces clastes calcaires peuvent s'accumuler en pied de paroi. La gélifraction affecte les parois situées dans les portions de la cavité en forte connexion avec un environnement extérieur alternant températures positives et négatives, qui

conditionne les circulations d'air, la température et l'humidité dans la grotte. En fonction de l'aérologie de la cavité, la gélifraction peut avoir des impacts assez profondément dans la cavité se traduisant également par une intense fissuration des concrétions de calcite. Dans le cas de grottes naturellement refermées, ces stigmates peuvent donner des informations sur la localisation des anciennes entrées, par exemple à la Préhistoire.

Le rôle des processus de condensation et de corrosion. La corrosion de condensation est un processus physico-chimique lié à la circulation de l'air dans les galeries karstiques (Cailhol et al, 2024). Il est donc fortement conditionné par la taille et la géométrie de la cavité ainsi que par les variations climatiques à l'échelle du réseau ou de la galerie, voire microclimatiques dans des zones très localisées des conduits. Ainsi, selon les saisons, la circulation d'air plus chaud dans des zones où les parois sont plus froides génère des phénomènes de condensation. Du fait de la saturation en humidité, de très faibles variations de la température de l'air suffisent à enclencher ce processus (Cailhol et *al*, 2024). L'eau de condensation étant alors à pH neutre, avec des teneurs en CO2 comprises entre 0,1 et 1 %, parfois supérieures à 2, la réaction chimique de l'eau avec la paroi donne une solution sous-saturée corrosive pour le calcaire. Les carbonates sont évacués en solution et précipitent plus bas en formant des voiles de calcite ou des concrétions de condensation sur d'autres zones (Gabrovšek et al. 2010 ; D'Angelli et al. 2018, Cailhol et al.). Selon la saison, les températures et les circulations d'air changent à l'intérieur de la grotte et les zones soumises aux phénomènes de condensation et de corrosion varient.

Un exemple d'application : l'influence du biologique sur les grottes.

Les grottes, outre leurs vestiges archéologiques et paléontologiques, ont abrité et abritent encore des colonies de chauves-souris parfois très importantes. Des travaux scientifiques récents montrent que les parois des grottes intensément occupées par ces colonies ont été fortement remodelées par la mise en place d'une atmosphère riche en pH acide, que l'on peut nommer de biocorrosion (Audra, et al., 2016, Audra, et al., 2017, Audra, et al., 2019, Bruxelles, et al., 2016, Bruxelles, 2019, Cailhol, 2016, Cailhol, 2019, Cailhol, et al., 2018, Cailhol, et al., 2021, Gely, et al., 2016, Pfendler, et al., 2017). L'identification de ce processus a plusieurs conséquences majeures dans plusieurs domaines dont la compréhension de l'évolution karstique des cavités, la question de la préservation des vestiges archéologiques, notamment l'art pariétal, ou encore la compréhension des processus géochimiques et microbiologiques en jeu.

Encore très peu connu sous nos latitudes, jusqu'à ces dernières années, ce phénomène concerne les grottes du monde entier. L'étude de celle-ci peut être largement exportée, quel que soit le contexte géographique ou chronologique.

La biocorrosion apparait comme un facteur de première importance dans l'évolution des parois et ce, même à grande distance de l'entrée. La présence des chiroptères et la constitution de tas de guano modifient radicalement le milieu, en induisant des conditions thermiques, climatiques, chimiques et microbiologiques aussi dynamiques qu'agressives (voir figure 51). Cela mène non seulement à l'altération des parois, mais conduit également à une véritable modification de la morphologie de toute la section de la galerie, y compris les sols. Ces phénomènes, ou cascades de phénomènes, très rapides compte-tenu de la sensibilité des calcaires à des conditions de corrosion très agressives, peuvent aboutir au refaçonnage complet des galeries, voire à leur expansion pouvant atteindre 3 à 4 fois le volume initial du conduit.

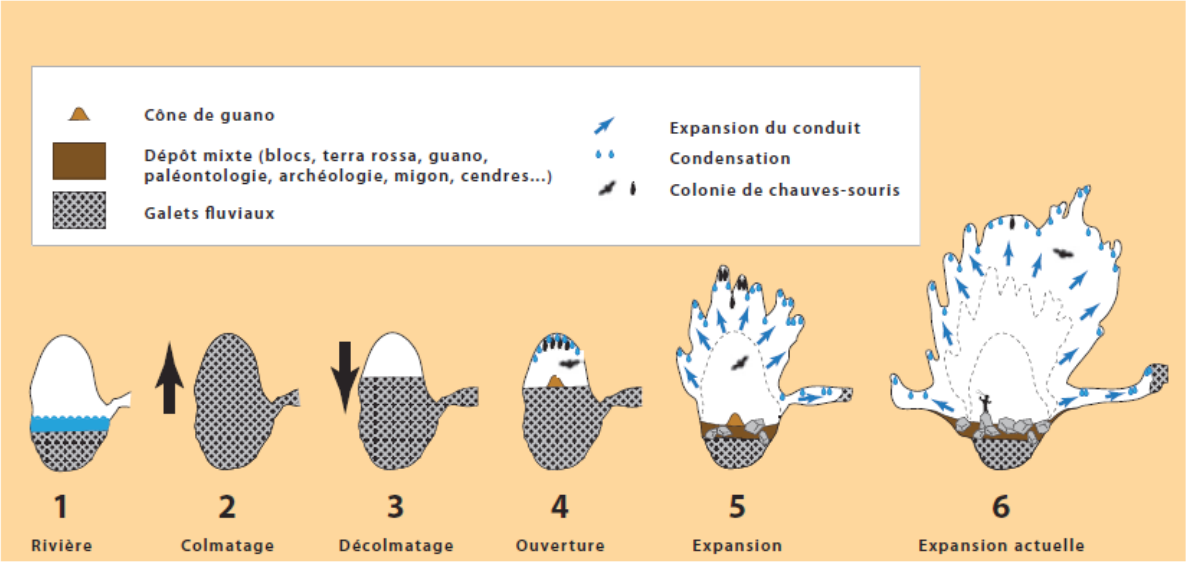


FIGURE 51 EXPANSION DES VIDES SOUS L'EFFET DE LA CONDENSATION-CORROSION EN PRESENCE DE GUANO ET DE CHAUVES-SOURIS, EXEMPLE DE LA GROTTE DU DEROC, ARDECHE. LE REMPLISSAGE DE GALETS A MEME ETE ARENISE PAR LA CONDENSATION-CORROSION, PUIS EXPORTE PAR SOUTIRAGE (AUDRA, ET AL., 2019)

D'ailleurs, il est intéressant de noter, dans certaines cavités d'Ariège, une exclusion systématique entre les secteurs où l'on détecte des indices de biocorrosion et les galeries qui sont ornées. C'est le cas de la grotte du Mas d'Azil où les œuvres pariétales ne sont plus préservées que dans des conduits latéraux alors que les populations du Magdalénien ont nécessairement parcouru les grandes galeries pour y accéder. Ces dernières sont fortement marquées par la biocorrosion alors que les petites galeries, encore ornées, présentent toujours les formes du creusement initial par les eaux souterraines. Cette préservation différentielle des formes de creusement karstiques s'accorde parfaitement avec celle des œuvres pariétales, exemptes dans les deux cas de biocorrosion.

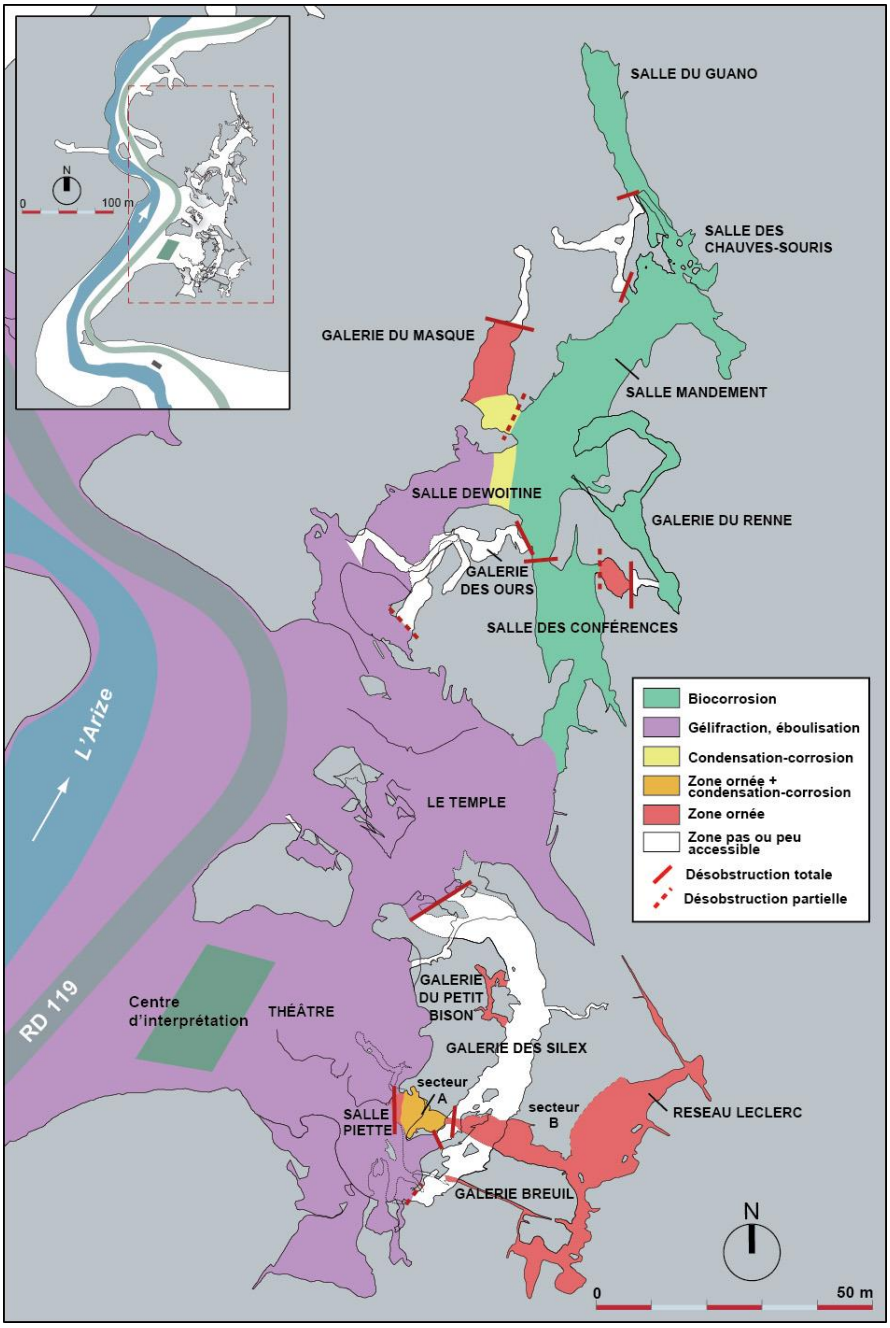


FIGURE 52 GROTTE DU MAS D'AZIL, TOPOGRAPHIE DES GALERIES DE LA RIVE DROITE. IL PEUT ETRE NOTE QUE SEULS LES SECTEURS FERMES A LA FREQUENTATION DES CHAUVES-SOURIS (PAS DE BIOCORROSION) ET PROTEGES DES ZONES SOUMIS AU GEL/DEGEL, ONT CONSERVE DES VESTIGES D'ART PARIETAL (EN ROUGE) (M JARRY IN JARRY ET AL 2021B)

Du point de vue archéologique et paléontologique, les perspectives sont immenses. L'exemple du Mas d'Azil permet d'apercevoir l'impact de la biocorrosion sur l'art pariétal et sa contribution sur la disparition d'une grande partie des œuvres. Au-delà des parois, les sols de grotte et les vestiges archéologiques et paléontologiques qu'ils contiennent sont également affectés : le jus issu des tas de guano, avec des pH parfois inférieurs à 2, aura nécessairement un impact sur les ossements ou le matériel lithique situé juste en-dessous par exemple. Dans les sites archéologiques, l'identification de ce processus pourrait permettre d'intervenir de manière préventive sur les œuvres et les vestiges.

La prise en compte de la biocorrosion est une véritable révolution dans la lecture des formes karstiques des grottes. Le phénomène est connu de longue date en zone tropicale, mais jusqu'à présent, personne n'avait imaginé son impact dans les grottes de nos latitudes. Quelques traces laissées par les colonies de chauves-souris avaient été identifiées et leur rôle sur l'altération des parois pris en compte. Mais à aucun moment un refaçonnage total des conduits, avec une expansion importante de la section des galeries, n'avait été envisagé. Et l'ampleur des formes n'a rien à envier aux sites tropicaux où elles ont été initialement décrites. Cela veut donc dire que depuis que l'étude des grottes existe, tout un pan de l'étude des parois avait été sous-exploité et donc mal compris. La biocorrosion constitue donc un nouveau paradigme qui invite à une relecture complète de toutes les cavités dans le monde.

Elle nous oblige à reconsidérer une grande partie des scénarios évolutifs déduits de l'étude des formes de parois dans les grottes, et de revoir totalement nos interprétations karstologiques dans les tronçons de cavités occupées ou ayant été occupées par les chauves-souris. Les formes que nous y lisons sont souvent celles induites par la biocorrosion et non pas les formes héritées de la formation de la cavité. Il s'agit là d'une véritable plus-value scientifique car une nouvelle histoire géomorphologique et hydrogéologique peut-être proposée, plus en accord avec les données géologiques régionales. Au-delà de ce diagnostic, des questions concrètes et des perspectives d'application peuvent être posées :

- En quoi le phénomène de biocorrosion a-t-il eu des conséquences sur les morphologies pariétales ? Est-ce que la répartition actuelle des grottes ornées reflète une sélection originellement opérée par les artistes de la Préhistoire ? La distribution actuelle des œuvres pariétales au sein de sites traduit-elle un choix initial de parois spécifiques ? Ou est-ce seulement la fraction résiduelle de ces œuvres qui est aujourd'hui visible, là où les parois ont été conservées des altérations postérieures les plus actives, fruit d'un processus taphonimique?
- Quelles sont les modifications chimiques et minéralogiques spécifiques induites sur les parois par la présence en nombre de colonies de chauve-souris, l'accumulation et l'évolution de guano et des chaines trophiques qui s'y rattachent ? Est-ce que la présence de certains dépôts minéraux phosphatés est un indicateur de biocorrosion passée ou actuelle ? Quels outils peut-on développer pour les détecter ?
- Comment appréhender l'impact actuel de la présence de chauves-souris dans les grottes ornées, mais aussi dans les sites archéologiques, historiques voire pour le patrimoine bâti ? Quels moyens peut-on mettre en oeuvre pour détecter ces altérations de manière préventive et comment y remédier ?

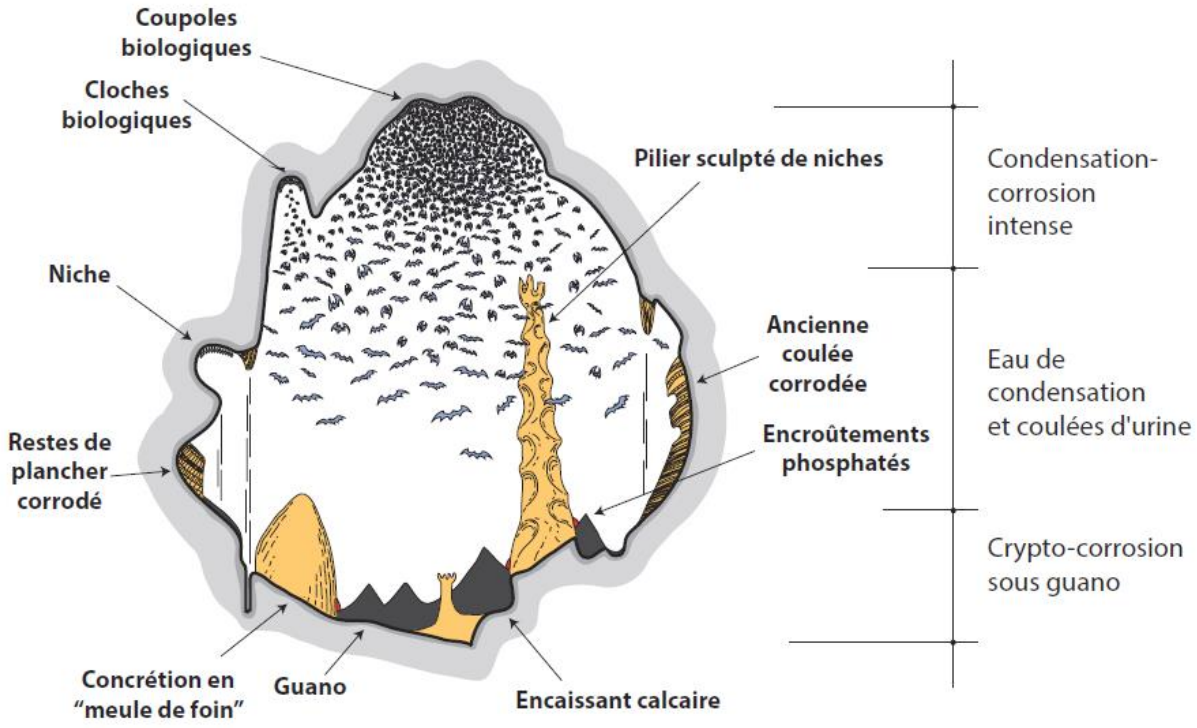


FIGURE 53 ILLUSTRATION SYNTHESE DES PRINCIPALES MORPHOLOGIES, ET DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE DES PROCESSUS, AVEC PRINCIPALEMENT DE LA CONDENSATION-CORROSION SUR LES PAROIS ET PLAFONDS ET DE LA CRYPTOCORROSION SOUS GUANO AU SOL (AUDRA ET AL. 2019)

L'approche géochimique est tout aussi fondamentale car il importe de parfaitement caractériser les processus et les chaînes de réactions en jeu, non seulement pour bien saisir les mécanismes de la biocorrosion, mais aussi pour mieux la prévenir. La chimie des phosphates est complexe et encore trop peu connue dans le milieu des grottes alors que ces minéraux y ont été exploités depuis le début de l'Histoire tout autour de la planète. Un autre domaine pourrait jouer un rôle majeur dans ce processus, la microbiologie. Il est fort probable en effet que les bactéries jouent un rôle fondamental à plusieurs stades de la biocorrosion. Ce domaine, encore balbutiant sous terre, pourrait devenir ici un axe à développer, avec la découverte d'écosystèmes souterrain aussi complexes que majeurs.

Enfin, les grottes d'Ariège sont au premier plan dans les nouvelles études paléoenvironnementales lancées à partir des guanos. En effet, les accumulations d'excréments de chauves-souris de plusieurs grottes ont été étudiées car elles recèlent toute une série d'informations sur les paysages passés mais aussi l'impact de l'Homme depuis le Néolithique. Chaque soir, les chauves-souris sortent pour chasser puis rentrent au petit matin dans leur grotte. Elles ramènent donc sous terre différents marqueurs qui vont s'accumuler dans les tas de guano sous les aires d'accrochage. Ce sont des pollens, des biomarqueurs lipidiques, des isotopes mais aussi des traces métalliques, des micro-plastiques etc…qui se préservent parfaitement dans les guanos acides. Chaque nouvelle étude révèle la richesse et la pertinence des informations qui y sont stockées, dont l'étude ne fait pourtant que commencer. En outre, ces déjections sont facilement datables par 14C ou 210Pb, ce qui permet de remonter assez loin dans le temps tout en conservant une très bonne résolution. Les guanos apparaissent désormais comme des archives environnementales de premier plan qui documentent l'histoire des paysages autour de la grotte, la succession des impacts anthropiques et même les modifications récentes dues à l'accélération du réchauffement climatique. Il sera

peut-être même pertinent de se poser la question de leur protection car ces guanos sont uniques, fragiles et non reconstituables.

Le rôle des processus de cristallisation. La formation de certains cristaux joue un rôle capital dans l'altération des matériaux par la succession de deux processus : une altération chimique, l'hydratation, suivie d'une altération mécanique, la croissance cristalline (Sperling et Cooke, 1985 ; Quenee, 1990). En effet, des composés ioniques (des sels) se forment par hydrolyse et modifient la composition chimique de la roche dans sa partie superficielle (millimétrique à centimétrique). Ces composés sont très solubles (donc très peu résistants à l'humidité) et sont aisément mobilisés par la circulation de l'eau infiltrée au sein des porosités ou des fissures de la roche. Lorsqu'il y a évaporation de cette eau, la cristallisation peut se faire très rapidement (Quenee, 1990) et provoque, lorsqu'elle a lieu à l'intérieur de la roche, sa désagrégation mécanique (Quenee, 1990). En effet, en augmentant de volume, elle entraîne une « pression de cristallisation » et provoque des fissures. Progressivement, la roche se desquame en écailles ou plaquettes de dimensions variables (Beck, 2006).

Dans la grotte du Mas d'Azil, deux types de composés ioniques pourraient avoir joué un rôle dans l'altération et la désagrégation des parois : le gypse (sulfate de calcium) et le « salpêtre » (nitrate de potassium) dont la présence est (ou a été) attestée dans la grotte. Le gypse se forme à partir d'ions calcium (Ca2+), présents dans le calcaire ou la calcite, et d'ions sulfates (SO4 2-). Ces derniers peuvent être présents dans certaines roches sous forme de pyrite (notamment par la présence de fossiles) non indiqué dans les calcaires alvéolines du Thanétien inférieur sur la notice de la carte géologique du Mas d'Azil (Souquet et al. 1979). Dans le cas de cavités soumises à la biocorrosion, le gypse peut arriver secondairement sur les parois, notamment par la condensation de vapeur d'eau chargée d'acide sulfurique provenant de la minéralisation de tas de guano de chauve-souris.

Le salpêtre, quant à lui, est une dénomination ancienne pour les cristaux à base de nitrates (NO3 -), comme le nitrate de potassium ou le nitrate de calcium. Les cristaux de nitrate de calcium ou de potassium (salpêtre), se trouvent le plus souvent sous forme d'une poudre blanchâtre, pulvérulente, se développant sur les parois humides, dans lesquelles l'eau pénètre dans les pores par capillarité, dans un environnement ammoniaqué (NH3). Or le nitrate n'est pas présent naturellement dans la grotte. Cet apport en ammoniac peut être issu d'urines ou de déjections, dans des étables par exemple. Les matières organiques dissoutes, en remontant dans la paroi par capillarité et sous l'action de bactéries nitrifiantes, vont permettre la cristallisation du « salpêtre » à sa surface.

Le double mécanisme d'altération-désagrégation provoqué par la présence de ces composés ioniques dépend, à l'instar de la corrosion biogénique, de l'aérologie. Si la paroi reste humide en permanence, les composés transitent mais ne cristallisent pas (cas d'un milieu favorable à la corrosion biogénique) et la paroi ne se désagrège donc pas. Au contraire, si les conditions aérologiques permettent l'évaporation de l'eau et l'assèchement de la paroi, la cristallisation des composés ioniques va engendrer des « efflorescences » voire une croûte sous laquelle la roche se désagrège et entraîne à terme le décollement de plaques parallèles à sa surface (Rousset-Tournier 2001), parfois sur une épaisseur assez importante.

2.4 MENACES

La conservation de la géodiversité est un objectif dans son sens général car de nombreuses menaces doivent être prises en compte, telles que la collecte effrénée des fossiles, les excavations, le comblement de carrières, le

développement incontrôlé de la végétation, les extensions urbaines, l'aménagement urbain… Certes, le karst, établi dans des roches ayant souvent plusieurs millions d'années et les milieux souterrains épargnés par le temps peuvent être vus comme indestructibles. Les travaux d'aménagement du territoire, les mauvaises pratiques spéléologiques, l'activité humaine en général peuvent toutefois constituer des atteintes irrémédiables sur ce patrimoine.

Les modifications affectent non seulement la structure du paysage mais aussi les ambiances tributaires des couleurs (des roches, de la couverture végétale) et de la texture (liée aux modelés du relief, à l'allure des formations végétales). Une implantation mal réfléchie de domaines skiables, par exemple, risque de perturber la géométrie initiale du paysage (implantation des bâtiments, de pistes rectilignes, de lignes de câbles et de pylônes, des décaissements/remblais...), sans oublier que divers aménagements peuvent se traduire par le concassage du lapiaz ou le comblement de gouffres et de dolines (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

La réflexion en vue de créer des retenues d'eau d'altitude, vision le plus souvent incongrue sur des karsts normalement arides en raison de l'infiltration rapide des eaux, demande également une prise en compte de ce paysage précieux. La modification des conditions environnementales en surface et dans l'endokarst a des répercussions sensibles sur le milieu souterrain (concrétions, rivière, faune…). L'extraction de roches concerne les milieux karstiques à travers certains calcaires et le gypse. La constitution des dossiers d'ouverture de carrières nécessite une analyse complète des risques et impacts, tenant compte de la présence connue ou supposée de réseaux souterrains.

Dans le karst, les infiltrations et circulations d'eau s'effectuent sans filtration et les activités humaines en surface (agriculture, industrie...) sont autant de menaces pour les rivières souterraines, donc pour les réserves aquifères susceptibles d'être captées pour l'alimentation en eau potable et à l'origine d'écoulements de bon nombre de cours d'eau. L'implantation humaine a trop souvent fait fi des effluents qui s'évacuaient en profondeur et souillaient les fontaines des villages en contrebas. Martel et ses collaborateurs Fournier et Magnin en sont arrivés, en 1902, à proposer une loi mettant en garde la société contre les rejets dans les gouffres, suite à des épidémies meurtrières de typhoïde liées à ces négligences.

Les conséquences de la surfréquentation des cavités ne sont pas à négliger. Dérangement d'espèces, salissures et modifications de l'atmosphère des grottes en découlent. La bonne spéléologie est celle qui s'efforce de ne pas laisser de trace de son passage. N'oublions pas que quelques secondes suffisent pour casser des milliers d'années de cristallisation d'une stalactite, par exemple, ou pour effacer une empreinte de pas préhistorique. Sans vigilance et en quelques années, une belle grotte peut être réduite à l'état de tunnel nauséabond tagué. Tout est une question d'équilibre. Le niveau de richesse du pays, son niveau d'éducation, les choix politiques et les modes, le statut foncier du karst sont autant de paramètres, fluctuants pour certains, qui peuvent jouer sur le devenir des cavités et des paysages les renfermant (FFS & CEN Rhône-Alpes, 2015).

Concilier les usages avec la préservation des milieux et des espèces est d'autant plus déterminant qu'on dispose de milieux sensibles pour lesquels l'objectif de préservation est prioritaire. La mobilisation des acteurs est nécessaire mais aussi des connaissances scientifiques existantes ou à produire.

Le concept de géoconservation est assez récent dans la plupart des pays. La France possède un cadre général de protection des sites naturels depuis 1936 et plus spécifiquement des monuments naturels en 1930. Pendant près de trente ans, la priorité a clairement été mise sur la patrimoine biologique. La Protection de la Nature a longtemps été comprise comme la protection du vivant. Néanmoins, plusieurs réserves naturelles géologiques ont été créées depuis 1982 et la mobilisation d'une partie de la communauté géologique a réussi à faire ressortir la nécessité de protection. En 1994, une Déclaration des droits de la mémoire de la Terre est publiée.

La déclaration Internationale des droits de la mémoire de la Terre (1994)

1 - Chaque Homme est reconnu unique, n'est-il pas temps d'affirmer la présence et l'unicité de la Terre ?

2 - La Terre nous porte. Nous sommes liés à la Terre et la Terre est lien entre chacun de nous.

3 - La Terre vieille de quatre milliards et demi d'années est le berceau de la Vie, du renouvellement et des métamorphoses du vivant. Sa longue évolution, sa lente maturation ont façonné l'environnement dans lequel nous vivons.

4 - Notre histoire et l'histoire de la Terre sont intimement liées. Ses origines sont nos origines. Son histoire, est notre histoire et son futur sera notre futur.

5 - Le visage de la Terre, sa forme, sont l'environnement de l'Homme. Cet environnement est différent de celui de demain. L'homme est l'un des moments de la Terre ; il n'est pas finalité, il est passage.

6 - Comme un vieil arbre garde la mémoire de sa croissance et de sa vie dans son tronc, la Terre conserve la mémoire du passé… une mémoire inscrite dans les profondeurs et sur la surface, dans les roches, les fossiles et les paysages, une mémoire qui peut être lue et traduite.

7 - Aujourd'hui les Hommes savent protéger leur mémoire : leur patrimoine culturel. A peine commence-t-on à protéger l'environnement immédiat, notre patrimoine naturel. Le passé de la Terre n'est pas moins important que le passé de l'homme. Il est temps que l'Homme apprenne à protéger et, en protégeant, apprenne à connaître le passé de la Terre, cette mémoire d'avant la mémoire de l'Homme qui est un nouveau patrimoine : le patrimoine géologique.

8 - Le patrimoine géologique est le bien commun de l'Homme et de la Terre. Chaque Homme, chaque gouvernement n'est que le dépositaire de ce patrimoine. Chacun doit comprendre que la moindre déprédation est une mutilation, une destruction, une perte irrémédiable. Tout travail d'aménagement doit tenir compte de la valeur et de la singularité de ce patrimoine.

9 - Les participants du 1er Symposium international sur la protection du patrimoine géologique, composé de plus d'une centaine de spécialistes issus de trente nations différentes, demandent instamment à toutes les autorités nationales et internationales de prendre en considération et de protéger le patrimoine géologique au moyen de toutes les mesures juridiques, financières et organisationnelles.

Fait le 13 juin 1991, à Digne, France.

Lancé officiellement par le ministère chargé de l'Environnement en 2007, l'inventaire du patrimoine géologique s'inscrit dans le cadre de la loi du 27 février 2002, relative à la démocratie de proximité. Celle-ci précise en ces termes (Code de l'environnement, Art. L. 411-5) que « l'État […] assure la conception, l'animation et l'évaluation de l'inventaire du patrimoine naturel qui comprend les richesses écologiques, faunistiques, floristiques, géologiques, minéralogiques et paléontologiques » (De Wever & al., 2014).

2.5 ENJEUX : PATRIMONIALISER LES PAYSAGES KARSTIQUES ET LEUR GEOLOGIE

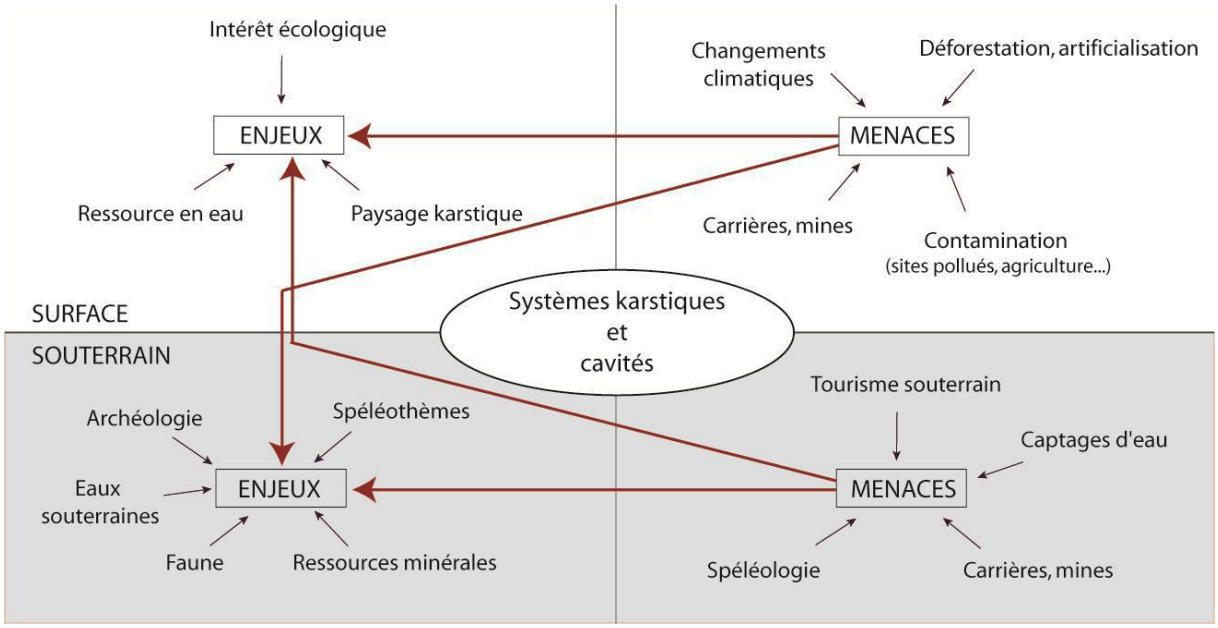


FIGURE 54 SCHÉMA SYSTÈME REPRÉSENTANT LES DIFFÉRENTS CRITÈRES, ENJEUX, MENACES ET INTERRELATION SURFACE/SOUTERRAIN (C. DODE, 2016)

Les systèmes karstiques ont une emprise aussi bien souterraine qu'en surface. Ils concentrent de multiples intérêts, tant d'un point de vue des patrimoines naturels que culturels. Les liens entre ressources karstiques et intérêts sont multiples : hydrologie, géologie, biologie, archéologie, socio-économie, … (Arnaud & al. 2019).

La patrimonialisation constitue le processus de reconnaissance d'un bien matériel ou immatériel comme patrimoine "via différentes formes politiques, administratives et techniques alliant opérations de classement, de protection, et formations de personnels spécialisés". Ce processus peut être défini "*comme le passage d'un patrimoine en puissance à un patrimoine reconnu en tant que bien collectif, caractérisé tout à la fois par ses dimensions économiques, sociales, environnementales et culturelles. Ces différentes dimensions, d'importances relatives variables selon les types considérés de patrimoine reconnu, confèrent à ce patrimoine une valeur qui justifie, pour la collectivité considérée, sa conservation pour transmission aux générations futures. Il s'agit bien d'un processus de reconnaissance de cet ensemble de biens en tant que bien collectif*" (CEN Rhône-Alpes, 2017).

Depuis la loi du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité, le patrimoine géologique est officiellement reconnu comme partie intégrante du patrimoine naturel. Il est inventorié dans le cadre de l'inventaire national du patrimoine géologique, à l'échelle des régions, sous la responsabilité des DREAL, selon une méthodologie standardisée. Les plans de gestion sont désormais systématiquement demandés pour ce type de dossiers de candidatures, relevant non seulement des attributs (hydro) géologiques, mais aussi des vestiges paléontologiques, archéologiques et historiques conservés dans l'endokarst, auxquels s'ajoutent les valeurs biologiques, esthétiques et paysagères. Cette approche globale doit tenir compte des interactions entre les dimensions aériennes et souterraines du karst. L'enjeu est de développer un discours sur l'intérêt pluriel des grottes et favoriser la mutualisation des connaissances entre les différents acteurs, une mise en commun indispensable pour agir avec plus d'efficacité dans leur préservation.

Les réflexions menées jusqu'à présent poussent à développer une méthode proposant une approche systémique prenant en compte l'ensemble des enjeux : géologiques, géomorphologiques, biologiques, hydrologiques et hydrogéologiques, historiques et archéologiques, socio-économiques en interrelation avec les activités humaines de surface et souterraines.

2.6 LE PATRIMOINE GEOLOGIQUE DU PROJET DE RESERVE NATURELLE NATIONALE SOUTERRAINE

Le département de l'Ariège est riche d'un patrimoine géologique majeur, diversifié, facilement accessible et pédagogique. Le territoire est d'ailleurs un lieu d'étude et de voyage privilégié pour la communauté des géologues français. Les cavités sont le plus souvent d'origine naturelle, formées par les processus classiques. L'Ariège recèle aussi de nombreuses cavités d'origine anthropique, là où la roche présentait un intérêt économique, comme des formations gréseuses (bauxite), des formations triasiques (anhydrites et gypses), des formations métamorphiques et plutoniques (schistes ardoisiers, marbre, et minerais…) (Bouroullec, et al., 2006).

L'Inventaire National du Patrimoine Géologique répertorie 94 sites géologiques d'intérêt dont vingt concernent plus particulièrement le karst comme les grottes du Volp, les varves wurmiennes de la grotte de Bédeilhac, les mines et karst hydrothermal du Rancié à Sem ou les morphologies glaciaires et karstique du lac de Bethmale…

Les sites sélectionnés dans le projet de RNNS de l'Ariège présentent des richesses géologiques internationalement reconnues. Les systèmes karstiques y sont par exemple étudiés de longue date par le laboratoire du CNRS de Moulis (ex. la source intermittente de Fontestorbes à Belesta). Le système karstique du Baget est lui aussi un site expérimental où de très nombreux concepts sur la structure et le fonctionnement des karsts ont été établis.

Ici est pris en compte seulement le volet géologique dans une acception large, en excluant l'archéologie et la paléontologie largement présentées dans deux autres parties de ce dossier scientifique. Sur les 29 sites de la réserve, 17 font l'objet d'une fiche référencée dans l'inventaire national du patrimoine géologique, dont 14 concernent un site de la réserve en particulier : Labouïche, Siech, Sabarat, Le Mas d'Azil, Espiougue, Unjat, Portel, Aliou, Cigalère-Bentaillou, Fontestorbes, Baget, l'Estelas, Neuf Fontaines et Niaux.

Quatre sites géologiques de l'inventaire englobent également certains sites de la réserve :

- Le MSS 100 Ravin de la Tire compris dans : MPY-1635 Fossé albo-cénomanien de la Ballongue
- La grotte de Payssa compris dans : MPY-1635 Fossé albo-cénomanien de la Ballongue
- La grotte de Sendé compris dans : MPY-1723 Karst du Sourroque
- Le système de la grotte de Moulis en partie compris dans : MPY-1723 Karst du Sourroque

Dans ce tableau, les 17 sites ont été référencés et les principaux intérêts (Hydrologie, Géomorphologie, Minéralogie, Tectonique et Ressources Naturelles) :

Identifiant	Nom du site	Note intérêt patrimonial	Etoiles intérêt patrimonial	Rareté	Typologie 2	Typologie 3	Phénomène géologique	Intérêt géologique principal
MPY-0979	Système karstique expérimental du Baget	44	***	Internationale	de surface	Géosite	Karstification	Hydrogéologie
MPY-1435	Percée hydrogéologique du Mas d'Azil	42	***	Internationale	de surface	Géosite	Karstification	Géomorphologie
MPY-1635	Fossé albo-cénomanien de la Ballongue	38	***	Nationale	de surface	Géosite	Tectonique	Tectonique
MPY-1434	Paléokarst de Niaux-Lombrives-Sabart	37	***	Nationale	souterrain	Réseau karstique	Karstification	Géomorphologie
MPY-0980	Source intermittente de Fontestorbes à Bélesta	36	***	Internationale	de surface	Source	Karstification	Hydrogéologie
MPY-1711	Grotte de la Cigalère à Sentein	36	***	Internationale	souterrain	Grotte	Minéralisation	Minéralogie
MPY-0978	Système karstique d'Aliou à Cazavet	34	***	Nationale	souterrain	Réseau karstique	Karstification	Hydrogéologie
MPY-1490	Mines de plomb-zinc du Bentaillou – Rouge de Sentein	30	**	Nationale	souterrain	Mine	Minéralisation	Minéralogie
MPY-1608	Karst de l'Estelas Balagué	30	**	Nationale	souterrain	Réseau karstique	Karstification	Géomorphologie
MPY-1533	Mine de bauxite éocrétacée du Pouech d'Unjat à La Bastide-de-Sérou	29	**	Régionale	de surface	Carrière	Altération	Ressources naturelles
MPY-1714	Percée hydrogéologique du Portel à Loubens	28	**	Régionale	souterrain	Réseau karstique	Karstification	Hydrogéologie
MPY-1065	Faisceau de failles pyrénéennes de Sabarat	28	**	Régionale	de surface	Affleurements	Tectonique	Tectonique
MPY-1723	Karst du Sourroque	26	**	Départementale	de surface	Géosite	Karstification	Géomorphologie
MPY-1501	Carrière de marbre griotte famennien de l'Espiougue à Esplas-de-Sérou	24	**	Départementale	de surface	Carrière	Sédimentation de plate-forme	Ressources naturelles
MPY-1713	Karst de Labouïche à Baulou et Vernajoul	23	**	Départementale	souterrain	Réseau karstique	Karstification	Hydrogéologie
MPY-1614	Grotte de Siech à Saurat	20	*	Départementale	souterrain	Grotte	Karstification	Géomorphologie
MPY-0977	Source des Neuf Fontaines d'Aulus-les-Bains	17	*	Départementale	de surface	Source	Karstification	Hydrogéologie

FIGURE 55 TABLEAU DE SYNTHESE DES SITES D'INTERET GEOLOGIQUE

Il reste douze sites de la réserve non référencés dans l'INPG : la rivière souterraine de Vicdessos, la grotte de Tourtouse, la grotte Bernard, les grottes de Malarnaud-Soulabé, la grotte du Bourg, les grottes du Ker de Massat, la grotte de Peyronnard, la grotte de Roc Saint-Martin, l'aven de Trapech d'en Haut, la grotte de Las Morts et l'hyporhéique du ruisseau de Nert.

Sur le même modèle que l'inventaire, les sites sont rassemblés dans un tableau avec des critères communs au précédent. L'intérêt « Géographie » a été mis en avant. Plusieurs sites sont d'un intérêt nul ou très limité pour la géologie, la géomorphologie, la climatologie ou l'hydrogéologie… Soit les informations et les données sont lacunaires et réduites, soit les sites ne présentent pas de spécificités ou caractéristiques remarquables dans ces domaines à l'exception de la biocorrosion mais beaucoup plus sur les volets archéologie, paléontologie et biologie.

Nom du site	Rareté	Typologie 2	Typologie 3	Phénomène géologique	Intérêt géologique principal	Intérêt géologique secondaire
Rivière souterraine de Vicdessos	Internationale	souterrain	Réseau karstique	karstification	Hydrogéologie	Néant
Grotte de Tourtouse	Départementale	souterrain	grotte	karstification	Géomorphologie	Biocorrosion Climatologie Hydrogéologie
Grotte Bernard	Néant	souterrain	grotte	karstification	Néant	Climatologie
Grottes de Malarnaud-Soulabé	Régionale	souterrain	Réseau karstique	karstification	Biocorrosion	Ressources naturelles
Grotte du Bourg	Néant	souterrain	grotte	karstification	Néant	Biocorrosion
Grottes du Ker de Massat	Néant	souterrain	grotte	karstification	Néant	Biocorrosion
Grotte de Peyronnard	Néant	souterrain	grotte	karstification	Néant	Biocorrosion
Grotte du Roc Saint-Martin	Nationale	souterrain	grotte	karstification	Biocorrosion	Géomorphologie Ressources naturelles
Aven de Trapech d'en Haut	Départementale	souterrain	aven	karstification	Néant	Néant
Grotte de Las Morts	Néant	souterrain	grotte	karstification	Néant	Néant
Grotte de l'Espiougue	Néant	souterrain	grotte	karstification	Néant	Climatologie Biocorrosion Hydrogéologie

Sur le même principe, les quatre sites inclus dans une fiche d'inventaire plus large font l'objet d'un tableau plus détaillé.

MSS 100 Ravin de la Tire	Néant	souterrain	grotte	Altération - Tectonique	Néant	Néant
Grotte de Payssa	Néant	souterrain	grotte	karstification	Néant	Néant
Grotte de Sendé	Néant	souterrain	grotte	karstification	Néant	Néant
Système de la grotte de Moulis	Néant	souterrain	Réseau karstique	karstification	Néant	Hydrogéologie Climatologie Minéralogie

Dans le cadre du stage de Mme. Viry en 2015, mentionné en partie 1, chapitre 1.2, il lui a été demandé à de reprendre l'évaluation de 85 sites ariégeois, et de faire des propositions de valorisation. Les lignes qui suivent dans ce rapport sont des extraits complets du rapport de stage de Mme Viry (Viry, 2015) et dresse l'inventaire et la description des sites qu'elle a étudiés. Nombre de ces sites figurent dans le projet de RNNSA.

Affleurements sédimentaires (affleurements, barres calcaires, tourbières, minéralisations de gypse et bauxite). Les affleurements sédimentaires constituent une grande partie des terrains visibles. Ils présentent des sédiments de compositions très variées : de sédiments gréseux et argileux continentaux, à des sédiments marins carbonatés, avec des traces de récifs coralliens, de sites fossilifères, et de sédiments altérés. La plus grande partie des zones axiale et nord-pyrénéenne est métamorphisée, mais uniquement plissée en zone sous-pyrénéenne. Ces affleurements, par la diversité des épisodes climatiques auxquels ils ont été soumis, constituent d'importants gîtes minéraux. Ainsi, les nombreuses couches de gypse et d'anhydrite longeant le nord du massif de l'Arize sont les témoins d'épisodes d'inondation généralisée en France par des eaux de faibles profondeurs (Thétis tertiaire). Elles ont été exploitées dans les régions de Betchat et Prat-Bonrepaux, et dans le bassin de Tarascon-sur-Ariège principalement à Arnave, Arignac et Surba. Les couches de bauxite sont, de la même façon, les témoins d'une altération des roches sédimentaires ferrugineuses en climat tropical. Elles ont été exploitées du Puech d'Unjat à Montels.

Affleurements magmatiques (plutons, ophites, tuffs). Des plutons, masses de magma qui n'arrivent pas à l'affleurement et cristallisent à quelques kilomètres sous la surface terrestre, se sont mis en place lors de l'orogénèse hercynienne (voir p. 11). Les masses de plutons granitiques affleurent dans de très bonnes conditions au massif de Bassiès, ou sur le granite du Quérigut. On peut apprécier sur ce dernier site la mise en place du granite, datée d'environ 307 millions d'années, et ses formes typiques d'altération, notamment en boules et en pelures d'oignons. Malgré leur petite taille et la difficulté à les observer, les affleurements magmatiques sont présents de manière continue sur le territoire du parc, et relatent un épisode magmatique ponctuel qui a eu lieu il y a environ 200 millions d'années. Ceux qui en résultent sont les ophites de Prat-Bonrepaux, Betchat ou de Lescure, des roches mises en place grâce à la fusion partielle du manteau supérieur, relatant la dislocation de la croûte de roches hercyniennes qui s'était formée auparavant. Les ophites sont les premières preuves chronologiques de la mise en place du rift, synchrone de l'ouverture de l'Atlantique. Elles ont de plus une importance économique, car ont été beaucoup utilisées autrefois comme ballast pour la construction des chemins de fer. Les carrières d'ophite étaient aussi situées à Prat-Bonrepaux, mais sont aujourd'hui inondées ou utilisées comme stands de tir. Les affleurements du tuf de Ségalas, nommés grâce à leur localisation, sont des ensembles de cendres, roches, débris et bombes volcaniques sédimentaires, qui sont dus à des éruptions qui ont eu lieu à la suite de la mise en place des ophites.

Affleurements métamorphiques (flysch, schistes, marbres). Ces affleurements constituent une large proportion des terrains du parc. Ils sont présents continuellement selon une direction Est-Ouest dans les régions de hauts sommets, et la zone nord-pyrénéenne, et sont limités au nord par les zones de flysch ardoisiers et calcaires. Ils permettent d'apprécier les différentes déformations pyrénéennes, comme c'est le cas de l'affleurement de flysch à Vicdessos, remarquable par l'inscription structurale nette des grands épisodes de déformation. Ces affleurements métamorphiques constituent par ailleurs une réserve importante de matériaux utilisés et valorisés pour la construction. Les ardoisières qui ont laissé une forte empreinte sur le patrimoine bâti ont été exploitées dans la vallée de la Bellongue et celles de Saint-Lary sont toujours en activité. Les nombreuses carrières de marbre ont permis à donner à ce matériel ariégeois une forte valeur patrimoniale et marchande, grâce aux lieux où il a été exporté.

Niveaux mantelliques (lherzolite et ses dérivés). Les échantillons mantelliques sont des morceaux de roche issues du manteau, partie visqueuse qui débute à 30 km en-dessous de la surface terrestre et remplit le volume de la terre jusqu'au noyau situé à environ 2880 km de profondeur. Sur le territoire du parc, ces affleurements sont essentiellement constitués de lherzolite, les autres étant représentés par des filons de taille bien inférieure de hazburgite, hornblendite, et de pyroxénite à grenats. Ces roches se sont formées à environ 50 km sous la surface terrestre avant d'émerger assez rapidement pour que leurs minéraux n'en soient pas affectés. Les minéraux qui les composent témoignent ainsi de conditions de pression et de température inimaginables à la surface terrestre. Ils sont aussi présents dans le reste des Pyrénées, mais le site de l'étang de Lherz constitue l'affleurement majeur de lherzolite, dont le nom est directement lié à sa localisation ariégeoise, et ses importantes proportions laissent imaginer l'importance et la puissance des forces de remontée alors exercées dans la zone nord-pyrénéenne. De plus, la présence de brèches tectoniques et de fracturation, ainsi que l'allure des roches encaissantes explicitent les relations entre les massifs de lherzolite et les roches environnantes. Elles permettent d'en déduire des hypothèses sur la mise en place des massifs lherzolitiques.

Eau (fontaines, sources hydrothermales, cascades, étangs, morphologie karstique). L'accumulation d'importants volumes de neige en hiver et le niveau de pluviosité entraîne de nombreux ruissellements et un important modelage des reliefs par les circulations d'eau. De nombreuses résurgences sont remarquées pour leur beauté ou leurs dimensions remarquables, comme celles de la cascade d'Ars, haute de 246 mètres. Elles sont parfois connectées aux étangs d'altitude, véritables écrins pour les eaux de fonte de neige ou les eaux de pluie. Les étangs les plus admirés sont ceux de Bassiès, d'Araing, l'étang Long, l'étang du Garbet. Souvent ces étangs d'altitude sont accompagnés de tourbières (Freychinède, Estagnon), marais ou zones humides, qui sont d'importants indicateurs écologiques et géochronologiques. Le relief est aussi largement contrôlé par la lithologie des roches. Ainsi, les vallées sont préférentiellement creusées dans les niveaux marneux, comme celà est visible dans la vallée de la Bellongue. Ceci est aussi bien sûr remarquable pour les formations calcaires cénozoïques, dans lesquelles de nombreux karsts se sont développés, tels que ceux de l'Arize, du Plantaurel et du Volvestre, formant des structures et des écosystèmes uniques. On compte ainsi un développement de structures d'exokarsts ou d'endokarsts remarquables. Parmi ces formes karstiques en existent certaines originales, telle que la fontaine intermittente de Fontestorbes, unique au monde par son débit, et ses dimensions, la deuxième plus grande se trouvant aux États-Unis. La rivière souterraine de Labouïche et le cours souterrain de l'Arize sont aussi deux sites majestueux, accessibles et rares sur le territoire français. Les autres phénomènes faisant directement appel aux réseaux hydrographiques sont les remontées d'eaux thermales, exploitées depuis au moins deux siècles pour leurs vertus curatives. Ce sont des sources sulfatées de température avoisinant les 35-40°C, dont les eaux s'infiltrent à des centaines de mètres (jusqu'à 400 mètres) avant d'effectuer une ascension à travers des roches sulfatées telles des dolomies ou des gypses. On compte parmi les sources thermales celles d'Audinac-les-Bains, qui n'est plus exploitée à présent, et celles d'Aulus-les-Bains, toujours réputées.

Structures et paysages géologiques : failles, plissements. Les structures géologiques rendent le paysage typique d'une zone montagneuse, faisant apparaître clairement les différents modelés de l'avant-pays aux régions de hauts sommets. Les plans de faille et les surfaces de contact permettent de percevoir les grandes orientations de la faille nord-pyrénéenne à Sem, événement principal de l'orogenèse alpine dans les Pyrénées.

Géomorphologie glaciaire (cirques, cordons morainiques, fonds de vallées). Les preuves de géomorphologie glaciaire sont omniprésentes dans la zone nord-pyrénéenne et la zone axiale. Cette géomorphologie a été acquise ces 20 000 dernières années et est remarquable par les nombreuses vallées glaciaires toutes globalement orientées nord-sud, les plus ouvertes sont celles d'Ustou, d'Aulus et du Ribérot. Celle du Vicdessos est plus fermée et moins impressionnante, mais permet d'observer de nombreux dépôts morainiques, et champs de moraines sur les reliefs et au-dessus des estives, et d'autres dépôts d'importance symbolique, tels que le très connu dolmen de Sem au niveau du village homonyme, et dans la vallée qui lui fait face, au-dessus du village d'Orus. La vallée du Garbet, par exemple, visible depuis Aulus ou le col d'Agnes permet d'observer de nombreux ombilics et cordons morainiques successifs, permettant de lire l'ancienne avancée du glacier dans le paysage. Les fonds de vallées, hérités du recul des glaciers, sont aujourd'hui des lieux de vie préférentiels de ces zones marquées par de hautes altitudes et aux reliefs souvent escarpés. Cette géomorphologie s'apprécie lors de randonnées familiales ou sportives, dans les cirques glaciaires de Cagateillle, Campuls, et d'Anglade, remarquables grâce aux écrins sauvages dans lesquels ils sont ancrés.

3. LE PATRIMOINE ARCHEOLOGIQUE

3.1. NOTION DE PATRIMOINE ARCHEOLOGIQUE

L'archéologie est une science humaine dont le champ d'intérêt principal est l'anthropologie des sociétés passées, par l'étude des vestiges matériels ou contextuels. Elle étudie aussi les interactions de celles-ci avec leurs environnements, qu'ils varient dans l'espace ou dans le temps. Au-delà de sa portée scientifique, elle est aussi pourvoyeuse de patrimoines. En effet, elle produit de la connaissance, qui en elle-même est un patrimoine scientifique étant donné que chaque fouille n'est pas reproductible et les archives sont alors les précieux héritages d'un savoir collectif. Elle crée aussi un patrimoine matériel, car les vestiges qu'elle collecte, le plus exhaustivement possible, constituent un patrimoine, qui rejoint en général, après études primaires, les collections des musées où ils peuvent être conservés et valorisés. Cela confère à la science archéologique un statut et un attrait particulier, qui lui vaut souvent l'image de "chasse au trésor".

La production archéologique constitue un héritage à transmettre, mais sa source est aussi un précieux et fragile patrimoine. L'archéologie, comme science humaine, n'a pas une ressource inépuisable. En effet, ce qui est enfoui dans le sous-sol et ici en l'occurrence dans les grottes est un héritage qu'il faut protéger (voir règlementation au chapitre 3.3 : « un patrimoine culturel fragile », partie 3). Il faut donc veiller à ce qu'elle puisse bénéficier, dans le futur, des avancées des connaissances et des techniques.

Ce patrimoine est important en tant que bien culturel, puisqu'il est le vestige des cultures passées, comme assemblage de témoins matériels des sociétés anciennes. Ces objets (et nous n'oublions pas les archives) nous interpellent comme autant de vanités et ont, dans ce sens, leur place dans les collections et les musées. Ils doivent aussi être protégés, in situ, en l'attente de fouille, justement comme des trésors. Il y a, et cela est de plus en plus d'actualité, une autre dimension de ce patrimoine scientifique, c'est sa dimension de mémoire environnementale. En effet, l'archéologie étudie les sociétés humaines du passé, mais elle s'intéresse de fait à leur intégration,

adaptation, évolution, dans des environnements en perpétuels changements, quelles que soient les raisons de ceux-ci. L'archéologie est aussi un outil de compréhension du présent.

Historique des connaissances. Cinquante ans après Jean-Baptiste Lamarck et influencé par Georges Cuvier, Charles Darwin démontre, en 1859 que toutes les espèces ont évolué par sélection naturelle à partir d'une source commune. Il n'ose pas encore faire allusion aux humains, car la révolution idéologique est encore dangereuse. Il lui faudra attendre 1871 pour qu'il évoque clairement nos origines. Il envisage même, sur la base de notre proximité avec les gorilles et les chimpanzés, une émergence africaine. Pourtant, pendant longtemps encore, la recherche va ignorer ce continent pour privilégier l'Europe ou l'Asie.

Au-delà de son origine animale, l'"Homme fossile" antédiluvien est dans les esprits des savants dès les années 1830. Paul Tournal, dès 1827, démontre avec ces travaux dans la grotte de Bize dans l'Aude la contemporanéité entre des humains et des espèces animales disparues. Marcel de Serres, un des pionniers de la démonstration des cycles climatiques quaternaires, arrive très vite aux mêmes conclusions. Il publie même, en 1851, un ouvrage intitulé « Du perfectionnement graduel des êtres organisés », annonciateur des travaux de Darwin. On pourrait aussi citer Jules de Christol qui, lui aussi, publia en 1828 une note établissant l'ancienneté d'ossements humains dans des grottes du Gard. À chaque fois, on leur oppose que les ossements humains ont pu être déposés postérieurement. Enfin, Jean-Baptiste Noulet en 1851, découvre le site de l'Infernet à Clermont-le-Fort près de Toulouse, associant vestiges de faunes anciennes et outils en pierres indubitablement transformés par les humains. Il présente cela en 1854, mais la publication ne sort qu'en 1861, doublée par d'autres chercheurs et notamment Boucher-de-Perthes que l'Histoire retiendra comme l'inventeur de "l'Homme antédiluvien" en 1860. Édouard Lartet clôt le débat en 1863 avec la découverte d'un mammouth gravé sur un fragment de défense.

Plutôt qu'un nom ou un autre, il faut surtout envisager une période de très grande effervescence intellectuelle et de bouleversement philosophique. Les sociétés savantes sont alors en ébullition, notamment dans le sud de la France. Géologues, naturalistes, savants, amateurs, lettrés, parfois eux-mêmes en contradiction avec leur propre foi, vont déconstruire le mythe originel biblique. Ainsi, dans les Pyrénées, l'abbé Jean-Jacques Pouech, savant géologue et paléontologue, entreprend la cartographie détaillée des formations géologiques de l'Ariège (voir Partie 3, chapitre 2.1, « naissance de la notion de patrimoine géologique »). Il fréquente le secteur de la grotte du Mas d'Azil à partir de 1848-49. La grotte est traversée par la route depuis les travaux routiers de 1857 à 1859. Les coupes stratigraphiques dévoilées imposent à l'homme d'Église, à la foi ancrée dans le récit de la Genèse, le trouble qu'a dû aussi ressentir une grande partie de la population à l'invention de la Préhistoire.

Cet exemple ariégeois de l'Abbé Pouech est un parmi de très nombreux autres qui, amateurs, parcourent alors toutes les grottes européennes, en quête de vestiges antédiluviens. Ainsi, en Ariège, nous retrouvons F. Garrigou, F. Régnault, T. Ladevèze, Maury, Cau-Durban et bien d'autres, qui sondent systématiquement toutes les cavités, dans une soif de compréhension de nos origines, jusqu'alors seulement liées au récit biblique.

L'archéologie s'est donc très tôt intéressée au karst. Cette discipline est par essence liée au milieu souterrain puisqu'elle puise la majeure partie de sa matière dans le sous-sol. C'est en archéologie préhistorique et plus particulièrement pour le Paléolithique, même si cela n'est pas exclusif, que les grottes ont été d'abord approchées. Il y a deux avantages aux grottes. Le premier est qu'une grotte est plus facilement repérable. Cela apparaît très

relatif, mais il est très difficile de repérer un site archéologique préhistorique en plein air, ou alors il est déjà entamé par les labours qui en remontent les vestiges. Le deuxième avantage est qu'il constitue un piège, ayant donc tendance à accumuler les témoins des occupations au cours du temps. Bien sûr des phénomènes de vidanges peuvent exister, mais la caverne peut constituer un très bon piège, avec en corollaire la constitution de stratigraphies, c'est à dire d'accumulations dans le temps, permettant d'apprécier l'ancienneté relative des couches profondes par rapport aux couches qui les surmontent.

En l'absence de moyen de datations radionumériques, qui autorisent maintenant une estimation de l'ancienneté d'une occupation, les grottes ont dès le XIXe siècle attirés les archéologues pour les périodes anciennes, ne bénéficiant pas de supports écrits pour confronter leurs découvertes, afin d'étudier les stratigraphies (les fouilles étaient alors "stratigraphiques", c'est à dire en tranches de coupes sédimentaires). Ces travaux ont abouti à la construction d'une première chronologie, avec le dessus versus le dessous, marqués par des absences ou des apparitions de types de mobiliers (présence de tel objet, de telle espèce animale etc…).

En 1861, le paléontologue E. Lartet, un des fondateurs de la Préhistoire, propose une première chronologie du Quaternaire basée sur la présence ou la prédominance de certaines espèces animales qui vont servir de repères. Ainsi, nous aurons l'âge de l'Ours des Cavernes, l'âge de l'Eléphant (ou Mammouth) et du Rhinocéros laineux, l'âge du Renne et l'âge de l'Aurochs. Cette première esquisse sera complétée par la proposition, en 1865, du préhistorien John Lubbock qui observe que les pierres taillées sont systématiquement sous les pierres polies dans les stratigraphies. En créant le Paléolithique et le Néolithique, un premier cadre culturel est ainsi donné, qui ne cessera ensuite de s'affiner, jusqu'à la création de faciès micro-régionaux que viendront, ou pas, confirmer les datations par les méthodes radionumériques.

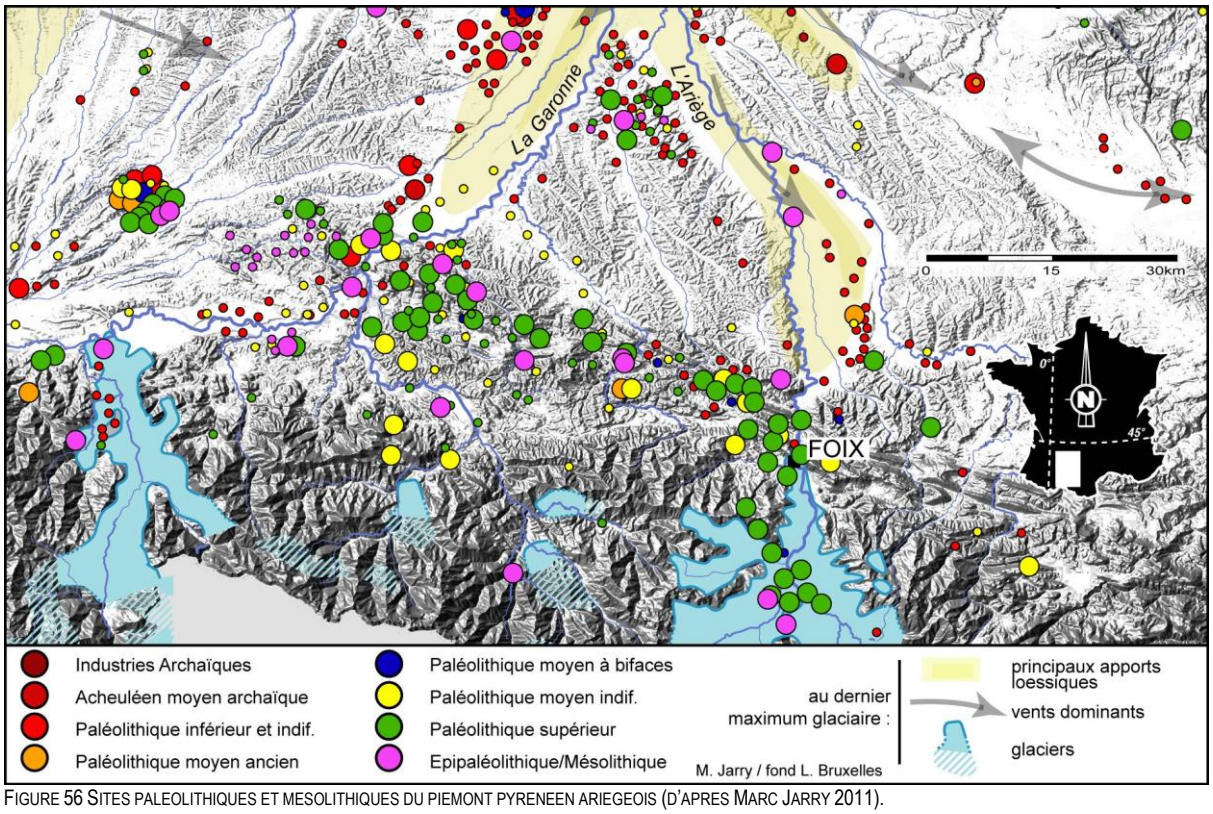


FIGURE 56 SITES PALEOLITHIQUES ET MESOLITHIQUES DU PIEMONT PYRENEEN ARIEGEOIS (D'APRES MARC JARRY 2011).

Le territoire ariégeois possède un patrimoine archéologique exceptionnel en milieu souterrain, tant par la richesse des vestiges que par leur caractère souvent remarquable et par la chronologie qu'ils couvrent.

La période paléolithique, en particulier, est représentée dans plusieurs sites majeurs de renommée internationale, que ce soit pour les vestiges d'habitats, sous porches ou en grottes, mais aussi et de manière parfois magistrale, pour les témoignages laissés sur les parois par les artistes préhistoriques.

Le patrimoine médiéval, bien que moins renommé, est également très riche avec des habitats médiévaux troglodytiques et de nombreuses fortifications de cavités (spoulgas).

Les autres périodes ne sont pas exclues, comme le Néolithique ou l'âge des Métaux par exemple, tout cela de manière souvent complémentaire avec une richesse archéologique générale importante, témoignant du peuplement ancien et continu de ce milieu montagnard (orris, ouvrages en pierres sèches, mégalithes…). Enfin, des recherches en cours montrent également l'importance du patrimoine archéologique plus récent, que nous pouvons qualifier de pré ou proto-industriel, que sont les mines, les extractions de guano ou les exploitations de salpêtre. Certains de ces sites souterrains ont été fouillés très anciennement et font encore l'objet de recherches et d'études (par exemple la grotte du Mas d'Azil ou les cavités de la vallée de Vicdessos). Ils font dans certains cas l'objet d'exploitation touristique, pour leur patrimoine naturel (par exemple la grotte de Lombrives) mais souvent pour leurs richesses archéologiques (par exemple la grotte de Niaux, du Mas d'Azil, de la Vache ou de Bédeilhac).

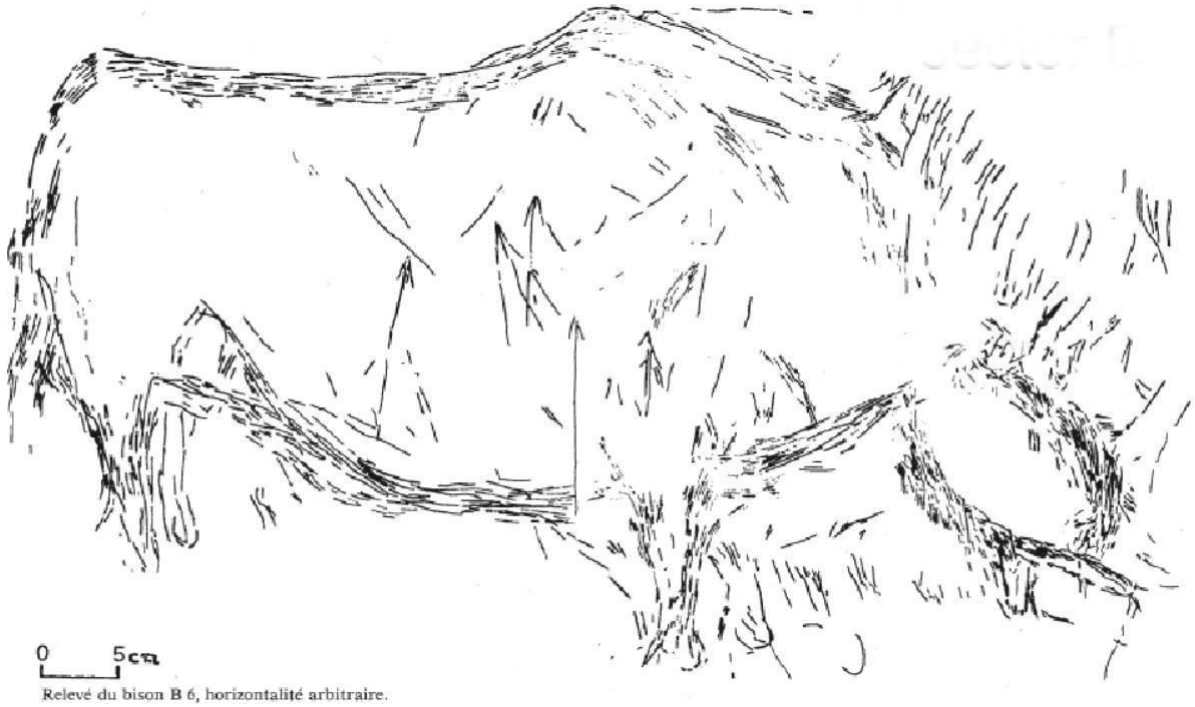


FIGURE 57 GROTTE DU MAS D'AZIL, GALERIE BREUIL, BISON GRAVE MAGDALENIEN – ENV. 14 000 AVANT LE PRESENT (D'APRES ALTEIRAC ET VIALOU 1986)

Cet aperçu du contexte général rapidement brossé, sans entrer dans le détail de la carte archéologique de l'Ariège, place les cavités retenues pour la Réserve Nationale Naturelle Souterraine (RNNSA) de l'Ariège dans un cadre patrimonial riche et complémentaire.

En outre, les sites archéologiques connus, bénéficiant déjà d'une protection de fait par la loi (Code du Patrimoine, Livre V) ou d'une protection au titre des Monuments Historiques (Code du Patrimoine, Livre VI) comme la grotte du Mas d'Azil ou celle de Massat, ne doivent pas cacher le fort potentiel archéologique non identifié de nombreuses cavités, dont

certaines sont incluses dans la liste du projet de RNNSA. En effet, chaque cavité ou porche a de fortes probabilités de receler des vestiges archéologiques ou paléontologiques.

3.2. INFLUENCE DE L'HOMME : OCCUPATIONS ET EXPLOITATIONS

Les populations humaines, depuis longtemps, ont parcouru les grottes, occupé les porches et abandonné derrière eux des vestiges riches d'enseignement pour la connaissance de leurs modes de vie, de leur environnement, de leurs expressions artistiques qui doivent faire l'objet de toute notre attention… L'impact sur le milieu naturel du passage de ces groupes, au moins au cours de la Préhistoire ancienne, apparaît négligeable, à quelques exceptions près. En effet, pour ces périodes, les changements climatiques globaux ont dû avoir un impact bien plus sensible (cf. infra).

Dès le Néolithique, l'incidence de la présence anthropique est de plus en plus marquante et perceptible, à commencer par l'aménagement de certaines cavités (utilisation en bergerie par exemple) voire par leur obstruction (utilisation sépulcrale) et peut être même par l'exploitation de guano (grotte du Mas d'Azil). Cette modification semble somme toute limitée.

Les fortifications et occupations de certaines cavités à partir de la période médiévale peut être considérée comme une première véritable modification importante de certaines configurations karstiques, parfois de manière irréversible.

C'est avec l'ère pré-industrielle, puis industrielle, que nous pouvons vraiment mesurer en archéologie l'ampleur conséquente des modifications du milieu souterrain. En effet, les ressources contenues dans les cavités vont voir une systématisation de leur exploitation (mine, extraction…). Nous prendrons ici à titre d'exemple le salpêtre et les phosphates.

Plusieurs grottes protégées par le projet de RNNSA peuvent être concernées par des vestiges des exploitations de salpêtre. La reconnaissance de ce type d'exploitation par les archéologues n'est pas toujours facile (structures d'exploitation légères), mais quelques occurrences autorisent maintenant à penser que ce type d'activité anthropique a pu avoir eu lieu dans de nombreuses cavités de l'Ariège. À titre d'exemple, la grotte du Mas d'Azil semble avoir fait l'objet d'une intense activité salpêtrière, sur plusieurs périodes réparties notamment entre le XVIe et le XIXe siècle. La reconnaissance de cette activité est d'une importance majeure à plusieurs points de vue :

- connaissance de l'histoire de la fréquentation de la grotte ;
- impact sur la morphologie des remplissages sédimentaires et leur lecture ;
- impact sur la perception, par les premiers archéologues, des niveaux archéologiques selon leur localisation dans la cavité ;
- possiblement, impact sur la morphologie des parois.

En outre, la présence de cette activité apporte indirectement des informations sur la présence ancienne de salpêtre sur les parois, donc sur les modalités d'altération de ces dernières dans certains secteurs des grottes par classification. En effet, la croissance de cristaux de salpêtre nécessite des conditions environnementales

particulières, qui semblent être ici en lien avec la présence d'importantes colonies de chiroptères à partir du début de l'Holocène.



FIGURE 58 GROTTE DU MAS D'AZIL, SALLE DEWOITINE, TAS DE DEBLAIS D'EXPLOITATION DE SALPETRE (CLICHE J.-Y. BIGOT/AFK IN JARRY ET AL. 2021A)

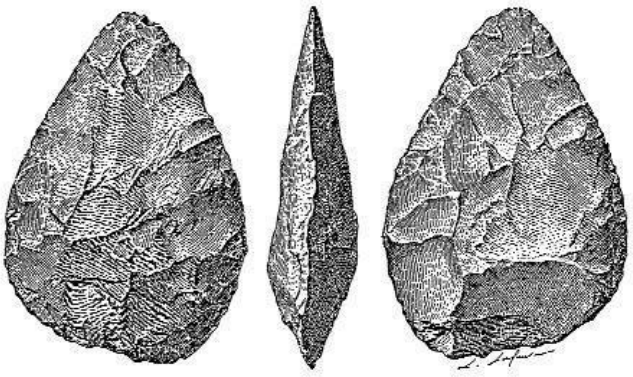
Un autre type d'exploitation humaine a profondément modifié l'aspect des cavités : les phosphatières. Les sols naturels et les vestiges anciens ont été profondément bouleversés, modifiés et déplacés au cours de la période historique pour extraire cette ressource. Elle sera plus ou moins ponctuelle et importante, mais atteindra sa plus grande intensité avec l'organisation quasi industrielle qui sera faite à la fin du XIXe siècle. À cette époque, il est convenu que la phosphorite, accompagnée d'argile sidérolithique et éventuellement de pyrolusite (oxyde de manganèse) a une origine liée à la présence d'ossements fossiles dans les cavités. Depuis, il a été démontré l'origine karstique du phénomène de concentration de la phosphorite, que peut compléter la remobilisation du phosphore en solution dans la roche encaissante, de l'apatite, mais encore du lessivage des cadavres et excréments. Ce minéral, contenant du phosphate, est recherché pour une utilisation comme engrais. D'autres utilisation sont possibles comme la fabrication du verre et de la porcelaine, mais au XIXe siècle ne maîtrisant pas le traitement industriel de la transformation en superphosphate, les recherches et exploitations vont être intenses dans les grottes, notamment fossilifères, dont on pense alors que la concentration en phosphorite a une origine purement animale (la phosphate étant un composant essentiel du corps des mammifères).

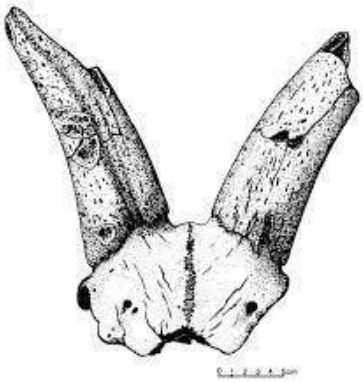
Ces exploitations anthropiques (mines, salpêtriers, phosphatiers) ont profondément modifié la configuration des cavités. Les occupations anciennes (archéologie, murs construits, fortifications), les explorations (archéologues, paléontologues, spéléologues, clandestins), les aménagements (routes, parcours touristiques, industrie touristiques, industrie e.i. bergeries, forges), ont contribué une « artificialisation » des cavités ariégeoises. Il est donc essentiel d'en connaître l'histoire et pour chacune des grottes, d'en estimer l'impact sur le milieu naturel, qui dans la plupart des cas, a dû s'adapter aux changements. L'archéologie et son volant historiographique apparaissent alors comme un instrument d'évaluation du milieu souterrain.

3.3. UN PATRIMOINE CULTUREL FRAGILE

Le monde souterrain est un milieu naturel qui, depuis la Préhistoire, a été investi par des groupes humains, que ce soit pour l'habiter, en faire le support de leurs expressions culturelles et cultuelles, le parcourir ou encore l'exploiter. Le karst est donc un contexte naturel souvent anthropisé et qui de toute façon voit ses vestiges archéologiques rencontrer les enjeux d'une fragilité partagée avec la biocénose. Il convient donc d'inclure la connaissance archéologique des sites dans une démarche de protection globale.

La liste des sites retenus dans le projet de RNNSA comporte une partie de sites archéologiques reconnus, dont certains d'importance majeure : la grotte du Roc Saint Martin, celle du Ker de Massat, de Malarnaud, du Portel, de Las Morts ou la petite Caougno. Pour chacune des cavités, le volet "patrimoine culturel" est détaillé dans les fiches sites en dernière partie de ce rapport scientifique.





Les menaces identifiables sur ce patrimoine archéologique, et pour ce qui concerne ce dossier plus spécifique aux grottes, ont été et sont de plusieurs ordres et n'appellent pas forcément les mêmes réponses.



Les menaces naturelles.

- la biocorrosion, qui peut être définie succinctement par le fait que tout élément vivant (biologique) présent dans une grotte (chauves-souris, oiseaux, humains…) va, par sa simple présence, produire une corrosion des parois, de manière plus ou moins marquée (cf. Partie 3, chapitre 2.3 « Processus de formation et d'altération dans parois dans une grotte »). Celle-ci, par contacts d'effluves ou diffusion/favorisation d'aérosols acides, peut avoir comme principale conséquence l'altération d'éventuelles œuvres d'art pariétal, mais aussi la dégradation de sols archéologiques ;
- les risques « mécaniques » : vidanges naturelles / soutirages, crues, effondrements (de parois ou de coupes sédimentaires issues de fouilles anciennes ou de fouilles clandestines). Ces risques restent à évaluer.

- changements environnementaux globaux : les mesures de températures réalisées à la grotte du Mas d'Azil par l'équipe du PCR, "Archives d'une grotte", ont montré une modification sensible des températures des salles. Cette augmentation, sur un délai pourtant court de quelques saisons, peuvent être majeures puisqu'elles peuvent induire des changements de climats des différentes salles. Cela peut influencer la répartition, pourtant stabilisée, des populations animales, ce qui peut entraîner des modifications dans la distribution des phénomènes de biocorrosion, mais aussi des bactéries portées par les animaux, infectant ainsi de nouvelles salles. La modification du climat des grottes peut aussi influencer la répartition des zones « de contact », déplaçant les phénomènes de gélifraction, éboulisation, mais aussi de condensation-corrosion. Tout cela peut alors avoir un impact sur les parois ornées.

Il semble que l'étude préalable des phénomènes naturels, au sens large (phénomènes en eux-mêmes) et au sens particulier sur chaque cavité, soit un préalable impératif à toute prise de décision, qui doit d'abord faire l'objet d'un consensus de problématique et de méthodologie, puis d'une phase de pré-test. Chaque modification du milieu, même pour la bonne cause, peut avoir par répercussion un effet pire que celui voulu.

Les menaces anthropiques volontaires.

- le pillage/fouilles clandestines : actes malheureusement classiques des sites archéologiques, la conséquence est grave et irrémédiable par la perte de données scientifiques. En outre, la réalisation de trous anarchiques ramène aux problèmes d'effondrements évoqués supra ;
- corollaire au point précédent, la vente des fossiles et des vestiges archéologiques (commercialisation rendant toute récupération de données impossible) équivaut à une perte de patrimoine scientifique ;
- le vandalisme : si le pillage est une forme d'action intéressée (par bêtise ou lucre), le vandalisme est une destruction volontaire, mais sans visée spécifique. Le contexte des grottes est très sensible au vandalisme pour deux raisons. La première est que c'est caché et souvent perdu et donc difficilement contrôlable. La deuxième est que c'est paradoxalement facilement repérable dans le paysage (contrairement à un site de plein air qui est indétectable si on ne connaît pas la position exacte du site.

Les menaces anthropiques involontaires.

Nous rassemblons ici les menaces liées à des intrusions humaines, y compris spéléologiques, qui par leurs seules fréquentations, sans être en lien avec les points du paragraphe précédent, peuvent pourtant avoir un impact non négligeable sur les contenus archéologiques des grottes :

- les visiteurs, par leur simple présence, entraînent trois phénomènes qui ont un impact sur les contenus archéologiques : a) le piétinement des niveaux superficiels ; b) le frottement sur les parois, mêmes ornées, oblitère définitivement toute étude de type ichnologique et c) le transport de bactéries, dont certaines peuvent avoir un impact irréversible sur les parois et les coupes stratigraphiques ;
- il en est de même pour le déplacement des vestiges, qui interdit les études ichnologiques mais aussi symboliques (gestes de type rituel comme la manipulation d'objets).

Sur ces points, l'information et la sensibilisation semblent de meilleures solutions transitoires, bien plus que l'interdiction dont l'effet est peu contrôlable. Dans ce sens, nous renvoyons comme exemple au récent le *Manuel des bonnes pratiques dans les sites ornés du milieu souterrain* édité par le ministère de la Culture en 2021.

Cette information peut être sur place (signalétique) mais aussi très en amont par la médiation sensibilisation (en milieu scolaire, couplé avec des sensibilisations au patrimoine, à la protection de l'environnement) et tissu associatif, club de spéléologie.

- Enfin, un dernier risque peut provenir de la réalisation de prélèvements pour études naturalistes qui, comme les prélèvements archéologiques qui doivent être problématisés, autorisés et contrôlés, peuvent causer des dommages sur les vestiges archéologiques. Une vigilance particulière devrait être portée à ce type d'intervention.

Les enjeux. Les sites archéologiques et potentiels gisements archéologiques sont protégés par la loi au sein du livre V du Code du Patrimoine, dont les bases ont été posée pendant la Seconde Guerre Mondiale (Loi dite Carcopino) et dont la dernière version a été consolidée par la loi dite LCAP (Liberté de la Création, Architecture et Patrimoine n° 2016-925) adoptée le 7 juillet 2016. Les principales nouveautés de cette dernière sont, et cela nous intéresse ici, qu'elle redéfinit la notion même de patrimoine archéologique en introduisant la notion de "contexte" (L510-1), élargissant de fait le périmètre de protection du site à celui du gisement.

Elle consacre aussi la valeur patrimoniale commune à la Nation en modifiant le statut de propriété des vestiges, qui revient dorénavant à l'État :

Code du Patrimoine

Livre V Article L510-1 : "Constituent des éléments du patrimoine archéologique tous les vestiges, biens et autres traces de l'existence de l'humanité, y compris le contexte dans lequel ils s'inscrivent, dont la sauvegarde et l'étude, notamment par des fouilles ou des découvertes, permettent de retracer le développement de l'histoire de l'humanité et de sa relation avec l'environnement naturel."

Article L531-1 : "Nul ne peut effectuer sur un terrain lui appartenant ou appartenant à autrui des fouilles ou des sondages à l'effet de recherches de monuments ou d'objets pouvant intéresser la préhistoire, l'histoire, l'art ou l'archéologie, sans en avoir au préalable obtenu l'autorisation."

Un deuxième niveau de protection peut être apporté par le même code (Livre VI) par un classement au titre des Monuments historiques qui protège le site par ce statut particulier, mais implique en outre un large périmètre de protection autour du site :

Code du Patrimoine

Livre VI Article L621-9 : "L'immeuble classé au titre des monuments historiques ne peut être détruit ou déplacé, même en partie, ni être l'objet d'un travail de restauration, de réparation ou de modification quelconque, sans autorisation de l'autorité administrative."

Livre VI : L621-30 : "La protection au titre des abords s'applique à tout immeuble, bâti ou non bâti, situé dans un périmètre délimité par l'autorité administrative dans les conditions fixées à l'article L. 621-31. Ce périmètre peut être commun à plusieurs monuments historiques. En l'absence de périmètre délimité, la protection au titre des abords s'applique à tout immeuble, bâti ou non bâti, visible du monument historique ou visible en même temps que lui et situé à moins de cinq cents mètres de celui-ci."

Il faut noter que ce périmètre de 500 mètres est par défaut et que le code du Patrimoine prévoit l'adaptation de ce périmètre :

Code du Patrimoine

Partie réglementaire Livre V Article R621.92.1 : "Préalablement à l'inscription d'un immeuble au titre des monuments historiques, le préfet de région saisit l'architecte des Bâtiments de France et informe la commune ou l'établissement public de coopération intercommunale compétent en matière de plan local d'urbanisme, de document d'urbanisme en tenant lieu ou de carte communale afin qu'ils proposent, le cas échéant, un projet de périmètre délimité des abords."

En outre, la mise en place d'un "site patrimonial remarquable peut être envisagés sur le territoire concerné :

Code du Patrimoine

Livre VI Article L631-1 : "Sont classés au titre des sites patrimoniaux remarquables les villes, villages ou quartiers dont la conservation, la restauration, la réhabilitation ou la mise en valeur présente, au point de vue historique, architectural, archéologique, artistique ou paysager, un intérêt public."

Tout cela peut être complété, sans que cela ne crée un dispositif de protection, mais constitue plutôt un "signal d'alarme" pour des travaux et aménagements, par la création autour de l'emprise des grottes, de zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA) :

Code du Patrimoine

Livre V Article L522-5 : "Dans le cadre de l'établissement de la carte archéologique, l'Etat peut définir des zones où les projets d'aménagement affectant le sous-sol sont présumés faire l'objet de prescriptions archéologiques préalablement à leur réalisation."

Partie réglementaire Livre V Article R523-6 : "Les projets d'aménagement affectant le sous-sol qui sont réalisés dans les zones prévues par les dispositions du deuxième alinéa de l'article L522-5 sont présumés faire l'objet de prescriptions archéologiques préalablement à leur réalisation. Ces zones sont définies dans le cadre de l'établissement de la carte archéologique nationale, par arrêté du préfet de région pris après avis de la commission territoriale de la recherche archéologique, en fonction des informations scientifiques conduisant à envisager la présence d'éléments du patrimoine archéologique."

Une fois donné ce cadre de définition patrimonial des biens archéologiques mobiliers et immobiliers, il convient d'évoquer les conséquences du non-respect de leur intégrité (dégradation, volontaire ou non, vol…).

La destruction, la dégradation ou la détérioration d'un immeuble classé ou inscrit au titre des monuments historiques ou d'une découverte archéologique faite en cours de fouille ou fortuitement constitue des délits sanctionnés par le Code Pénal :

Code Pénal

Livre III article 311.4.2 : "Le vol est puni de sept ans d'emprisonnement et de 100 000 € d'amende lorsqu'il porte sur :

1° Un objet mobilier classé ou inscrit en application des dispositions du code du patrimoine ou un document d'archives privées classé en application des dispositions du même code ;

2° Une découverte archéologique faite au cours de fouilles ou fortuitement ;"

Livre III article 322-3-1 : "La destruction, la dégradation ou la détérioration est punie de sept ans d'emprisonnement et de 100 000 euros d'amende lorsqu'elle porte sur :

1° Un immeuble ou objet mobilier classé ou inscrit en application des dispositions du code du patrimoine ou un document d'archives privées classé en application des dispositions du même code ;

2° Une découverte archéologique faite au cours de fouilles ou fortuitement, un terrain sur lequel se déroulent des opérations archéologiques ou un édifice affecté au culte."

Enfin, à propos des détecteurs de métaux, il convient de rappeler cet article important du code du Patrimoine (pour les conséquences, nous renvoyons à l'article 311.3.1 du Code Pénal) :

> ***Code du patrimoine***
>
> *Livre V Article L542-1 : " Nul ne peut utiliser du matériel permettant la détection d'objets métalliques, à l'effet de recherches de monuments et d'objets pouvant intéresser la préhistoire, l'histoire, l'art ou l'archéologie, sans avoir au préalable, obtenu une autorisation administrative délivrée en fonction de la qualification du demandeur ainsi que de la nature et des modalités de la recherche."*

Au-delà de ce cadre législatif très important, un certain nombre d'outils sont proposés par le ministère de la Culture afin de favoriser et diffuser la problématisation de l'archéologie, avec en premier lieu la Programmation Nationale de l'Archéologie, rédigé par le Conseil National de la Recherche Archéologique, qui permet d'offrir un cadre programmatique scientifique, complémentaire du caractère patrimonial des vestiges archéologiques. D'autres outils peuvent être consultés, rédigés sous la responsabilité de la Sous-Direction de l'Archéologie de la Direction du Patrimoine du ministère de la Culture (voir bibliographie : Etude et conservation des grottes ornées et sites d'art rupestre, 2024).

Ainsi, nous retrouverons le Manuel des bonnes pratiques des sites ornées en milieu souterrain édité par le Centre Nationale de la Préhistoire de la Sous-direction de l'Archéologie.

> ***Manuel des bonnes pratiques*** *(extrait p. 59) :*
>
> *"La conservation préventive vise à maintenir la stabilité d'un état de conservation jugé satisfaisant. Les contrôles doivent donc être réguliers et permettre de définir les différents éléments contribuant à la protection du site mais également de donner l'alerte (dépassement des seuils de tolérance) en cas de modification. Ces contrôles s'adossent au constat d'état initial. Cela concerne autant les œuvres contenues dans le site, que le comportement général de la cavité et tous les dispositifs matériels mis en œuvre. La détection des impacts directs, qu'ils soient naturels ou anthropiques, impose des méthodes non agressives d'observation ou de protection directe si nécessaire."*

3.4. LE PATRIMOINE ARCHEOLOGIQUE DU PROJET DE RESERVE NATURELLE NATIONALE SOUTERRAINE

Une fois défini ce cadre réglementaire, il peut être constaté, pour les cavités concernées par le projet de RNNSA, un véritable besoin d'approfondir les connaissances globales de ces sites, y compris en surface pour mieux les contextualiser. Il apparaît ainsi nécessaire d'expertiser, d'un point de vue archéologique et géoarchéologique, certaines cavités à potentiel, à l'image des grottes de Payssa, du Bourg, Espiougue ou Sabarat, afin d'améliorer leur protection. En outre, chacune des cavités mérite une révision de ses archives, potentiels et état de conservation (état sanitaire archéologique).

L'intégration de la connaissance archéologique à la connaissance du milieu souterrain est indispensable. L'archéologie, par sa vocation à étudier les populations humaines du passé, développe une connaissance des environnements (géologiques et biologiques) des contextes d'occupations, permettant une vision à long terme des changements environnementaux.

Présentation des fiches périodes. Le chapitre archéologie de ce dossier scientifique est complété par des fiches regroupant par période l'ensemble des occupations archéologiques des cavités de la réserve (voir annexe 9.c « fiches périodes ». Une frise chronologique présente sur chaque fiche permet de mieux se repérer dans le temps long.



FIGURE 61 FRISE DES PRINCIPALES PERIODES ARCHEOLOGIQUES A L'ECHELLE DU DERNIER MILLION D'ANNEES

Il n'existe pas à ce jour et au regard de la documentation, de découvertes antérieures à la période néandertalienne en Ariège. La première mention d'ossements néandertaliens en France se fait dans les grottes de Malarnaud-Soulabé en 1888. Ces grottes sont donc au titre de la paléontologie (présence de carnivores rares) et l'archéologie (occupation néandertalienne) des cavités majeures en Europe.

L'archéologie en Ariège est majoritairement connue pour la Préhistoire. Ainsi la réserve regroupe des sites comme Massat, le Portel ou l'Herm. Néanmoins les périodes néolithiques ou protohistoriques (âge des métaux) ne sont pas en reste comme à la petite grotte de Niaux, Las Morts ou Labouïche.

Trois grottes de la réserve (Sendé, Tourtouse et Peyronnard) sont maintenant identifiées comme des sites archéologiques à la suite de ce travail de collecte de données :

- Sendé était bien connu pour son riche gisement paléontologique mais la bibliographie et les collections conservées au Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse (notamment une hache polie) démontrent clairement l'occupation par l'Homme de la cavité au moins au Néolithique et à l'âge des Métaux.
- Pour Tourtouse les informations sont plus tenues mais suffisantes pour attester de l'usage de la grotte par les populations à l'époque antique. Des pièces monnaies antiques (non retrouvées) sont signalées au XX^{e} siècle dans la bibliographie. Pour cette étude, nous avons pu consulter l'entièreté des carnets de l'abbé Pouech aux archives départementales de l'Ariège. Pour cette occasion, ils ont été inventoriés et référencés. Un grand merci aux archives départementales de l'Ariège pour leur efficacité ! L'abbé Pouech visite de nombreuses fois la grotte de Tourtouse. Il prélève dans plusieurs salles de la poterie notamment tournée qui n'apparaît, dans le Sud de la France, pas avant l'âge du Fer voire à la période gallo-romaine.
- Enfin Peyronnard, sur la commune du Mas d'Azil est un cas un peu à part. Lors d'inventaires récents des collections archéologiques conservés au musée de la Préhistoire du Mas d'Azil, des cartons Peyrounard sont identifiés. Ces mentions sont retrouvées par Léo Bassuet, étudiant en Master au moment de l'inventaire. Grâce au concours du service Conservation, Archives, Archéologie et Patrimoine du département de l'Ariège, une première analyse succincte de ces cartons a pu avoir lieu. Ils comprennent de la faune récente et de la poterie provenant de la salle 2. La période est plus difficile à déterminer mais la cavité relève bien de la période proto-historique.

Ces fiches ont été réalisées sans revoir les collections elles-mêmes sauf à quelques exceptions près comme pour Tourtouse ou Peyronnard, sans complément de sondages ou de fouilles. Un important travail de reprise des collections, notamment pour les périodes plus récentes à partir du néolithique, permettrait de mieux cerner les

stratigraphies et d'identifier de nouvelles occupations comme le mésolithique ou les périodes antiques ou médiévales.

Le premier état de l'inventaire s'est appuyé sur les données du Service Régional de l'archéologie de la DRAC Occitanie ainsi que les publications parfois anciennes des différents chercheurs depuis le XIX^{e} siècle. Les archives Pouech ont été consultées pour toutes les mentions en lien avec les cavités de la réserve mais d'autres archives comme celles de Léon Pales, des Vézian ou de Robert Simonnet seraient à étudier.

Enfin, un mot sur le site emblématique de niveau international de la grotte du Mas d'Azil. Ce gisement majeur est important pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il s'agit d'un phénomène karstique marquant dans le paysage qui a dû de tout temps, et l'archéologie le démontre, avoir eu un attrait particulier sur les populations. Elle renferme une séquence sédimentaire d'une puissance et d'une définition telle qu'il s'agit là d'un des plus importants enregistreurs environnementaux, depuis (au moins) le Dernier Maximum Glaciaire jusqu'à nos jours. Il s'agit en outre d'un site de référence pour la Magdalénien, sans doute parmi les plus riches en art mobilier, sans compter l'art pariétal. Enfin, et c'est la principale renommée du site, et non des moindre, c'est le site éponyme d'une période de la Préhistoire : l'Azilien. Ce statut en fait une référence incontournable pour l'étude des civilisations de la fin de la dernière période glaciaire.



FIGURE 62 GROTTE DU PORTEL A LOUBENS, ART PARIETAL MAGDALENIEN (CLICHE J VERTUT IN LEROI-GOURHAN 1996)

L'analyse du patrimoine archéologique par site se retrouve dans les fiches sites (voir annexe 9.a : « fiches sites »). Ces fiches sont complétées par des tableaux d'évaluation du critère archéologie comme suit :

Score	0	0.25	0.50	0.75	1
Valeur	Nulle	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée

Valeur Archéologique :

La cavité ne présente aucun vestige archéologique	0
La cavité présente un intérêt potentiel malgré l'absence de données connues (cavité non référencée à la DRAC avec intérêt potentiel)	0.25
La cavité présente un intérêt probable non avéré (dont indice de site, données historiques)	0.50
La cavité présente un intérêt avéré (découverte de vestiges archéologiques)	0.75
La cavité présente un intérêt avéré majeur (site d'intérêt archéologiques)	1

Valeur Scientifique. La valeur scientifique, considérée également comme la valeur « centrale », d'une cavité est composée de quatre critères définis par GRANDGIRARD (1997) : l'intégrité, la représentativité, la rareté et la valeur paléogéographique :

- **Intégrité :** Ce critère mesure les atteintes et le niveau de préservation de la cavité. Les atteintes peuvent être soit de causes naturelles soit anthropiques.
- **Représentativité :** Il s'agit d'évaluer l'exemplarité de la cavité par rapport à l'espace de référence qu'est le terrain d'étude.
- **Rareté :** Cet indice est également noté en fonction d'un espace de référence. Il permet de mettre en évidence les cavités particulières et peu présentes dans la région d'étude.
- **Valeur paléogéographique :** Cette valeur sert à mesurer l'importance de la cavité dans la reconstitution de l'histoire du climat et de la Terre.

La valeur scientifique finale de l'objet est obtenue par la moyenne des quatre critères :

Valeur scientifique = (Intégrité + Représentativité + Rareté + Valeur paléogéographique) / 4.

Spécifiquement dans cette partie Archéologie, il convient notamment de définir l'intérêt de poursuivre ou de reprendre ou d'entreprendre des recherches dans ces cavités. L'archéologie contribue à la valeur scientifique de la cavité.

Valeur Éducative. Ce critère évalue l'importance de la cavité pour l'éducation et la formation. Il s'appuie sur les caractéristiques présentées précédemment : intégrité, représentativité, rareté, valeur paléogéographique.

Spécifiquement dans cette partie Archéologie, il convient notamment de préciser si le site archéologique est accessible facilement pour un groupe et visible à des fins de formations et d'éducation. Certaines cavités sont fermées au public mais peuvent faire l'objet d'une valorisation et d'une médiation « hors les murs ». L'archéologie contribue à la valeur éducative de la cavité.

La valeur archéologique globale de l'ensemble des sites de la réserve a été évaluée dans ses trois composantes : archéologique, scientifique et éducative :

	Archéologique	**Scientifique**	**Éducative**
Système du Baget	0.50	0.25	0.25
Grotte de l'Estelas	0.75	0.75	1
Grotte de l'Espiougue	0	0	0
Grotte du Roc Saint Martin	1	1	0.50
Grotte du Ker de Massat	1	0.75	0.50
Grotte du Sendé	0.50	0.50	0.50
Grotte de Siech	0.75	0.25	0.75
MSS Ravin de la Tire	0	0	0
Grotte de la petite Caougno	0.75	0.75	0.75
Grotte de Sabarat	0	0	0
L'aven de Trapech d'en haut	0	0	0
Grotte de Malarnaud	1	1	0.50
Grotte de Payssa	0.50	0.25	0
Grotte de Tourtouse	0.50	0.25	0
Résurgence des 9 fontaines	0	0	0
Système de la grotte de Moulis	0	0	0
Hyporhéique du Nert	0	0	0
Grotte d'Aliou	0.25	0.25	0.25
Grotte du Bourg	0	0	0
Grotte de Peyronnard	0.25	0.25	0.25
Grotte Perte du Portel	1	1	0.50
Grotte de Bernard	0	0	0
Rivière de Vicdessos	0	0	0
Grotte de Las Morts	0.75	0.25	0.50
Grotte d'Unjat	0	0	0
Résurgence de Labouïche	0.75	0.50	1
Le Mas d'Azil	1	1	1
Cigalère-Martel – Mines de Bentaillou	0	0	0
Fontaine de Fontestorbes	0	0	0

FIGURE 63 TABLEAU DE SNYTHESE DE LA VALEUR ARCHEOLOGIQUE DES SITES

4. LE PATRIMOINE PALEONTOLOGIQUE

4.1. NOTION DE PATRIMOINE PALEONTOLOGIQUE

Historique des connaissances. La paléontologie s'attache plus particulièrement à décrire l'évolution du monde vivant et se situe à l'intersection de la géologie et de la biologie. L'évolution est le résultat visible de phénomènes biologiques et géologiques qui déterminent l'apparition, l'évolution et la disparition éventuelle de certaines espèces. Concernant les vertébrés, chaque espèce ayant des exigences écologiques précises, l'identification des formes animales et des associations de faunes vont ainsi contribuer à reconstituer les environnements et écosystèmes, ainsi que les climats du passé.

Découlant de la paléontologie, l'archéozoologie s'intéresse aux vestiges des animaux découverts dans les sites archéologiques. Elle cible particulièrement les relations entre l'homme et l'animal, du point de vue naturel et culturel. Elle contribue, d'une part, à préciser l'évolution du milieu, ainsi que les capacités d'adaptation des espèces et, d'autre part, elle apporte des informations essentielles relatives aux économies de subsistance mises en œuvre par les différentes populations humaines au cours du temps. L'étude de ces interactions permet de préciser les comportements des groupes de prédateurs et/ou de pasteurs et, à travers les documents osseux retrouvés en contexte funéraire, concourir à mieux cerner le mode de pensée de ces populations anciennes.

La paléontologie et l'archéologie sont donc des points d'entrées privilégiés pour la connaissance des environnements biologiques des sociétés humaines du passé. Ce sont aussi des référentiels précieux pour la compréhension de l'évolution des environnements et ici le karst y est particulièrement sensible. Elles permettent, par leurs apports sur les connaissances paléoenvironnementales et paléoclimatiques, à mieux comprendre les capacités ou incapacité de réaction des biocénoses aux changements de leur environnement (température, humidité, ressources disponibles…).

La paléontologie est donc une discipline fondamentale et même essentielle qui vise à décrire les écosystèmes anciens voir, dans une certaine mesure, à évaluer l'évolution des environnements au cours du temps, identifier les facteurs de ces changements, pour mieux reconnaître les mutations qui ont cours actuellement et ce à partir de l'étude des restes osseux des faunes anciennes. Le milieu souterrain en particulier est un terrain propice à la préservation de ce patrimoine qu'il s'agit de protéger mais aussi d'étudier pour mieux caractériser les évolutions biologiques et écosystémiques.

Début de la paléontologie. Historiquement, la paléontologie est une discipline ancienne, vieille de près de deux siècles. Elle est à ce titre souvent déconsidérée dans les approches modernes tant sa méthodologie « classique » (observation macroscopique, anatomie comparée, mesures…) apparaît désuète aux yeux d'une communauté formée à l'emploi strict de nouvelles techniques. Ne perdons pas de vue que cette paléontologie classique joue toujours un rôle majeur, et même fondamental, dans la connaissance des ensembles archéo-paléontologiques. Elle est souvent une étape première et primordiale, très largement empreinte de naturalisme et étroitement liée à une fine connaissance du terrain.

Tout au long de son histoire, la paléontologie quaternaire demeure une discipline de terrain qui participe pleinement à la connaissance des environnements passés et à l'évolution comportementale des faunes (tant humaines que non-humaines) qui ont évolué au cours des trois derniers millions d'années. La recherche française joue un rôle de premier plan dans le développement d'une discipline, certes classique, mais bel et bien toujours en mouvement.

La paléontologie quaternaire est associée à de grands noms de la recherche dont l'un des plus célèbres reste Georges Cuvier (1769-1832). Anatomiste hors pair, Cuvier est à l'origine de l'anatomie comparée et produit de nombreuses publications paléontologiques dont certaines font date (e.g., Cuvier, 1812). Mentionnons aussi les travaux de Marcel de Serres (1780-1862), géologue et naturaliste, qui a mené de nombreuses recherches sur les cavernes à ossements du Midi de la France et qui a livré, par exemple, une étude complète du gisement quaternaire du Mas des Caves à Lunel-Viel (Hérault ; de Serres et al., 1828, 1839), connu comme l'un des plus importants repaires d'hyène des cavernes du Pléistocène moyen (Fosse, 1994). De manière tout à fait similaire, la grotte de Fouvent-le-Bas, près de Gray en Haute-Saône, a fait l'objet de nombreuses fouilles, dès la première moitié du XIXe siècle (de Blainville, 1838, Nodot, 1858).

Ces recherches florissantes du XIXe siècle et qui, pour nombre d'entre elles, sont encore régulièrement citées dans les travaux les plus récents, sont aussi le résultat d'un contexte particulier où s'affrontèrent des écoles de pensée. Celles-ci discutaient de l'origine des importantes quantités d'ossements mises au jour dans des sites que le Mas des Caves ou Fouvent (en France) ou Kirkdale (au Royaume-Uni), entre origine naturelle, fruit de phénomènes diluviens, ou apport des animaux troglophyles, des prédateurs en particulier (Fosse, 1995). Ce sont les nombreuses découvertes réalisées durant la seconde moitié du XIXe siècle, puis les travaux du XXe siècle qui ont résolu pour partie ces querelles.

Le XXe siècle est marqué, outre la mise en place des méthodologies de fouilles qui ont encore cours aujourd'hui, par la réalisation d'opérations toujours plus nombreuses ouvrant la voie à une connaissance fine des communautés animales qui occupèrent les territoires. En France, la paléontologie évolutive fait la part belle aux études fauniques. Nous pouvons à ce titre mentionner les travaux de Prat sur les chevaux ou sur les ours des cavernes (Prat 1968 ; Prat et Thibault, 1976), de Heintz (1970) sur les cervidés, de Bonifay (1971) sur les carnivores, ou encore de Guérin (1980) sur les rhinocéros. À quelques exceptions près, il faut attendre la seconde moitié du XXe siècle pour voir une approche différente des restes de faunes : les études archéozoologiques et taphonomiques[25] qui visent à identifier et caractériser les modes de subsistance des communautés humaines paléolithiques. L'étude des faunes participe activement à ce mouvement d'études globales des paléoenvironnements.

Soulignons l'intérêt croissant de la recherche paléontologique et taphonomique française pour les questionnements propres aux gisements naturels avec ou sans indices de présence humaine (Brugal et Jaubert, 1991). Ces travaux soulignent l'importance et la nécessité de développer des travaux de terrain et une recherche ciblée sur cette catégorie particulière de gisement où le fait humain n'est pas systématiquement présent mais qui nous

[25] La taphonomie est l'étude de l'enfouissement sous toutes ses formes aboutissant à la formation de gisements fossilifères.

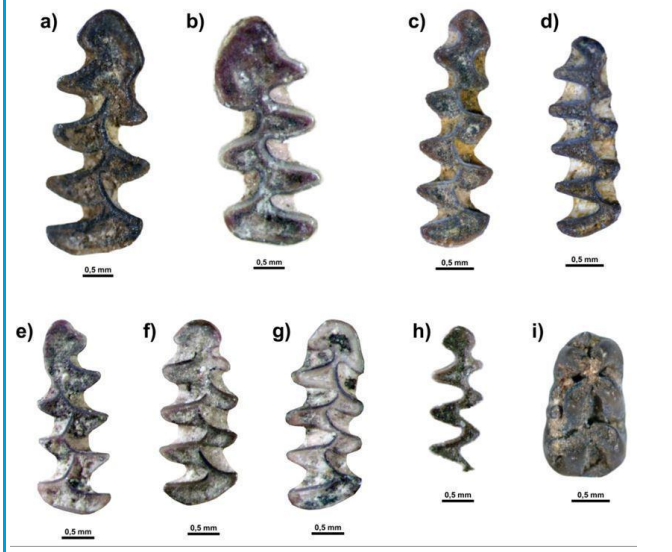
renseigne bel et bien sur les contextes paléo-écosystémiques au sein desquels les communautés humaines ont évolué.

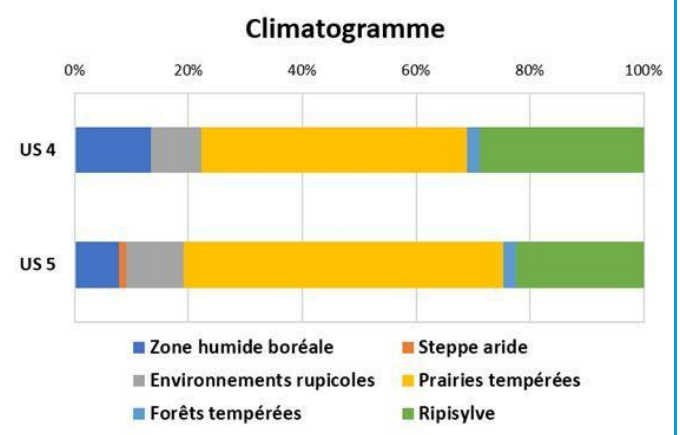
Enfin, les découvertes sont étroitement liées aux activités spéléologiques et aux liens créés entre spéléologues et paléontologues-faunistes. Il existe une réelle corrélation entre le développement de la pratique de la spéléologie et la multiplication des découvertes paléontologiques dans le karst. La sensibilisation des spéléologues à ce type de découverte est aussi un facteur déterminant. À de très rares exceptions, ce sont toujours les spéléologues qui sont à l'origine du signalement d'ossements dans le karst.

Avec le développement croissant des nouvelles approches analytiques, dont certaines sont développées dès les années 1950 (comme la datation radiocarbone), la paléontologie et la taphonomie se parent d'un nouveau corpus de méthodologies dites de pointe : approches statistiques toujours plus performantes (Machine learning), études des structures internes via des analyses non-destructives (CT-Scan, Synchrotron, modélisation 3D) et études des formes (photogrammétrie et morphométrie géométrique 3D). On observe alors un réel renouvellement de l'étude des ensembles archéo-paléontologiques.

En France, les problématiques paléontologiques et la connaissance du terrain apparaissent comme des enjeux majeurs. Ces recherches font suite aux avancées paléontologiques de la seconde moitié du XXe siècle, mais elles viennent compléter celles-ci via l'étude de ces ensembles sous un nouveau prisme : celui de la taphonomie. En effet, si la connaissance de ces faunes est essentielle à la restitution du contexte paléoenvironnemental, la taphonomie vise d'une part à produire une grille de lecture de la variabilité de ces ensembles osseux, mais aussi à caractériser la dynamique de ces remplissages. À ce titre, Coumont (2006) produit une importante recherche doctorale sur la thématique des avens-pièges. Ces travaux font date dans la recherche sur les archéofaunes en contexte karstique naturel et les publications subséquentes constituent un apport significatif pour la communauté des paléontologistes et taphonomes (e.g., Coumont, 2009).

Ainsi, en dépit d'une histoire ancienne, la paléontologie demeure une discipline de terrain constamment en mouvement où les méthodes et approches nouvelles se mêlent aux approches classiques.





Patrimoine paléontologique. La biodiversité occupe une place de plus en plus importante dans les préoccupations des scientifiques, de l'opinion publique et du monde politique. Protéger la biodiversité est devenu un impératif dont la prise de conscience est relativement récente. Chacun est concerné car la diversité biologique constitue une condition essentielle de l'environnement humain. Un des objectifs premiers des scientifiques est de comprendre la complexité des processus qui déterminent l'actuelle biodiversité sur Terre. Dans cette optique, les scientifiques attirent l'attention sur le fait que le monde actuel se lit pour une très grande part à la lumière de son passé. Les formes de vie qui existent aujourd'hui sur la planète sont celles d'un instant ; leur évolution, leur disparition, ne sont intelligibles que si on les replace dans leur très longue histoire.

Pour retracer l'histoire de la biodiversité et pour l'analyser, il faut faire appel aux fossiles (au sens large) qui sont ainsi les clés de la compréhension de l'évolution de la biodiversité (Neagu, 2010) :

- les fossiles et les sites fossilifères apparaissent comme la mémoire de la vie, de l'histoire qui a fait les faunes et les flores de l'Europe, une histoire qui se décline non pas en siècles mais en millions d'années (Saint Martin et al., 2010);
- les gisements fossilifères représentent les témoins essentiels pour déchiffrer les variations de la biodiversité (Gall, 2003).

Le patrimoine paléontologique ne se compose pas uniquement de restes d'êtres vivants fossilisés :

- les traces d'activité biologiques anciennes relevées dans les sédiments représentent un autre aspect de la vie sur terre, concernant alors le comportement (déplacement, actions trophiques, pontes…) des organismes (Saint Martin et al., 2010) ;
- le patrimoine paléontologique représenté par les fossiles et les gisements fossilifères prend le relais du patrimoine culturel pour raconter l'histoire de l'Europe et notre Histoire (Gall, 2003).

4.2. LES GROTTES D'ARIEGE : LIEU D'ACCUEIL DE FAUNES ANCIENNES

Paléontologie ariégeoise. La recherche paléontologique en Ariège n'est pas en reste. Les travaux menés sur les faunes quaternaires sont anciens. Harlé (1899) produit un premier inventaire des séries paléontologiques

préservées à Toulouse ; l'Ariège et certains de ses gisements majeurs (e.g., Mas d'Azil, Malarnaud) y figurent en bonne place. Les recherches anciennes sont nombreuses et soulignent bien la richesse du département avec certaines découvertes exceptionnelles mises en lumière dès la seconde moitié du XIXe siècle. À ce titre, mentionnons les restes de lion des cavernes de l'Herm publiés par Filhol (1871) ou encore les mentions de dhôle (canidé rare du genre Cuon) de Malarnaud par Harlé (1899). En outre, bien plus récemment, des thèses de doctorat (e.g., Gardeisen, 1994 sur la faune du Portel ; Dufour, 1989 sur les carnivores de Malarnaud) soulignent l'intérêt paléontologique de l'Ariège.

D'autres synthèses, qu'elles soient générales (e.g., Clot et Duranthon, 1990) ou propres à l'étude d'un taxon en particulier (e.g., Fosse et al., 2021), démontrent la place importante des collections ariégeoises dans la recherche paléontologique, attestant aussi bien de ce patrimoine unique que de la nécessité de poursuivre des recherches sur les gisements archéo-paléontologiques du département.

Menaces :

- le pillage / les fouilles clandestines ;
- la vente des fossiles et des vestiges ;
- le vandalisme ;
- la destruction lors de piétinement ;
- le déplacement des vestiges (hors connexion, hors stratigraphie et hors contexte).

Les fossiles représentent un patrimoine non renouvelable. Par le pillage des gisements fossilifères, les scientifiques sont non seulement privés d'échantillons d'un intérêt exceptionnel, mais la destruction irrémédiable d'exemplaires jugés moins beaux car non commercialisables réduit d'autant la richesse de l'information qu'une étude détaillée du site pouvait délivrer. Le commerce des fossiles, tout comme celui des minéraux, encourage la prospection intensive des gisements et leur épuisement à plus ou moins brève échéance. Il se trouve aussi à l'origine d'un accroissement des vols constatés dans les musées et les collections publiques. Ces pratiques se développent d'autant plus rapidement que beaucoup d'institutions scientifiques d'Europe connaissent des difficultés croissantes pour protéger le patrimoine paléontologique et minéralogique abrité dans leurs locaux. Comme tous les éléments de notre environnement, ils sont cependant fragiles et cette mémoire du passé peut s'effacer complètement. Certains gisements ont ainsi disparu pour diverses raisons : érosion, urbanisation, désintérêt des instances publiques, pillage (Saint Martin et al., 2010).

Enjeux :

- l'information et la sensibilisation du public
- le contrôle de la commercialisation

L'intérêt suscité par certaines « stars fossiles » comme le sont les dinosaures ou les Mammouths est un moyen d'attirer l'attention des autorités et du public sur l'intérêt de préserver le patrimoine paléontologique *in situ*. Les collections paléontologiques sont le témoignage d'une continuité dans l'activité scientifique et s'enrichissent encore aujourd'hui par l'enthousiasme et la passion des paléontologues qui écrivent de nouvelles pages de l'histoire de la connaissance. La recherche sur les collections de paléontologie passe par la mise en commun des informations tirées du travail de terrain et sur l'élaboration de bases de données nécessaires à l'évaluation de la

biodiversité (Pacaud, 2010). La valorisation de ce patrimoine paléontologique d'importance capitale, alors que de nombreux gisements ont d'ores et déjà disparu, passe nécessairement par la consolidation d'un réseau de collaborations visant à une exploitation raisonnée des informations, une uniformisation des procédures de systématique, une mise à disposition pour la communauté internationale à travers tous les moyens de communications possibles, notamment le réseau internet.

Face à une situation de pillage et de trafic illicite, bon nombre de pays d'Europe ont pris des mesures ponctuelles pour enrayer la dilapidation de leur patrimoine paléontologique. La France intègre la paléontologie quaternaire à la programmation nationale du Conseil National de la Recherche Archéologique (Programmation nationale de l'archéologie, 2023), au sein de l'axe 1 : « Humanités de la fin du Pléistocène inférieur et du Pléistocène moyen » avec son programme 1.2 : « Les gisements paléontologiques, avec ou sans indice de présence humaine » :

- favoriser les interventions sur les gisements paléontologiques au sein desquels il faut mettre en évidence les éventuelles interactions Homme/animal (restes anciens) ;
- renforcer les expertises taphonomiques et technologiques, pour établir le caractère assurément anthropique des objets lithiques découverts en contexte stratigraphique ancien, au-delà du recueil des restes anciens de la lignée humaine qu'il faut, par ailleurs, poursuivre assidûment.

Tant en archéologie préventive que programmée, il convient de favoriser les interventions sur les gisements paléontologiques (et donc de maintenir l'obligation de demande d'autorisation spécifique pour les opérations programmées les concernant). Ces sites sont essentiels pour la caractérisation des paléoenvironnements préhistoriques et l'éventualité de découvrir de très anciens témoins de présence humaine. Ils permettent en effet :

- d'affiner les modélisations taphonomiques sous différents aspects : processus d'accumulation et de modification par des agents biologiques, processus naturels de vieillissement des taphocénoses[26]… ;
- de recueillir des restes anciens de la lignée humaine au sein de repaires de carnivores ;
- de mettre en évidence de possibles interventions humaines sur des accumulations préexistantes ou en tant que responsables des accumulations ; cet aspect dépasse la seule recherche de premiers indices de présence humaine et s'entend dans la diachronie (partages hommes-carnivores…) ; cela offre également des clefs de compréhension de l'accès par les paléolithiques aux espaces souterrains.

Richesse faunique globale. Les gisements archéo-paléontologiques ariégeois, comme en atteste une littérature scientifique abondante, couvrent une chronologie longue s'étendant sur les 110 derniers millénaires où une faune extrêmement diversifiés de carnivores, de périssodactyles (famille des chevaux et des rhinocéros), de cétartiodactyles (famille des bovins, caprins, et cervidés), entre autre, documente l'évolution des environnements anciens marqués pour cette période par la dernière tempérée (MIS5 vers 110-100ka BP) et les importantes glaciations qui suivent jusqu'à l'Holocène (vers 10.000 BP).

Nous avons fait le choix de signaler toutes les occurrences des publications, recoupées par de nombreuses sources disponibles sans pour autant réaliser un retour dans les collections à proprement parler. Il sera nécessaire de reprendre un à un les corpus à la lumière des nouvelles avancées méthodologiques, parfois éparpillées en Occitanie et en France, ou à l'étranger pour des sites comme l'Herm.

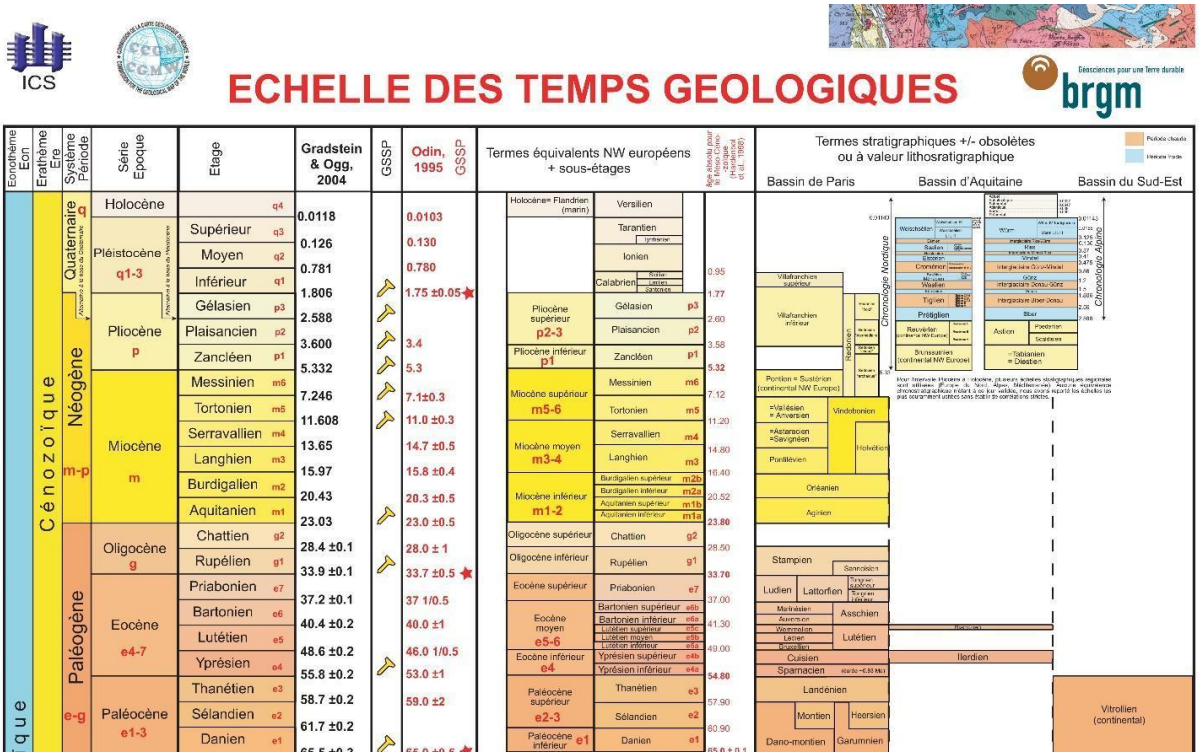
[26] Taphocénose : ensemble des êtres vivants (individus ou espèces) fossilisés dans un même milieu.

La réserve nationale naturelle souterraine de l'Ariège comprend en l'état des recherches 17 sites (sur 29) conservant des vestiges paléontologiques. Elle comprend des sites majeurs pour la connaissance de la faune, d'intérêt européen :

- la grotte du Roc Saint Martin (ours des cavernes) ;
- les grottes de Malarnaud-Soulabé (présence importante de carnivores notamment une mention de Cuon) ;
- la grotte du Mas d'Azil (faune riche avec une chronologie large, mammouth, rhinocéros laineux, lynx boréal…) ;
- la grotte Bernard (important gisement de rennes) ;
- la grotte du Portel particulièrement bien étudiée ;
- les grottes du Ker de Massat.

Certaines cavités ne sont signalées que par quelques mentions, essentiellement d'ours des cavernes : Siech, Labouïche, Unjat, Martel-Cigalère, Las Morts, Tourtouse, Peyronnard.

Les fiches « espèces paléontologiques » (voir annexe 9.d, « fiche espèces paléontologiques ») utilisent plusieurs unités de temps, notamment en fonction de la zone géographique de référence : Pliocène, Pléistocène (supérieur, Moyen, Inférieur), Holocène, Villafranchien (inférieur et supérieur), Mindel, Riss, Wurm (I, II, III, IV). Certaines sont parfois désuètes voire obsolètes. Deux graphiques sont disponibles pour faire les différentes concordances.



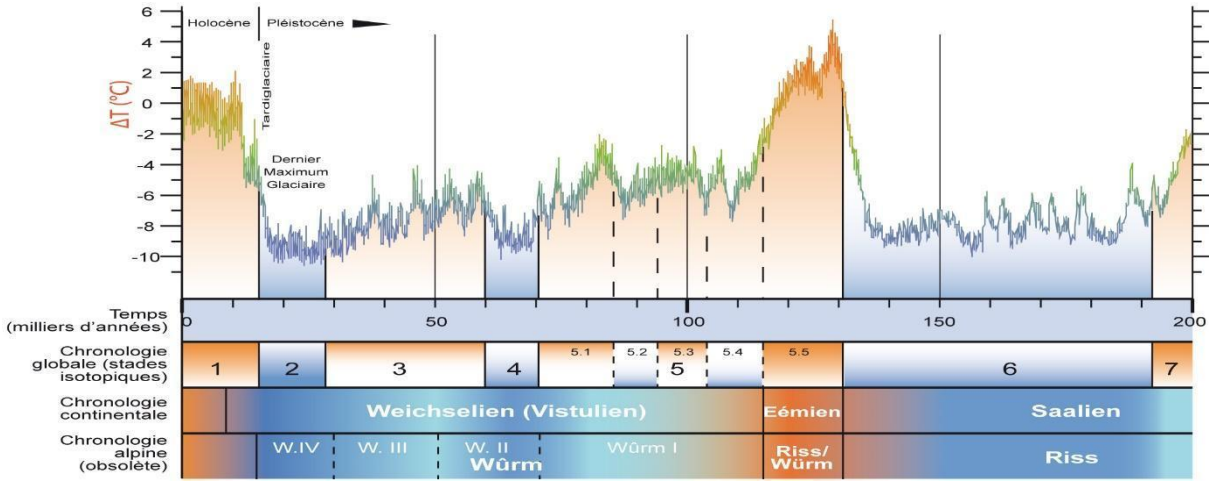


FIGURE 65 FRISE DES TEMPS GEOLOGIQUES ET POSITIONNEMENT DU QUATERNAIRE

Ce dossier se limite tout au plus à la faune Pléistocène avec des incursions dans la Pliocène. Il serait intéressant tout d'abord de poursuivre la recherche et les inventaires pour la faune plus ancienne. Dans les carnets de l'abbé Pouech, est mentionné régulièrement ces trouvailles de faune fossilisé, parfois en grotte. Les cavités de la réserve ne sont certainement pas dénuées d'autres richesses paléontologiques. Dans le Plantaurel, canton du Mas d'Azil, il n'est pas rare de trouver des faunes crétacées en abondance (cf. par exemple la récente découverte d'une nouvelle espèce de mammifère euthérien, Azilestes, dans les niveaux du Crétacé supérieur (grès de Labarre) sur la commune du Mas d'Azil (Gheerbant et Teodori 2021). Il convient de citer aussi les marnes d'Auzas (Bilotte 1980 ; Bilotte et al. 1983) qui ont livré de nombreux restes fossiles, dont de nouvelles espèces (e.g. Boukhary et Abd El Naby, 2019).

De plus en plus de paléontologues et d'archéozoologuies s'intéressent à la micro-faune, notamment à tous les mulots et autres souris, musaraignes ou les oiseaux… Des données sont connues pour Malarnaud, Le Mas d'Azil, Bernard, le Portel, Massat, l'Herm ou encore la petite Caougno. Elles ne sont pas présentées les fiches en annexe. Il en est de même pour la flore fossile, qui ne sont pas abordées dans ce dossier car les données sont manquantes. Nous connaissons dans la grotte du Mas d'Azil des fossiles d'éponges de mer géantes présentes dans des parties difficilement accessibles. Tout autour, d'autres fossiles peuvent être identifiés. Un important travail d'inventaire est à entreprendre pour illustrer l'évolution de la flore et de la biodiversité sur le temps long.



5. ENVIRONNEMENTS ET PATRIMOINE PALEOENVIRONNEMENTAL

Le patrimoine paléo-environnemental, héritage du Quaternaire. La radiation ou « explosion évolutive » du genre Homo et la disparition des mammifères géants de presque tous les continents, il y a un peu plus de 2,5 millions d'années, correspondent au début du Quaternaire. Cette période géologique est plus froide que la précédente, appelée Pliocène, puisqu'elle voit l'installation pérenne de la calotte glaciaire arctique. Elle est marquée par la mise en place des cycles glaciaires, où alternent des phases froides ou sèches et plus chaudes ou humides selon les régions du globe.

La concordance entre les variations climatiques enregistrées dans les calottes glaciaires et les rythmes orbitaux de la Terre en est la démonstration (Hays et al., 1976). Entre la fin du XIX^{ème} et le début du XX^{ème} ont été mis en évidence trois phénomènes cycliques dits de Milanković (excentricité de l'orbite terrestre, obliquité de l'axe de rotation par rapport à l'orbite et précession des équinoxes) du nom de son inventeur, qui modifient la position de la Terre par rapport au Soleil et provoquent une fluctuation de l'énergie reçue en fonction des saisons et des hémisphères. Le paramètre le plus important depuis 1 million d'années est l'excentricité, c'est-à-dire la forme que décrit le parcours de la Terre autour du Soleil. Par grands cycles d'environ 100 000 ans, l'ellipse s'allonge et la Terre s'éloigne de l'astre lumineux, provoquant les grandes glaciations. Elle reçoit alors jusqu'à un quart d'énergie en moins en hiver. C'est parce que l'impact de ces phénomènes est global que les scientifiques utilisent, pour se caler chronologiquement, les stades isotopiques de l'oxygène relevés lors de carottages et d'analyses des calottes polaires.

Nous sommes aujourd'hui, et ce depuis le début du Mésolithique qui succède au Paléolithique, il y a 11 700 ans, dans une phase dite « interglaciaire ». Elle fait l'objet d'une subdivision spécifique du Quaternaire appelée Holocène. En France, le climat est globalement tempéré, plus ou moins humide, avec des saisons marquées. La forêt recouvre le territoire, majoritairement composée d'essences caduques avec quelques conifères. La faune est celle que nous rencontrons dans nos forêts actuelles : cerf, sanglier, chevreuil, castor, ours, loup, renard, chat sauvage, écureuil, taupe, passereau, ainsi que l'aurochs (taureau sauvage) aujourd'hui disparu, pour ne citer que quelques espèces emblématiques.

Ce contexte environnemental, avec bien sûr des périodes transitoires, peut être projeté pour toutes les phases interglaciaires précédentes, soit à peu près tous les 100 000 ans. Ainsi, les populations anciennes ne vivent pas toujours en climat froid glaciaire. Les Néandertaliens connaissent même, lors de l'avant-dernier interglaciaire, entre 130 000 et 115 000 ans, un climat plus chaud qu'aujourd'hui. Le paysage est alors un peu moins forestier et le rhinocéros, l'éléphant de prairie, le lion et l'hyène se joignent à la faune déjà présente.

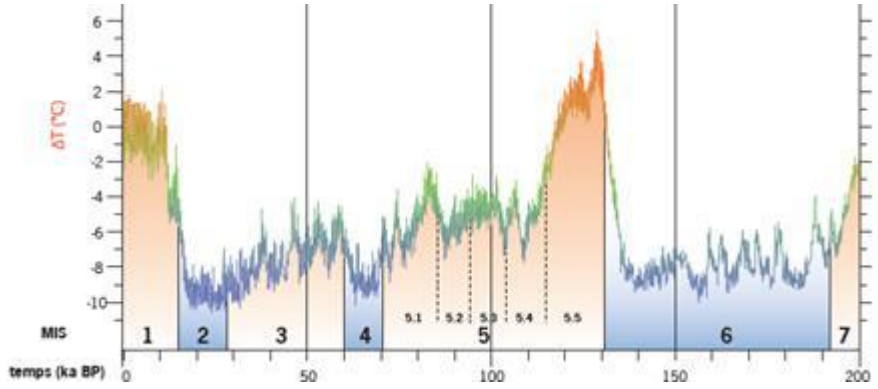


FIGURE 67 VARIATIONS DES TEMPERATURES GLOBALES D'APRES LES ENREGISTREMENTS DES CALOTTES POLAIRES, MARC JARRY INRAP- TRACES D'APRES LES COURBES CLIMATIQUES DE JEAN JOUZEL ET AL. 2007

Qu'en est-il des phases froides ? Prenons l'exemple de la dernière phase glaciaire. Elle commence il y a environ 70 000 ans et se termine par un rapide réchauffement, appelé le Tardiglaciaire, aboutissant, il y a 11 700 ans, à notre interglaciaire, l'Holocène. Cette phase glaciaire accompagne l'installation de l'espèce *Homo sapiens* sur notre territoire. Plaçons-nous à l'extrême climatique, au pic de froid d'il y a 21 000 ans, que l'on appelle le Dernier maximum glaciaire. La température est globalement inférieure de 10 degrés par rapport à aujourd'hui. La calotte glaciaire descendant du pôle couvre les actuelles Dublin et Berlin. Au Sud de ce glacier, c'est un désert polaire, balayé par un vent arctique chargé de sables : les loess. Plus au Sud, entre la Seine et la Loire, seule une toundra peut se développer. Le sud-ouest de la France apparaît comme un refuge avec quelques steppes, mais le Bassin aquitain n'est guère accueillant, avec le développement d'un désert des Landes prolongé par la Garonne et le piémont du Gers et de l'Armagnac, puis par le Lauragais, qu'un vent glacial et l'absence de végétation rendent difficilement habitables. Les blocs de glace descendent jusqu'à hauteur de la Gironde ; le Gulf Stream est arrêté. Le Massif central et les Pyrénées sont recouverts d'importants glaciers. Dans la vallée du Rhône, un mistral descend du Nord. Ces développements glaciaires entraînent une baisse globale des eaux des mers et des océans, éloignant les côtes. Le pourtour méditerranéen, les vallées protégées des Charentes, du Périgord ou du Quercy, mais aussi du piémont pyrénéen, sont les derniers refuges. Notons cependant qu'il ne faut pas oublier que les saisons sont bien marquées, avec des étés plus cléments.

Ensuite, avec le réchauffement global, la calotte glaciaire recule, rendant accessibles à pied les îles Britanniques par la grande vallée de la Manche et le Doggerland. Les steppes reconquièrent le Nord, ce qui favorise le développement des grands troupeaux d'herbivores. Chevaux, bisons, rennes, aurochs, mégacéros, hyènes tachetées, mammouths et rhinocéros laineux, ou encore des lièvres variables parcourent alors ces grandes plaines. En marge des déserts polaires, on croise l'antilope saïga, en montagne des bouquetins, des chamois, des marmottes mais aussi, dans les grottes, des ours et des lions des cavernes. Des pingouins et des phoques se promènent sur les côtes. Les rivières sont riches en saumons.

De quoi largement alimenter le garde-manger des populations humaines, ce qui n'empêche pas un agrément en végétaux. Cet environnement changeant des temps paléolithique et mésolithique impose des choix de la part des groupes humains, qui influent sur leurs modes de vie, variés dans le temps et dans l'espace même si ce sont tous des chasseurs-cueilleurs nomades.

Au Néolithique, au contraire, les premières installations dans les Pyrénées sont connues dès -5 200 / - 4 500 ans BC (Galop 2005). Une occupation forte du milieu montagnard est attestée à partir du Néolithique moyen (-4 200 / -3 700 ans BC), avec plusieurs phases d'expansion. L'activité agro-pastorale est dès lors marquée même si son impact reste modéré sur la végétation forestière (Galop 2001) sauf au-dessus de 2000 mètres d'altitude où la limite supérieure forestière est abaissée (Galop 1998, Rendu 2003). Dès lors, le facteur anthropique est introduit comme facteur des transformations environnementales (Galop 2005).

Les enregistrements paléo-climatiques en Ariège La chaîne pyrénéenne est jalonnée de massifs karstiques dont les cavités constituent depuis toujours des pièges sédimentaires, témoins des changements environnementaux, notamment liés aux différentes phases glaciaires pour leur enregistrement quaternaire. Il n'est désormais plus à démontrer que les dépôts endokarstiques sont particulièrement performants dans l'étude des paléoenvironnements (Perrette 2000) et des paléoclimats (Couchoud, 2006, Wainer, 2009, Genty et al. 2005). Ainsi, les grottes, préservant en son sein des témoignages de ces dynamiques non identifiables car mal préservés à l'extérieur, renseignent les dynamiques hydrosédimentaires et les conditions paléoenvironnementales et paléoclimatiques à l'échelle du département. Parmi les clastres, comblements argileux et concrétions souterraines, témoins de l'évolution du système karstique et des conditions climatiques et hydrologiques régionales, l'étude des stalagmites a été privilégiée dès les années 1980. Leur étude à haute résolution permet de départager les parts du climat et de l'humain dans les changements environnementaux. À cela s'ajoute depuis peu l'étude des guanos de chauves-souris qui peuvent être considérer comme de nouveaux proxies à haute résolution.

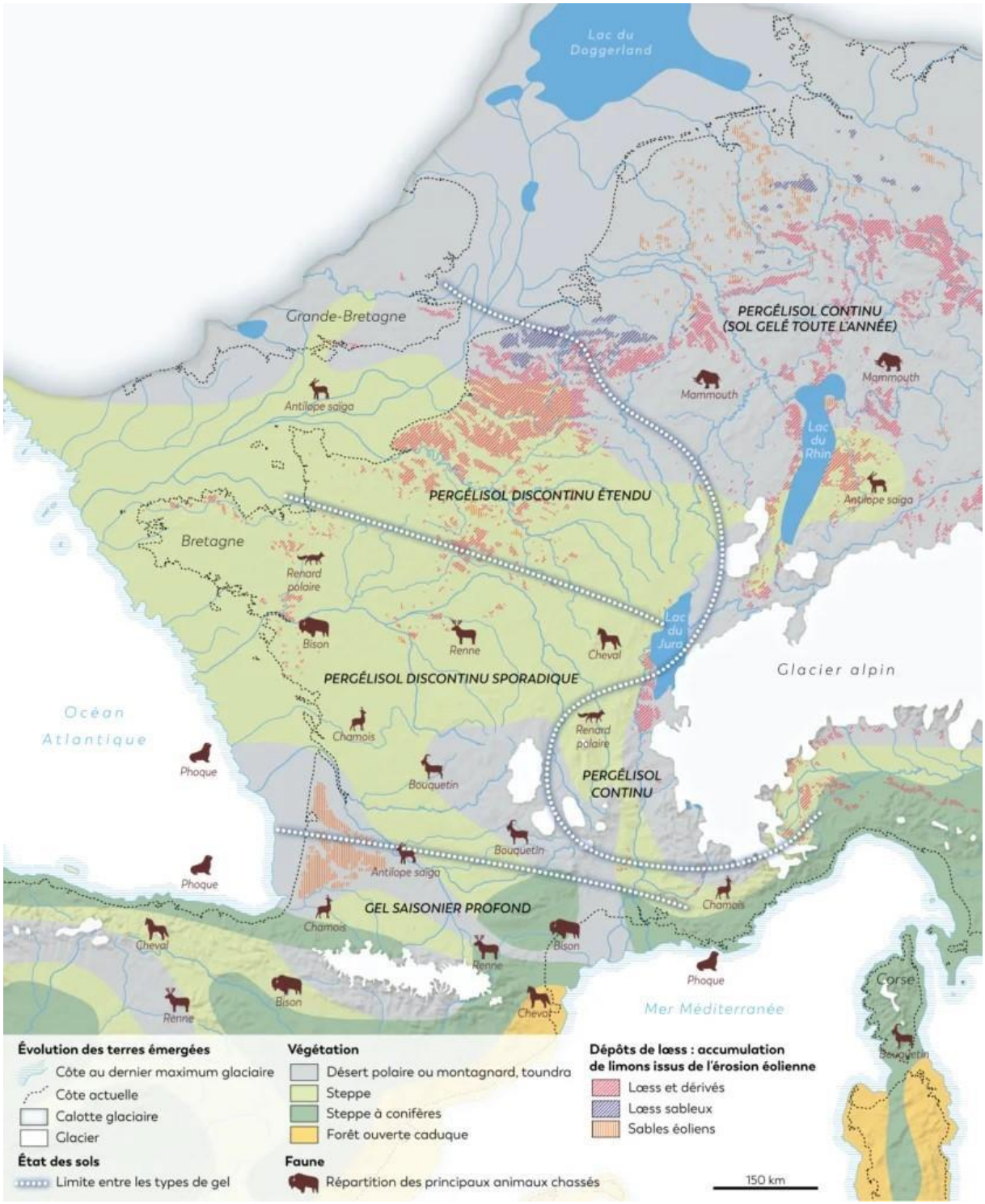


FIGURE 68 CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES DURANT LE DERNIER MAXIMUM GLACIAIRE SUR LE TERRITOIRE DE L'ACTUELLE FRANCE ET PAYS LIMITROPHES (D'APRES MARC JARRY / INRAP-TRACES, DESSIN AURELIE BOISSIERE, IN : D. GARCIA ET M. BOUIRON DIR. ATLAS ARCHEOLOGIQUE DE LA France

Le département de l'Ariège comprend des réseaux karstiques parmi les plus grands de France (Niaux Lombrives Sabart, grotte de la Cigalère, Coume Ouarnède) ainsi qu'une multitude de réseaux d'ampleur plus modeste. Plusieurs sites sont majeurs d'un point de vue patrimonial. La connaissance de ces karsts, par l'étude de

leur formation, de leur évolution, de leurs fonctionnements et de leur histoire est donc essentielle. Ces karsts constituent également des pièges sédimentaires. En effet, par les rivières ou les écoulements qui les ont traversés, par l'apport de sédiments venus de la surface par le biais d'avens ou de dolines par exemple, les cavités ont servi de réceptacles aux sédiments venus de l'extérieur. Ces derniers, protégés des phénomènes d'érosion extérieurs, constituent maintenant des archives exceptionnelles renseignant les conditions environnementales passées et leur évolution (paléoclimat, évolution de la faune et de la végétation, anciennes dynamiques des rivières etc.).

Ces séquences sédimentaires sont présentes dans une majorité de sites et recèlent souvent des informations paléoenvironnementales de valeur régionale. Pour exemple, les remplissages sédimentaires de la grotte du Mas d'Azil, qui ont fait l'objet d'études scientifiques récentes (carte morphokarstique, relevés stratigraphiques), ont permis de restituer l'évolution de la vallée de l'Arize en fonction des alternances de périodes glaciaires et interglaciaires, ce qui renseigne sur l'environnement fréquenté par les populations préhistoriques dans les vallées du piémont pyrénéen : présence d'anciens lacs, zones de microclimats favorables à l'installation des populations, etc.

Ces archives sédimentaires sont également présentes dans les grottes des grandes vallées glaciaires, renseignant notamment sur les évolutions des fluctuations des langues glaciaires (grottes de la Vache, Bédeilhac, Niaux…). Des archives plus anciennes encore, souvent à l'état de lambeaux, donnent des éléments d'évolution ancienne des massifs (grotte de Peyronnard par exemple).

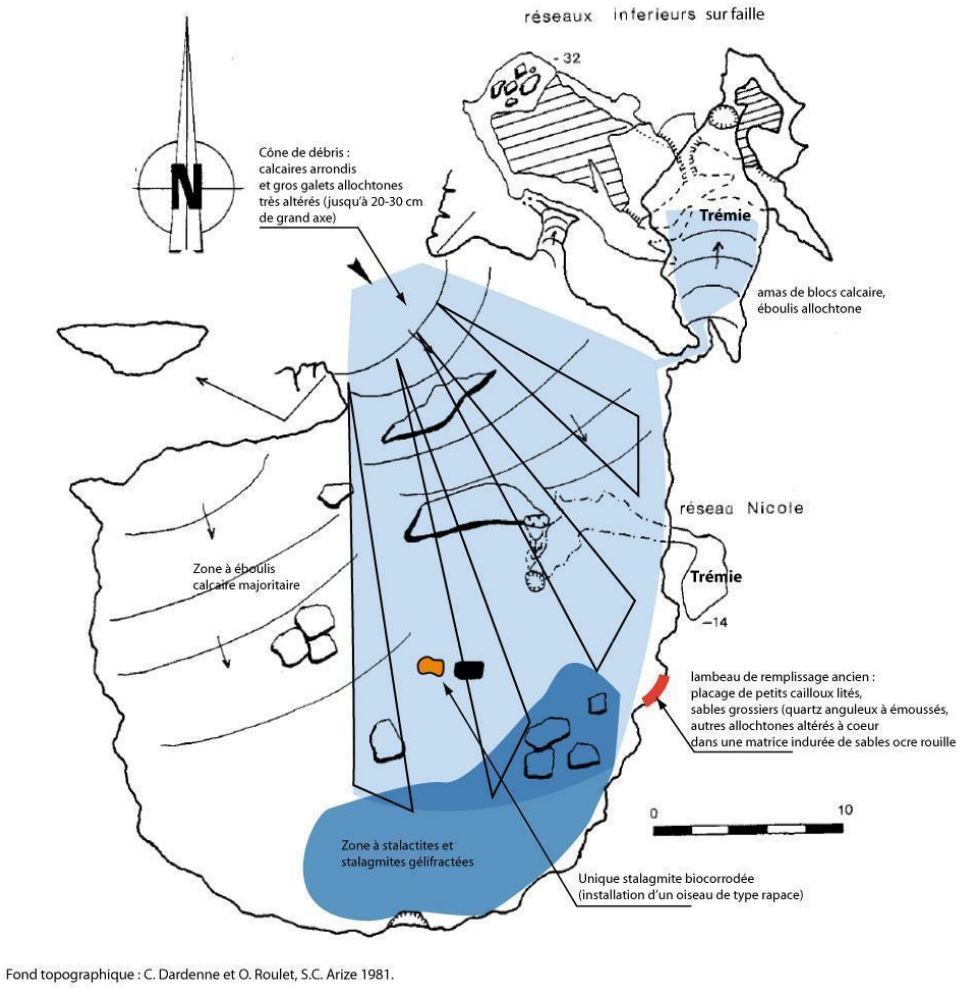
Enfin, des études environnementales actuelles, notamment sur l'aérologie des cavités, apportent des informations essentielles à leur fonctionnement actuel et aux conditions favorables (ou pas) au développement des populations de faune comme les chiroptères ou encore à la préservation des vestiges archéologiques, notamment l'art pariétal. Ces études sont essentielles pour la prise de mesures conservatoires destinées à protéger le patrimoine souterrain et une surveillance accrue est d'autant plus importante pour suivre et comprendre l'impact des modifications climatiques actuelles sur le milieu souterrain. Plusieurs grottes d'Ariège sont instrumentées, certaines depuis plusieurs décennies et d'autres plus récemment, en particulier pour l'étude des chiroptères et de la biocorrosion.

Les terrains karstiques qui jalonnent les versants nord-pyrénéens sont susceptibles de constituer, à l'instar de la grotte du Mas d'Azil, des zones de piège ou de relais pour les archives sédimentaires.

Lorsqu'elles sont en lien direct avec une activité hydrosédimentaire, leur étude peut apporter :

- des informations sur les évolutions paléoclimatiques avec une résolution exceptionnelle, en particulier lorsque ces dynamiques sont intercalées avec des occupations humaines, dont la caractérisation permet une précision chronologique inégalée par les autres méthodes de datation ;
- des informations sur les conditions paléoenvironnementales des sites fréquentés par les groupes humains ;
- des informations sur la taphonomie de ces sites.

Parallèlement, ils peuvent permettre la construction d'une base de données sur les zones sensibles dans les sites karstiques et les mesures de protection envisagées, notamment par le biais des travaux sur les phénomènes d'altération des parois et le couplage des données physico-chimiques, biochimiques et aérologiques.



Fond topographique : C. Dardenne et O. Roulet, S.C. Arize 1981.

FIGURE 69 GROTTE DE PEYRONNARD, LE MAS D'AZIL, (DESSIN C. PALLIER / INRAP-TRACES SUR FOND TOPOGRAPHIQUE D'APRES C. DARDENNE ET O. ROULET / S.C.ARIZE IN JARRY ET AL. 2021A)

Un exemple d'approche spécifique : températures et aérologie dans la grotte du Mas d'Azil. Les différentes phases d'occupation et d'usage de la grotte révélées par l'archéologie permettent de jalonner l'histoire de son évolution. Cependant, les travaux d'excavation pour la route et les fouilles archéologiques du début du XXème siècle ont introduit des changements importants dans les morphologies de galerie et dans la dynamique aérologique et donc écologique de la cavité. Les influences de l'aérologie sur les morphologies de paroi sont importantes dans ce type de cavité. Cela induit des processus de corrosion de condensation en fonction de la température de l'air qui circule dans le réseau de conduits et localement à la formation de concrétions de condensation (Cailhol, et al., 2021).

La présence de colonies de chiroptères dans différentes parties du réseau spéléologique vient renforcer ces phénomènes avec de la corrosion issue du CO2 et de la chaleur que dégagent les chauves-souris en respirant et en se regroupant en essaims plus ou moins importants, lors de leurs cycles de vie. Par ailleurs, le guano et les urines qu'elles produisent contribuent à des développements bactériens, et relâchent des acides carboniques, sulfuriques, nitriques et phosphoriques lors des phases de décomposition. Ils agissent directement sur les sols et le substratum calcaire par corrosion et dissolution dans les écoulements d'eau qui se forment depuis les parois et

les voûtes et par des aérosols dispersés par les dynamiques aérologiques en jeu dans le réseau de conduits (Audra et al. 2016, Bruxelles et al. 2016, Cailhol et al. 2021 ; Barriquand, et al., 2021).

Au regard du contexte archéologique, des impératifs de conservation des paysages de la grotte et de l'art pariétal, la compréhension de l'influence de ces phénomènes et la nécessité de les situer dans les étapes de l'évolution de la grotte ont amené à l'installation d'un réseau de mesures climatologiques pour documenter en continu les variations de température de l'air dans des galeries de secteurs clés de la cavité. Localement, un suivi de l'hygrométrie est également réalisé. L'analyse de ces mesures, croisées avec des observations morphologiques des galeries et des parois viennent compléter ce protocole afin de décrire et quantifier les phénomènes en jeu.

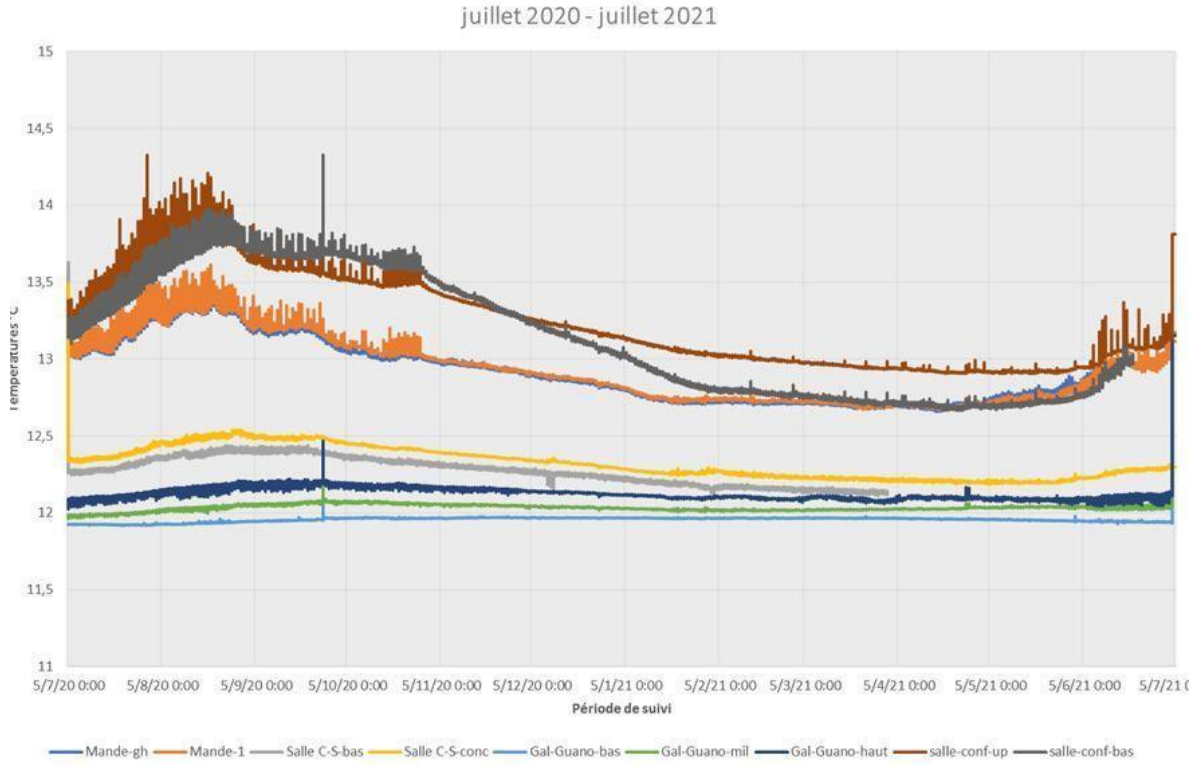


FIGURE 70 GROTTE DU MAS D'AZIL, EVOLUTIONS DES TEMPERATURES AUX POINTS DE SUIVI DANS LA SALLE DES CONFERENCES, MANDEMENT, DES CHAUVES-SOURIS ET DANS LA GALERIE DU GUANO (DIDIER CAILHOL / INRAP-TRACES IN JARRY ET AL. 2021A)

Les grottes recèlent donc d'un « concentré » d'informations, qui sont non seulement relativement bien préservées, malgré les altérations et érosions subies, mais qui correspondent aussi à l'enregistrement d'une succession d'évènements bien identifiés car contraints dans l'espace et dans le temps. On ne peut retrouver ces informations à l'extérieur, l'échelle d'observation, les conditions d'évolution et surtout les possibilités de préservation n'étant pas les mêmes. Les vallées donnent des informations « globalisantes » mais à basse résolution (enregistrements de forçages environnementaux d'échelle régionale, sur plusieurs milliers d'années voire plusieurs dizaines de milliers d'années). La grotte offre des informations à haute voire très haute résolution (à l'échelle du bassin versant voire d'un plus petit périmètre dans le cas des guanos, de l'ordre de quelques centaines d'années à quelques milliers d'années) et permet, avec la même résolution, d'y intégrer les activités humaines successives.

6. UNE NECESSAIRE INTERDISCIPLINARITE.

L'étude du milieu souterrain dans son ensemble est éminemment interdisciplinaire, regroupant à la fois des géomorphologues, des karstologues, des archéologues, des géochimistes mais aussi des climatologues, des éthologues, des microbiologistes ou encore des paléontologues, des spéléologues et des géoarchéologues. Ce n'est qu'en faisant interagir plusieurs champs disciplinaires, en maîtrisant tous les aspects des problématiques du milieu souterrain, depuis son étude sur le terrain jusqu'aux questions de prévention, en passant par des analyses de pointe en géochimie et par l'éthologie, qu'il sera possible de répondre aux questions soulevées et de le conserver au mieux.

En retour, ces mêmes disciplines agiront en synergie pour proposer des solutions de conservation aux différents services chargés de la préservation et de la gestion de la biodiversité et du patrimoine. L'ensemble de ces approches repose sur le travail de fond mené depuis des décennies par les spéléologues dans les différents massifs karstiques de l'Ariège et se fera de concert avec eux dans le cadre de la réserve.

Découvreurs, explorateurs et passionnés du milieu souterrain, ils ont accumulé une immense quantité de données qui constituent le socle de l'ensemble des travaux concernant le milieu souterrain naturel. Ils sont des sentinelles du karst, mêlant aptitudes techniques et connaissances scientifiques, sensibilisées à l'ensemble des problématiques, y compris celle de la conservation du milieu souterrain dans sa globalité. Partant d'un constat géomorphologique, que les karstologues sont désormais capables de réaliser, ils sollicitent les archéologues et les connaissances qu'ils ont du secteur.

En retour, les archéologues fournissent des données sur les sites, leur chronologie, leur intégrité ou au contraire leur altération. La participation de plusieurs géoarchéologues est un gage de dialogue et d'échanges constructifs puisqu'ils se situent justement à l'interface de plusieurs disciplines. Les géologues et les géochimistes permettront de préciser les processus d'altération des parois et mettront au point des protocoles d'analyse permettant de mieux caractériser l'ensemble des processus passés ou actuels. Les échanges entre karstologues et géologues permettront d'évaluer l'extension des différents phénomènes dans la cavité, même au-delà des formes visibles. En même temps, les archéologues et les paléontologues indiqueront les vides qu'il convient de questionner et de tester. Tout au long de ces recherches, des chiroptérologues et éthologues apporteront des informations concernant les comportements de la faune souterraine afin de mieux comprendre les choix d'implantation mais aussi le type d'impact selon le régime alimentaire ou la saisonnalité.

Forts d'une approche interdisciplinaire, des réponses concertées, prenant aussi bien en compte la préservation du patrimoine que la protection des chauves-souris et de la faune karstique, pourront être proposées. Car il ne s'agit pas de choisir entre culture et nature mais bien, sur la base d'une meilleure connaissance des processus, de l'éthologie des chiroptères et de la sensibilité du milieu, d'avoir une réponse respectueuse, concertée et cohérente. Le projet de réserve naturelle nationale souterraine, tel qu'il est présenté ici, pourra constituer la plate-forme d'échange idéale et un support d'initiation et de promotion de tels travaux interdisciplinaires.

PARTIE 4 – LA MÉTHODOLOGIE DE SÉLECTION ET DE HIÉRARCHISATION DES SITES DU PROJET

Un groupe de travail (présenté dans le paragraphe 1 de cette même partie) s'est réuni par étapes (schéma ci-dessous, figure 71) dans l'objectif de dresser une liste de sites souterrains priorisés suivant une méthodologie définie aussi en groupe de travail. En 2022, 28 sites ont été sélectionnés pour validation auprès du Conseil national de la protection de la nature (CNPN). Cette partie vise à expliciter la méthodologie retenue pour la sélection de ces 28 sites. Cette liste de sites se veut représentative de la biodiversité du milieu souterrain, dans la limite des connaissances actuelles et de l'expertise disponible.

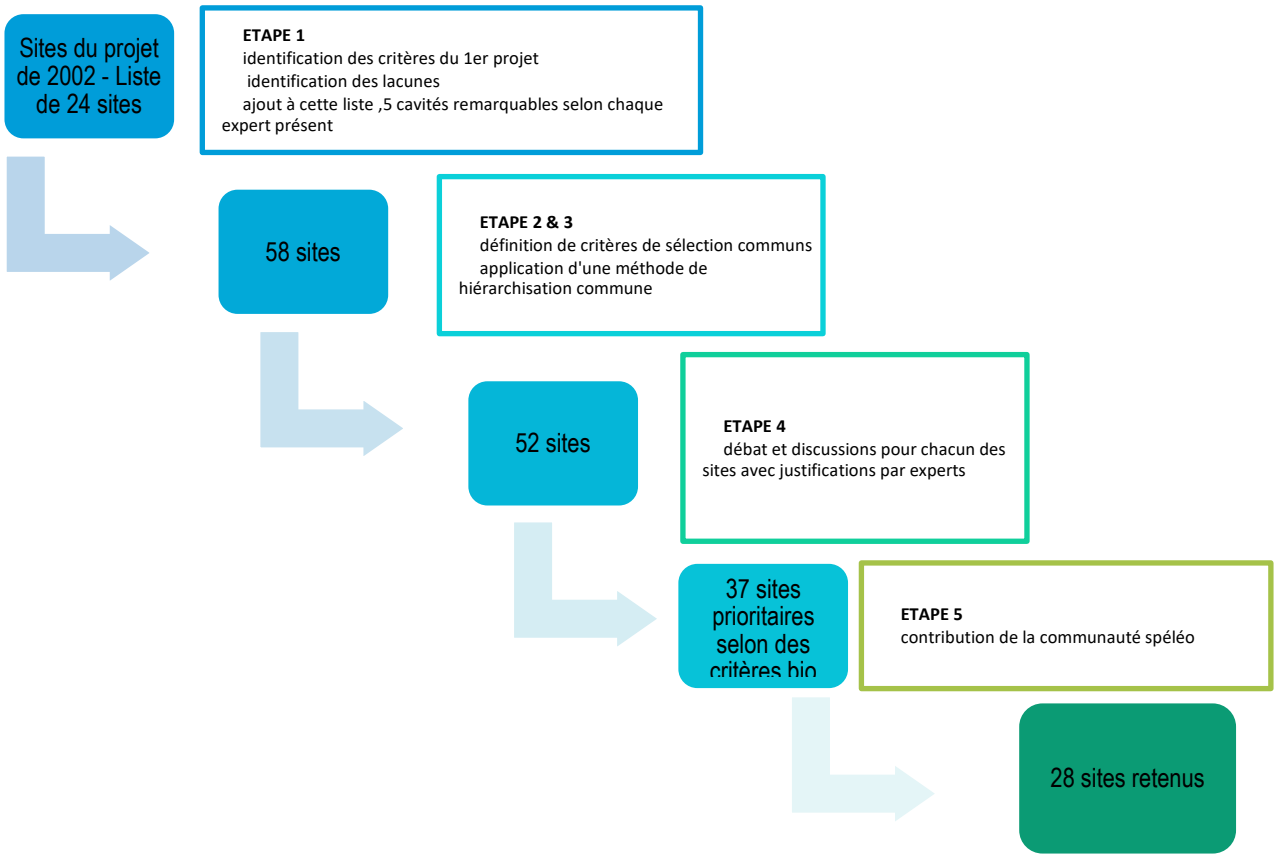


FIGURE 71 LES ETAPES DE LA CONSTRUCTION DE LA LISTE DE SITES RETENUS POUR LE PROJET DE RNNSA DE L'ARIEGE

id	Sites (surlignés en vert, les retenus au projet 2022. En grisé les sites évalués et non-retenus)	Communes	Remarques	id	Sites (surlignés en vert, les retenus au projet 2022. En grisé les sites évalués et non-retenus)	Communes	Remarques

1	Système du Baget - Hountas	Balaguères	1, 2, 3 et 4 sont regroupés dans le site 1 appelé "système du Baget"	31	Grotte d'Aliou	Cazavet	
2	Grotte de Sainte Catherine	Balaguères	incluse dans le site 1	32	Grotte du Bourg	Mérigon	
3	Gouffre de la Peyrère	Balaguères	inclus dans le site 1	33	Grotte du Cap del Bouich	Moulis	
4	Hyporhéique Lachein	Balaguères	inclus dans le site 1	34	Grotte de Peyronnard	Mas d'Azil	
5	Grotte de l' Estelas	Cazavet		35	Grottes labo de Moulis	Moulis	incluses dans le site 27
6	Grotte de Peyort	Cazavet		36	Grottes ornée du Portel	Loubens	
7	Grotte de l'Espiougue	Esplas-de-Sérou		37	Perte du Portel	Loubens	
8	Grotte du Roc Saint Martin	L'Herm		38	Grotte Bernard	Saint-Martin-de-Caralp	
9	Grotte du Ker de Massat	Massat		39	Grotte du Vicdessos	Vicdessos	
10	Grotte de Liqué	Moulis		40	Mine de Couflens en Bethmajou	Seix	
11	Grotte du Sendé	Moulis		41	Grotte d'Aurouze	Montferrier	
12	Gouffre du Plagnol de la Plagne	Saint-Girons		42	Grotte de Capètes	Freychenet	
13	Hypothelminorhéique du Plagnol	Saint-Girons		43	Grotte de Sainte-Hélène	Foix	
14	Grotte de Siech	Saurat		44	Grotte du Roc Saint Martinite	Ussat	
15	Grotte du Pigailh	Aigues-Juntes		45	Grotte de Couquet	Bélesta	
16	Station MSS 100 Ravin de la Tire	Argein		46	Gouffre de Soulisquet	Montagagne	
17	Grotte de Pétillac	Bordes-Uchentein		47	Grotte de Lameza (ou de l'homme mort)	Seix	
18	Grotte de la Petite Caougno	Niaux		48	Ruisseau d'Aulot	St-Girons	
19	Grotte de Sabarat	Sabarat		49	Grotte de Las Morts	Fougax et Barrineuf	
20	Grotte de Trapech d'en Haut	Bordes-Uchentein		50	Mine d'Unjat	La Bastide de Sérou	

21	Grotte du Pesquié	Loubens		51	Grotte de Labouïche	Vernajoul	
22	Grottes de Malarnaud et de Soulabé	Montseron	uniquement la grotte de Malarnaud est retenue	52	Grotte du Mas d'Azil	Le Mas d'Azil	
23	Grotte de Payssa	Salsein		53	Grotte des Esplourgues	Bédeilhac-et-Aynat	
24	Grotte de Las Souleillos	Seix		54	Grotte d'anglade (entrée cirque)	Salau	
25	Grotte de Tourtouse	Tourtouse		55	Aven inférieur d'Anglade	Salau	
26	Résurgence de Neuf Fontaines	Aulus		56	Rivière souterraine de Bordes de Crues	Seix	
27	Source de Juan d'Arau	Moulis	27 et 35 sont regroupés dans le site n°27 appelé le "Système de Moulis"	57	Résurgence de Labant	Moulis	
28	Grotte de Font Sainte	Ustou		58	Source de la Bièle	Moulis	
29	Grotte du Quer	Rivèrenert		59	Système Martel-Cigalère – mines de Bentaillou	Sentein	
30	Hyporhéique ruisseau Nert	Encourtiech					

FIGURE 72 SELECTION DES SITES ENVISAGES POUR LE PROJET DE RESERVE NATURELLE NATIONALE SOUTERRAINE DE L'ARIEGE



FIGURE 73 LA LOCALISATION DE LA TOTALITÉ DES SITES PRÉSÉLECTIONNÉS SUR LE PNR DES PYRÉNÉES ARIÉGEOISES, AINSI QUE DES PRINCIPAUX MASSIFS (SOURCE : LETTRE AUX PARTENAIRES DU PNR N°41 DE MARS 2021)

1. ELABORATION D'UNE LISTE DE SITES DE TRAVAIL

Le groupe de travail a repris la liste des sites figurant dans le premier projet de 2002 (Bertrand, et al., 2002) et, afin de la compléter, a sollicité les experts et les spécialistes naturalistes de chaque sous-domaine du monde souterrain :

- Chiroptères (Boris Baillat, Thomas Cuypers et Sylvain Déjean)
- Myriapodes (Etienne Iorio et Antoine Racine)
- Invertébrés aquatiques (Claude Bou)
- Coléoptères (Hervé Brustel)
- Calotriton (Olivier Guillaume)
- Arachnides (araignées, Sylvain Déjean & opilions, Samuel Danflous)

Compte tenu du manque d'accessibilité de données et de l'expertise, certains groupes n'ont pas été pris en compte dans la sélection des sites présentés dans le nouveau projet ou seront basés sur les données mentionnées dans le premier dossier. Ainsi, une future RNN constituerait l'opportunité de mettre à jour des inventaires pour les groupes remarquables que sont les Mollusques, les Crustacés terrestres, les Collemboles et les Acariens.

Chaque spécialiste impliqué est garant de l'état des connaissances relatif à son domaine d'expertise et est capable de lister les cavités d'intérêts pour le groupe considéré. Chacun a donc pu ajouter jusqu'à 5 cavités

majeures à la liste de base, qui a été portée à 52 sites évaluables à l'issue de cette première phase. Il est à noter que le premier projet demeure une source d'information qui reste à actualiser.

2. DEFINITION DE CRITERES BIOLOGIQUES DE PRIORISATION DE SITES

Le groupe de travail s'est réuni pour définir les critères biologiques suivants[27], afin d'affiner la liste de 52 sites obtenus à l'étape 1 et d'en proposer une classification, afin de prioriser les sites selon :

- **la richesse de la biodiversité** : importance des groupes biologiques étudiés - en Ariège plus qu'ailleurs - et richesse des organismes troglobies et troglophiles des Pyrénées relativement à l'ensemble des groupes, non limités aux espèces protégées - statut par ailleurs discutable- mais intégrant toutes les faunes (dont les Chiroptères) y compris Araignées, Opilions, tous les Coléoptères - et pas seulement les *Aphaenops*, les Myriapodes ou les crustacés aquatiques ;
- **la responsabilité patrimoniale locale :** endémisme de la biodiversité et unicité des autres patrimoines, vulnérabilité de certains taxons (Calotriton et Chiroptères) mais pas spécialement des seuls arthropodes, fussent-ils protégés ;
- **La représentativité de ce patrimoine** : tous les types de patrimoines souterrains (sites riches de quelques insectes dont ils sont la « localité-type[28] » tous les types d'habitats naturels souterrains que sont grottes, gouffres, MSS, biotopes hyporhéiques et hypothelminorhéique).

Il est précisé que l'endémisme et la biologie seuls ne peuvent constituer un critère de choix. L'ensemble des sites, dits alors « prioritaires » suite à cette étape, traduit l'histoire de la connaissance des milieux souterrains, la diversité des espèces et la notion de localité-typique.

L'UICN définit un taxon endémique comme un « taxon que l'on trouve, naturellement, dans une zone spécifique et nulle part ailleurs ; ce terme est relatif car un taxon peut être endémique d'un îlot, d'un pays ou d'un continent » (UICN, 2010). Le projet prend alors en compte l'endémisme des espèces à différentes échelles : on parlera alors de micro-endémisme si une espèce n'existe que dans une seule la cavité), et par exemple d'endémisme de massif dans le cas où une espèce existe sur les Pyrénées.

3. APPLICATION D'UN SYSTEME DE HIERARCHISATION DES SITES AU TITRE DU PATRIMOINE NATUREL SOUTERRAIN

Le CEN Midi-Pyrénées a travaillé sur différents scenarii de tri, suivant différents systèmes de notation tout en gardant en ligne de mire les critères définis ci-dessus. Le groupe de travail s'est donc réuni afin de choisir la méthode la plus pertinente, c'est-à-dire satisfaisant tous les critères de priorisation et les différentes expertises intervenues dans cette pré-étude.

La méthode retenue donne une note aux critères suivants :

- Quantité d'espèces d'araignées identifiées par l'inventaire ZNIEFF[29] supérieure ou égale à 3 espèces par site

[27] La définition des critères de sélection est issue d'une note explicative d'Hervé Brustel, membre du groupe de travail

[28] Emplacement géographique où un spécimen type a été trouvé à l'origine

[29] Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique

- Quantité d'espèces de coléoptères identifiés par l'inventaire ZNIEFF supérieure ou égale à 5 espèces par site
- Quantité d'espèces de chilopodes ADE[30] supérieure ou égale à 2 espèces par site
- Quantité d'espèces hydrobio supérieure ou égale à 9 espèces par site
- Effectif de chauves-souris avec un nombre d'individus supérieur ou égal à 1 000
- Présence du Calotriton (oui/non)
- Présence du Dolichopode (oui/non)

Les localités-typiques justifient l'intégration automatique dans le projet de Réserve naturelle, dans l'intention de mettre en valeur ce patrimoine exceptionnel, et en suivre l'évolution pour anticiper la gestion et envisager leur conservation. Suivant ces critères, le groupe de travail a obtenu un classement des sites accueillant les plus fortes valeurs de chaque critère choisi.

Dans le système de notation proposé ont été aussi pris en compte l'antériorité des sites en tant que laboratoires souterrains, leur représentativité patrimoniale et l'endémisme des espèces. C'est la méthode de l'export des valeurs maximales pour chaque groupe et selon la patrimonialité. Suivant cette méthode, 28 sites ressortent sur les 56, dont les sites à forte richesse hydrobiologique, les sites à importants effectifs de chiroptères ou encore à araignées troglobies.

4. L'ANALYSE SITE PAR SITE, DISCUSSIONS ET CROISEMENT AVEC LES AUTRES CRITERES

Cette phase a consisté en des échanges entre experts pour s'assurer de la prise en compte exhaustive de tous les enjeux biologiques forts à travers la liste des sites : en réunion du groupe de travail, l'ensemble de la liste de sites priorisés est relu par l'ensemble des membres, et l'intégration de chacun des sites est discutée. Ainsi, il a été conclu que tous les sites affichant une présence de calotriton devaient être retenus (voir annexe 9.e. « courrier de réponse au CNPN concernant le classement des sites à calotritons »).

A ce stade du projet de RNNSA, il avait été décidé de restreindre son objet à la biodiversité souterraine. Les sites présentant un intérêt exclusivement géologique ou exclusivement archéologique n'avaient pas été retenus afin d'éviter une trop grande dispersion des objectifs et des sites potentiellement éligibles. Les commentaires sur chacun des sites ne constituent en rien une analyse de chaque site, mais viennent compléter les éléments du tableau d'analyse réalisé à l'étape 3. A l'issue d'une réunion du groupe de travail (voir les comptes-rendus en annexe 9.f, « synthèse des consultations »), 38 sites ont été notés comme prioritaires pour intégrer le projet de RNN.

5. LA CONTRIBUTION DE LA COMMUNAUTE DE SPELEOLOGUES, UNE OUVERTURE DE LA VISION DU PROJET INTEGRANT LES MOTIVATIONS DE CLASSEMENT AU TITRE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DE L'EDUCATION A L'ENVIRONNEMENT

En février 2020, Monsieur le sous-préfet de Saint-Girons s'est saisi du dossier lors d'une réunion organisée au PNR des Pyrénées Ariégeoises en présence de la DREAL Occitanie. Le projet a été présenté ce même mois

[30] A Dire d'Expert

dans une commission d'élus du Parc Naturel Régional des Pyrénées Ariégeoises, la commission gestion de l'espace et patrimoine naturel du SMPNR.

En mai 2020, l'envoi de la note de synthèse à la communauté spéléo a été couplé d'une réunion de présentation du projet réunissant Robert Guinot (CDS09), Gaëlle Fedrigo (PNR), Marie-Clélia Lankester (FFS), Nicole Ravaiau (CDS09).

En juin-juillet 2020, le SMPNR a accompagné la DREAL Occitanie dans la réalisation d'entretiens en bilatéral avec 3 personnes liées au CDS09 et à la communauté spéléo : Nicole Ravaiau (présidente du CDS09), Louis Deharveng (biospéléologue), Franck Bréhier (biospéléologue et professionnel accompagnateur). Ces entretiens ont mené à des comptes rendus, ainsi qu'à des éclaircissements de positionnement :

- il a été rappelé l'envoi d'un courrier de demande de levers topographiques,
- les motivations de la réserve ont été reprécisées
- il a été acté l'envoi d'un compte rendu officiel de la réunion en préfecture à l'automne 2019

Le mois de novembre 2020 a été consacré à la concertation avec la communauté spéléo, compte tenu des points d'inquiétudes exprimés par celle-ci sur ce dossier. Les échanges ont été engagés sur la base d'un document martyre de « proto-décret de création ». Le SMPNR a été en charge de récolter les différentes questions et d'y répondre parfois individuellement. Le 19 novembre 2020, une nouvelle réunion avec le CDS09 a eu lieu en visio : les échanges ont été constructifs et des modifications ont pu être apportées au tableau de sélection des sites et à la note de synthèse. La liste des sites prioritaires a été questionnée ce qui a amené à une révision de cette liste en 2021. Le contexte de l'année 2020 n'a pas permis d'organiser des réunions dans de bonnes conditions auprès des collectivités locales concernées par le projet (communes et intercommunalités), du fait des élections et de la crise sanitaire.

C'est en avril 2021 que la communauté spéléo se rassemble en un collectif dénommé « SKAB » (Spéléo, Karsto, Archéo, Bio) dans l'objectif de contribuer concrètement au projet. Ce groupe de scientifiques rassemble :

- **Anne Bedos**, Attachée Museum National d'Histoire Naturelle, Paris // Spéléo-club de Limogne-en-Quercy (CDS Lot)
- **Charles Bourdeau**, Ingénieur de recherche CNRS en retraite, Rebigue // Groupe Spéléologique du Couserans (CDS Ariège)
- **Franck Bréhier**, Moniteur de spéléologie, Saint-Girons // Groupe Spéléologique du Couserans (CDS Ariège), Co. Sci. FFS
- **Louis Deharveng**, CNRS émérite, UMR7205-Museum National d'Histoire Naturelle, Paris // Spéléo-club de Limogne-en-Quercy (CDS Lot), Cave Invertebrate Specialist Group (IUCN Cambridge), CS de la RNN Géologique du Lot
- **Arnaud Faille**, Museum d'Histoire Naturelle de Stuttgart, Allemagne // Groupe Spéléologique du Couserans (CDS Ariège), Co. Sci. FFS
- **Florence Guillot**, Archéologue, associée Traces-*Terrae*, UMR 5608, Toulouse // Société Spéléo de l'Ariège - Pays d'Occitanie, Co. Sci. FFS, CT
- **Philippe Jarlan**, Instructeur de spéléologie, Brie // Société Spéléo de l'Ariège - Pays d'Occitanie
- **Michel Perreau**, Université de Paris, Paris // Spéléo-club Minos
- **Patrick Sorriaux**, Ingénieur Géologue à la retraite (TOTAL), Bédeilhac // Spéléo-club du Haut Sabarthez, CS de la RNN Géologique du Lot

Ils fournissent alors aux porteurs de projet une note « démarche, sites et méthodes, Réflexions pour servir à la constitution d'une RNNSA en Ariège » le 13 mai 2021 (Bedos, et al., 2021). Ce document est cité de nombreuses fois

dans les fiches sites qui suivent, et des extraits de cette contribution figurent parfois dans les fiches sites (voir annexe 9.a. « fiches sites »).

À la suite de leur proposition, des réunions ont été organisées afin de discuter des motivations de classement des sites, et de finaliser la liste des sites (le 18 mai 2021, le 8 juin 2021 et enfin le 8 juillet 2021). Finalement, la liste des sites prioritaires élaborée par le premier groupe de travail lors des premières étapes 1, 2, 3 et 4 a été modifiée suivant les conclusions des discussions ci-dessous.

Au deuxième semestre 2021, de nouveaux contributeurs au projet ont été sollicités afin de compléter les parties du dossier scientifique concernant la géologie, l'archéologie, le système du Baget et le système Martel-Cigalère – Mines de Bentaillou. Les personnes ayant contribué sont nommées en avant-propos du dossier regroupant l'ensemble des pièces requises pour l'enquête publique constituant le projet de réserve, et font partie des associations ARSHaL, Grottes&Archéologies,, ainsi que du laboratoire Ecolab.

5.1. LE MAINTIEN DES SITES A CHIROPTERES

Les sites à enjeu « chiroptères » fort restent dans la liste sans aucune modification. La préservation des populations de chiroptère constitue la principale motivation de classement des sites au titre de la protection du patrimoine naturel. En effet, l'ANA-CEN Ariège rappelle dans un argumentaire en faveur de l'intégration des sites à chiroptères, que l'Ariège est un territoire à forts enjeux pour les chiroptères, accueillant 28 des 35 espèces de France métropolitaine dont de nombreuses espèces rares sur le territoire, encore présentes en d'importants effectifs attestant de la qualité des milieux et des habitats proposés par le département. Parmi ces espèces, une poignée sont dites "cavernicoles" et 4 d'entre elles peuvent être considérées comme très patrimoniales du fait de l'importance des effectifs recensés par rapport aux synthèses nationales. Il s'agit du Minioptère de Schreibers, du Rhinolophe euryale, du Petit murin et du Grand murin. Le tableau suivant propose quelques chiffres attestant de l'importance des effectifs de ces espèces pour le département. Le Grand murin et le Petit murin, espèces jumelles formant des colonies mixtes sont regroupées au sein du taxon "Murin de Grande taille" :

	Phénologie	Effectifs nationaux 2013	Effectifs départementaux 2013-2020	Pourcentage représentativité 17 cavités
Rhinolophe euryale	Reproduction	32184	2897	9%
	Hibernation	19338	2300	12%
Minioptère de Schreibers	Reproduction	111563	14800	13%
	Hibernation	179234	16190	9%
Murins de grande taille	Reproduction	103654	3190	3%
	Hibernation	26339	10	0%

FIGURE 74 EFFECTIFS DE 3 ESPECES DE CHAUVES-SOURIS CAVERNICOLES

Les effectifs de Grands murins affichent un pourcentage de représentativité relativement faible en reproduction : le Grand murin est une espèce plus commune dans la moitié nord de la France. A l'inverse, le Petit murin, plus méditerranéen, est bien moins fréquent et il est probable que les effectifs ariégeois représentent près de 10% des effectifs nationaux de cette espèce menacée.

Ces 4 espèces ne sont pas les seules qui utilisent les grottes pour leur cycle de vie. D'autres espèces, moins représentatives du département, peuvent être présentes en d'importants effectifs dans certaines grottes du

département. C'est notamment le cas du Grand rhinolophe, par exemple, où plus de 1 000 individus se répartissent sur 3 cavités/réseaux majeurs pour la pratique de la spéléologie (Gouffre de Peillot, Gouffre Degaudez, Réseau de Sakany) mais qui ont été ôtées des discussions par intérêt lié à la conciliation envers les clubs locaux.

Si des impasses ont été faites sur certaines espèces, comme le Grand rhinolophe, aucun site ne peut être oublié pour le Minioptère de Schreibers, le Rhinolophe euryale, le Petit murin et le Grand murin. Les chiroptères cavernicoles réalisent un cycle annuel comprenant l'occupation d'un réseau de cavités répondant à des prérequis physiologiques, topographiques ou comportementaux (voir Partie 3, chapitre 1.3 « Les chiroptères »). Pour une même population, une cavité n'aura pas le même intérêt en fonction des saisons et peut être occupée ponctuellement ou de façon prolongée. Aussi, une espèce peut être notée toute l'année au sein d'une cavité (par exemple, le Minioptère de Schreibers à la grotte du Roc Saint Martin), rien ne dit qu'il s'agit des mêmes individus présents en parturition, en transit ou en hibernation. Il est même très probable qu'il s'agisse de groupes familiaux différents.

Parfois, il existe encore plus de subtilités dans l'interprétation de l'intérêt des sites de transit. La grotte de la carrière de Sabarat, par exemple, semble abriter les femelles gestantes de Rhinolophes euryale qui vont se déplacer au dernier moment à la grotte du Mas d'Azil pour mettre bas et élever leurs jeunes, attestant de son intérêt fonctionnel et qui ne saurait simplement se traduire par des données d'effectifs. Ces sites "secondaires" abritent souvent moins d'individus et moins d'espèces mais possèdent un rôle fonctionnel incontournable pour le bon déroulé du cycle annuel de ces espèces. Il semble donc primordial, dans un objectif de conservation à une échelle populationnelle, d'intégrer au maximum ces sites. Ce sont, en plus, des sites qui ont été délaissés des périmètres de protection et Natura 2000, donc moins bien suivis.

L'intérêt pour le projet de RNNSA d'intégrer un maximum de sites peut s'avérer très concret lorsque seront mis en œuvre des projets de recherche tels que des suivis à long terme au travers de comptages simultanés, d'opération de capture-marquage-recapture, d'études génétiques, de leurs habitats. Ce périmètre accueillant un réseau de sites aussi important proposerait un territoire d'étude exceptionnel pour ce groupe au travers d'un gestionnaire unique bénéficiant de moyens dimensionnés à l'enjeu. Ceci représenterait l'action de conservation la plus ambitieuse pour la France pour les chiroptères cavernicoles.

L'intégration des 17 cavités majeures du projet est un enjeu essentiel du projet de RNN et s'avère incontournable pour la mise en place de suivis à long terme qui représenteront un indicateur fort pour la gestion de la RNN. Ceci permettra de mettre un terme aux difficultés de mobiliser des bénévoles formés pour le suivi du grand nombre de cavités à chiroptères du département voire de proposer un support de formation pour les futurs chiroptérologues. Ces suivis alimenteront les tendances nationales et la RNN pourra probablement se positionner comme un acteur majeur de ces travaux, forte du réseau de sites qu'elle gèrera.

Les sites à chiroptères sont indiqués dans la liste finale des sites de la RNNSA en projet dans la colonne « vulnérabilité »[31], distinguée de la colonne « menace » qui indique si la cavité subit une pression anthropique mettant en danger l'existence des espèces et des milieux présents dans la cavité. De cette manière, le tableau listant les sites indique que les sites à chauves-souris sont vulnérables, fragiles, du simple fait de la présence de ces espèces très sensibles, sans pour autant être menacés par des activités humaines.

[31] Définition de la vulnérabilité : « Désigne l'aptitude d'un milieu, d'un bien, d'une personne à subir un dommage à la suite d'un événement, naturel ou anthropique. » https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/vulnerabilite.php4

La RNNSA permettra de développer sur ces sites des mesures de protection adaptées et raisonnées, en respectant le libre accès des cavités pour celles qui ne sont pas menacées.

5.2. LE MAINTIEN DES SITES A CALOTRITONS

La discussion avec la communauté de spéléologue a été engagée sur les sites à Calotriton. En effet, la synthèse « Systématique, biologie, écologie, répartition du Calotriton des Pyrénées *Calotriton asper* » (Pottier, et al., 2021) indique que la distribution de l'espèce n'est pas en régression en 2020-2021, basée sur les tableaux par départements et les cartes ci-dessous, fournies par les auteurs de cette synthèse. Le calotriton est présent presque partout dans les Pyrénées, et a été retrouvé partout où il avait été anciennement signalé, à de très rares exceptions près.

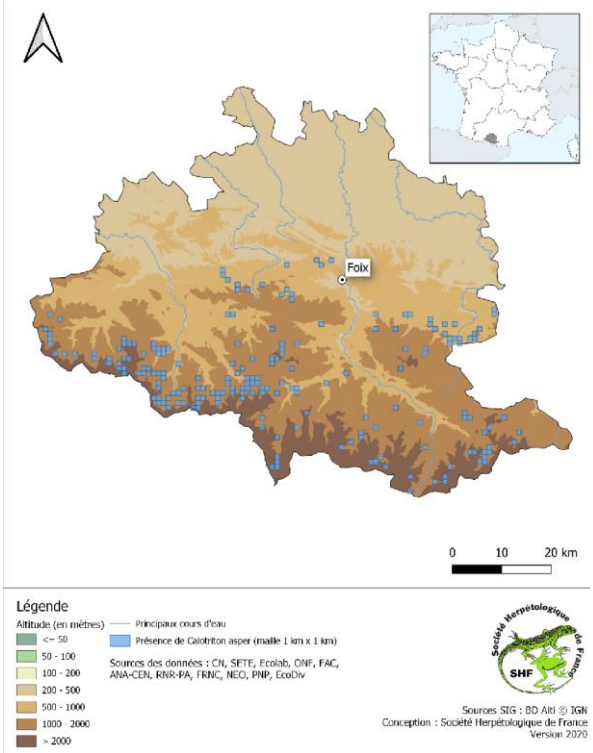


FIGURE 75 DISTRIBUTION ACTUELLEMENT CONNUE DE C. ASPER DANS LE DEPARTEMENT DE L'ARIEGE (1KM*1KM)

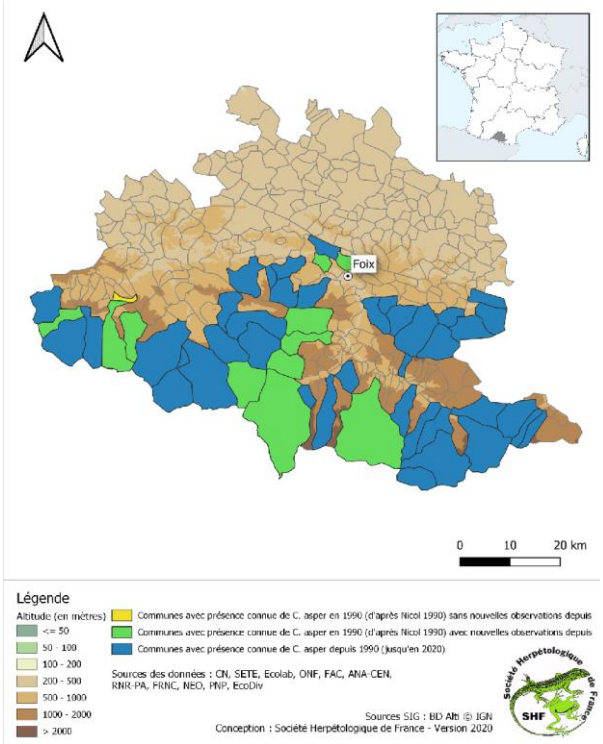


FIGURE 76 EVOLUTION DE LA DISTRIBUTION CONNUE DE C. ASPER EN ARIEGE.

La diversité génétique entre les populations de *Calotriton Asper* est très faible, comme l'affirment plusieurs publications scientifiques récentes (Mila, et al., 2010, Martinez-Silvestre, et al., 2020). L'haplotype[32] ariégeois est particulièrement homogène, ce qui signifie que les populations des 5 grottes étudiées et celles de l'extérieur sont génétiquement très semblables et non ségréguées, et très certainement toujours susceptibles de se croiser. Si les flux géniques sont restreints, cela est probablement dû à la fragmentation de l'habitat et non à des incompatibilités génétiques. En termes de conservation, cet état de faits signifie un risque pour une petite population, mais aucun pour l'espèce pas plus que pour la lignée génétique présente dans les grottes d'Ariège, qui est celle présente en extérieur. Chez le Calotriton, chaque noyau de population sur un massif, même très petit, est caractérisé génétiquement. La

[32] Un **haplotype** est un ensemble de gènes situés côte à côte sur un chromosome. Ils sont généralement transmis ensemble à la génération suivante, et sont dits « génétiquement liés ».

publication de Lucati indique que, selon Arnaud Faille, « les populations divergent très peu sur l'ensemble de l'aire de répartition (maximum: 3 nucléotides sur 374 - "Mitochondrial DNA did not show a clear phylogeographic pattern and presented low levels of variation") et se ségrèguent plus par vallées (5 clusters retenus en microsatellites - "populations from different habitats clustered together in four of the five lineages, and neighbour-joining analysis showed that populations are mainly grouped by valleys rather than habitats"), indépendamment du biotope rivière, grotte ou lac ("we detected recent dispersal among populations inhabiting different habitats."). L'haplotype d'Arbas (rivière) est retrouvé au Port d'Aula (lac), à l'étang de Lers ou à Siech. À Siech, un deuxième haplotype est retrouvé, présent également à Arcouzan et Courbière (ruisseaux). Ainsi, il n'y a pas de structure claire qui permette de dire que la population forme une lignée différente, et il en est de même pour les populations de grottes.

La connaissance génétique et ses corrélations écologiques et biologiques sont finalement très peu avancées.

Par ailleurs, les menaces identifiées sur ces milieux, comme l'indique Olivier Guillaume dans la présentation de l'espèce dans la fiche espèce de ce présent rapport, sont le réchauffement climatique et la pollution de l'eau. La pratique de la spéléologie n'est pas identifiée comme une menace. D'ailleurs, le tableau de la liste des sites en projet de RNNSA ne fait pas figurer les sites à calotriton parmi les plus vulnérables ni menacés.

Les sites à Calotritons identifiés par la RNNSA présentent donc des populations stables, ne semblent pas menacés par la fréquentation spéléo et touristique et les populations de chacun des sites ne sont génétiquement pas si éloignées. Il est donc entendu que si les porteurs de projet souhaitent intégrer les sites à calotritons dans le projet de RNNSA, c'est pour engager des suivis sur ces sites, et anticiper la gestion conservatoire du Calotriton.

En aucun cas la fermeture des grottes n'est envisagée, compte tenu des observations précédentes. Si un impact dû à la fréquentation des sites est constaté, le comité de gestion mettra en place des mesures d'adaptation de la pratique (calendrier, conditions hydrologiques, nombre de participants/jour) pour évaluer leur efficacité et leur caractère suffisant. La communauté spéléo, en tant que membre du comité de gestion organisera cela avec le gestionnaire de la RNN et les pratiques ne seront pas arrêtées sur ces sites (ni les stages ni les tests de qualification pour les brevets et diplômes), ce qui pourrait conduire sous leur impulsion à une évolution des pratiques sur l'ensemble du massif.

5.3. LA PRISE EN COMPTE DU PATRIMOINE GEOLOGIQUE

D'une part, certains sites ne sont plus intégrés dans le projet de RNN en tant que cavités, mais en tant que système karstique. C'est le cas du système aval du Baget qui englobe la source de Las Hountas, l'hyporjéique de Lachein, la grotte de Sainte Catherine et le gouffre Peyrère. C'est aussi le cas du système de la grotte de Moulis, ainsi que du système d'altitude Martel-Cigalère. D'autre part, l'intégration de systèmes karstiques pour tout ou partie permet l'étude du fonctionnement hydrologique de ces systèmes, et prend en compte le réseau dans son ensemble.

L'avis du Conseil national de la protection de la nature (CNPN) en date du 15 mars 2022 soulignait l'importance de renforcer la géodiversité de la réserve, et notamment la présence de sites démonstratifs de la du géopatrimoine :

« Si la biodiversité est suffisamment prise en compte […], il n'en est pas de même pour les autres composantes patrimoniales enjeux du projet, notamment celles relatives à la géodiversité et au patrimoine archéologique.Dans la mesure où le projet se présente comme voulant mettre en avant une approche systémique

et holistique des milieux souterrains ariégeois, le CNPN demande que le projet actuel soit conséquemment renforcé en ce qui concerne la documentation et la démonstration de la spécificité des valeurs géopatrimoniales (géologiques, spéléo-karstologiques, (paléo)-environnementales...) des milieux souterrains ariégeois et des sites retenus comme démonstratifs.[…] Le CNPN souhaite que des sites dont le géopatrimoine est reconnu puissent être intégrés à ce projet de Réserve naturelle, il s'agit notamment de la grotte-source intermittente de Fontestorbes, le système karstique de Niaux-Lombrives-Sabart et la grotte de Béddeilhac. »

Suite à cette recommandation, et après consultation avec les propriétaires des sites mentionnés dans l'avis du CNPN, le site de la source intermittente de Fontestorbes est venu compléter la liste des 28 sites sélectionnés à l'avant-projet de 2022.

5.4. LA SUPPRESSION DES SITES DOUBLONS

Certains sites sélectionnés en premier lieu pour les invertébrés qu'ils présentent n'ont finalement pas été retenus dans la liste présentée ci-dessous, laissant dans la liste finale les sites les plus emblématiques pour ces espèces.

5.5. L'INTEGRATION DE SITES VITRINES

Deux autres grands sites ariégeois, en plus de ceux cités dans la liste retenue (c'est-à-dire en plus de Labouïche, la grotte du Mas d'Azil et la source intermittente de Fontestorbes, en particulier) ont été proposés comme « site vitrine ». En effet, ils accueillent de nombreux visiteurs par an, et pourraient contribuer largement au rayonnement de la future RNNSA. Il s'agit de la grotte de Lombrives et de la grotte de Niaux. Ces deux sites pourraient associés à la réserve (par conventionnement pas exemple) sans être soumis à sa réglementation.

6. LA LISTE FINALISEE DES SITES, TABLEAU SYNTHETIQUE

Ci-dessous la liste validée par le CNPN en 2022 des sites retenus pour le projet de réserve naturelle souterraine de l'Ariège suivant les critères et les motivations de classement suivants :

- Patrimoine naturel : les sites marqués comme d'intérêt pour leur représentativité biologique ou le patrimoine géologique qu'ils présentent font souvent l'objet d'indications dans les colonnes « valorisation/pédagogie » et « science/recherche »
    - Représentativité biologique
    - Patrimoine géologique : sites identifiés dans l'inventaire du patrimoine géologique ariégeois
- Menace / vulnérabilité
    - Menace : il s'agit de sites potentiellement menacés par des activités humaines, et qu'il est nécessaire d'inscrire dans la réserve afin d'anticiper leur protection.
    - Vulnérabilité : il s'agit des sites à chauve-souris. Ceux-ci ne sont pas nécessairement menacés par des activités humaines et ne nécessitent pas de fermeture. Un suivi des populations paraît néanmoins indispensable.

- Valorisation / Education à l'environnement : dans cette colonne est indiquée le potentiel d'un site à accueillir du public pour valoriser le patrimoine naturel du site et les travaux de recherche qui y sont mis en œuvre.
    - « V » correspond à la « valorisation » à destination du grand public. Il s'agit en général de grotte déjà fréquentées, notamment par des professionnels de la spéléologie accompagnant des groupes. Ces cavités peuvent faire l'objet de plan de sensibilisation à la préservation des milieux souterrains. Elles ne sont pas destinées à être fermées, et bien au contraire doivent continuer à accueillir du public afin de faire connaître le patrimoine souterrain ariégeois.
    - « P » correspond à la pédagogie scientifique, à destination des scolaires. Ce sont des sites qui ne sont pas forcément ouverts au grand public (par exemple le laboratoire souterrain de Moulis) mais qui sont des références dans le monde de la recherche. Ils peuvent faire l'objet de visites scolaires.
- Science / recherche : il s'agit des sites présentant un intérêt pour la recherche scientifique, dont la réglementation nécessitera une adaptation pour la prospection spéléologique, les fouilles archéologiques et paléontologiques ainsi que pour les prélèvements à but d'étude des individus.
    - « S » indique que le site présente un intérêt pour la prospection spéléologique
    - « A » indique que le site présente un intérêt pour la recherche archéologique et paléontologique
    - « R » indique que le site présente un intérêt pour la recherche biologique ou karstologique

				STATUTS DE PROTECTION						PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE		VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	Sites	Communes	Surface (ha)	APPB	N2000	Classement parmi les sites du département de l'Ariège	Inscription au titre des sites	Site classé Monument historique	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité biologique	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	Menace (activités extractives = "A")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
1	**MSS 100 Ravin de la Tire**	Argein	7							x	**MPY1635**			**P**	**R + S**
2	**Résurgence de Neuf Fontaines**	Aulus-les-Bains	2							x	**MPY0977 MPY1634**			**V**	**R**
3	**Système aval du Baget**	Balaguères	80		1					x	**MPY0979 MPY1608 MPY1635**	**C (Ste Cath)**		**P**	**A + R**
4	**Grotte de la mine du Pouech d'Unjat**	Bastide de Sérou (La)	125						1		**MPY1533**	**C**		**P**	**A + R + S**
5	**Grotte de Las Morts**	Bénaix	21		1	1						**C**			**A + R**
6	**Aven du Trapech d'en Haut**	Bordes Uchentein	31		1					x					
7	**Grotte d'Aliou**	Cazavet	117	1	1					x	**MPY0978 MPY1503 MPY1608**	**C**		**P**	**A + R + S**
8	**Grotte de l' Estelas**	Cazavet	17							x	**MPY1608**	**C**		**P**	**S+A**
9	**Grotte de l'Espiougue**	Esplas-de-Sérou	1	1					1		**MPY1501**	**C**		**V**	**A+S**
10	**Source intermittente de Fontestorbes**	**Fougax et Barrineuf** + Bélesta	87		1	1					**MPY0980**				**R + S**
11	**Grotte de Roc Saint Martin**	**Herm (L')** + Pradières	6	1	1					x		**C**		**V + P**	**A + R**
12	**Hyporhéique ruisseau Nert**	**Lacourt** +Encourtiech	4							x				**P**	**R**
13	**Perte du Portel**	Loubens, Baulou	14						1		**MPY1598 MPY1714**	**C**		**P**	**R**
14	**Grotte du Mas d'Azil**	Mas d'Azil (Le)	16		1		1	1		x	**MPY1435**	**C**		**V + P**	**A + R +S**

				STATUTS DE PROTECTION						PATRIMOINE NATUREL		MENACE / VULNERABILITE		VALORISATION / PEDAGOGIE	SCIENCE / RECHERCHE
Code	Sites	Communes	Surface (ha)	APPB	N2000	Classement parmi les sites du département de l'Ariège	Inscription au titre des sites	Site classé Monument historique	Conservatoire Espace Naturels	Représentativité biologique	Richesse géologique	Vulnérabilité (enjeu chiro notamment = "C")	Menace (activités extractives = "A")	V = valorisation grand public P = pédagogie sc	S = intérêt prospection spéléo A = intérêt archéo / paléo R = recherche sc bio / karst
15	**Grotte de Peyronnard**	Mas d'Azil (Le)	4		1							**C**			
16	**Grottes du Ker de Massat**	**Massat** + Biert	8	1	1			1		**x**		**C**		**V**	**A + R**
17	**Grotte du Bourg**	Mérigon	1						1			**C**			**R**
18	**Grottes de Malarnaud-Soulabé**	**Montseron**	17	1	1					**x**		**C**			**A + R**
19	**Grotte du Sendé**	Moulis	6	1	1					**x**	**MPY1723**	**C**		**P**	**A + R**
20	**Système de la grotte de Moulis**	Moulis	106		1					**x**	**MPY1607**			**V+P**	**R**
21	**Grotte de la Petite Caougno**	Niaux	14	1	1						**MPY1434**	**C**		**P**	**A + R + S**
22	**Grotte de Sabarat**	Sabarat	1	1	1					**x**	**MPY1065**	**C**	**A**	**V**	**R**
23	**Grotte Bernard**	Saint-Martin-de-Caralp	19							**x**				**P**	**R +S**
24	**Grotte de Payssa**	Salsein	2							**x**	**MPY1635**				**A**
25	**Grotte de Siech**	Saurat	11							**x**	**MPY1614**			**V**	**A + R**
26	**Système Cigalère-Martel-Mines du Bentaillou**	Sentein	375		1	1				**x**	**MPY1711 MPY1490 MPY1595 MPY1490a**			**P +V**	**A + R + S**
27	**Grotte de Tourtouse**	Tourtouse	8	1	1					**x**		**C**		**P**	**A + R**
28	**Rivière souterraine du Vicdessos**	**Val de Sos** + Auzat	10							**x**				**V+P**	**R +S**
29	**Résurgence de la rivière souterraine de Labouiche**	**Vernajoul**	35			1				**x**	**MPY1713 MPY1597b**	**C**		**V + P**	**A + R +S**
	29 sites **32 communes**		1145	9	16	4	1	2	4						

PARTIE 5 – LA DESCRIPTION DES SITES DU PROJET

Les fiches présentées en annexe 9.a « fiches sites » décrivent les 29 sites de la liste ci-dessous. Elles se composent toutes de :

1. UN ENTETE

Comprenant (de haut en bas) :

- Son intitulé, sa dénomination officielle et ses autres noms vernaculaires connus
- Son numéro d'identité, qui permet de l'identifier dans d'autres fichiers rapidement (excel, sig…)
- Les motivations de classement :
    - Patrimoine naturel : des icônes permettent de savoir quelles espèces sont concernées par la cavité, et présentent un intérêt. La notation de « l'intérêt biologique » découle de la méthodologie de classement suivant les critères biologiques, et va de « + » à « +++ ». Lorsque les « + » sont en rouge, cela signifie que la grotte est la localité type d'une espèce. Les icônes sont celles-ci :  et correspondent à (dans l'ordre) : chiroptères, insectes, myriapodes, arachnides, crustacées, mollusques, géologie.
    - Menace et / ou vulnérabilité, suivant les mêmes définitions que le tableau ci-dessus. Sur la ligne juste en dessous « responsabilité » (régionale, nationale…) indique l'importance du site pour les chauves-souris, selon le Plan régional d'actions en faveur des Chiroptères en Occitanie (Bareille, et al., 2018), et donc la responsabilité quant à leur protection.
    - Valorisation et pédagogie, idem
    - Science et recherche, idem
- Les aires protégées ou zones naturelles d'intérêt écologique sur lesquelles sites se trouvent
- Des photos lorsque cela a été possible

2. UNE CARTE D'IDENTITE DES SITES

Comprenant :

- La localisation du site. Sont ainsi renseignés :
    - La commune
    - L'ensemble géographique, faisant référence aux descriptions de la partie 2 de ce présent rapport « La synthèse géographique de L'Ariège, la description par grands ensembles géographiques »
    - Le nombre de parcelles visées, si elles sont privées ou publiques
    - La superficie planimétrée estimée du site
    - La localisation du site sur une carte fond IGN
- La présentation du site en surface. Sont ainsi renseignés
    - La description des milieux et usages en surfaces
    - La gestion existante, s'il en existe une, et les autres enjeux connus en surface, naturels ou non

- La présentation du site souterrain. Sont ainsi renseignés
    - Le massif karstique auquel appartient le site
    - L'altitude de l'entrée principale de la grotte, son développement et sa profondeur (en m)
    - La description du milieu souterrain, qui comprend une description générale, des parois, des passages, des installations présentes
    - La géologie, substrat
    - Les usages

3. LA BIODIVERSITE DU SITE

Une autre partie sur les enjeux naturalistes, avec une liste des espèces trouvées dans chaque groupe. Cette partie a été complétée grâce à l'expertise disponible, et il manque quelques données concernant certains autres groupes, dont les spécialistes n'étaient pas disponibles pour les compléter.

Cette partie commence par un tableau synthétique présentant la biodiversité inventoriée sur le site. Puis les détails par groupe sont présentés, dans la mesure du possible, suivant 3 parties – efforts de prospection, richesse spécifique, commentaire. Concernant les chauves-souris, les experts en charge de la rédaction (Boris Baillat, Thomas Cuypers) ont pu compléter avec leurs données les parties « phénologie » et « tendances ».

4. HISTOIRE DU SITE

Et d'une partie sur les enjeux archéologiques, paléontologiques et historiques quand il y en a. Cette partie a été rédigée par l'association Grottes&Archéologies, suite aux recommandations du CNPN de compléter les connaissances des sites par d'autres disciplines.

5. REPONSES AUX ORIENTATIONS DE LA RNN

Enfin, une dernière partie reprend la réponse que pourra apporter la RNN aux enjeux du site, suivant ses grandes orientations : un volet « protection », un volet « recherche », et un volet « valorisation ».

ANNEXE A.
FICHES SITES

La station MSS 100 Ravin de la Tire **155**

La Résurgence de Neuf Fontaines **162**

Le système aval du Baget **166**

La grotte de la mine du Pouech d'Unjat **184**

La grotte de Las Morts **194**

La grotte du Trapech d'en haut **201**

La grotte d'Aliou **205**

La grotte de l'Estelas **213**

La grotte de L'Espiougue **221**

Fontaine intermittente de Fontestorbes **229**

La grotte de Roc Saint Martin **236**

L'hyporhéique ruisseau du Nert **247**

La perte du Portel **251**

La grotte du Mas d'Azil **260**

La grotte de Peyronnard **271**

La grotte du Ker de Massat **279**

La grotte du Bourg **291**

La grotte de Malarnaud-Soulabe **296**

La grotte du Sendé **307**

Le système de la grotte de Moulis **317**

La grotte de la petite Caougno **323**

La grotte de la carrière de Sabarat **332**

La grotte Bernard **338**

La grotte de Payssa **343**

La grotte de Sièch **348**

Le système Martel -Cigalère-Mines de Bentaillou **354**

La grotte de Tourtouse **359**

La rivière souterraine de Vicdessos **368**

La résurgence de Labouïche **371**

LA STATION MSS 100 RAVIN DE LA TIRE

ID = 1

Patrimoine naturel - intérêt		+++	+++	+
Menace et/ou Vulnérabilité	**non**			MPY1635
Valorisation et Pédagogie scientifique	**Intérêt fort**			
Science et recherche	**Intérêt fort**			



MSS côté ravin ©*V. Leenknegt-PNRPA*

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012080
Sud de la vallée de la Bellongue

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

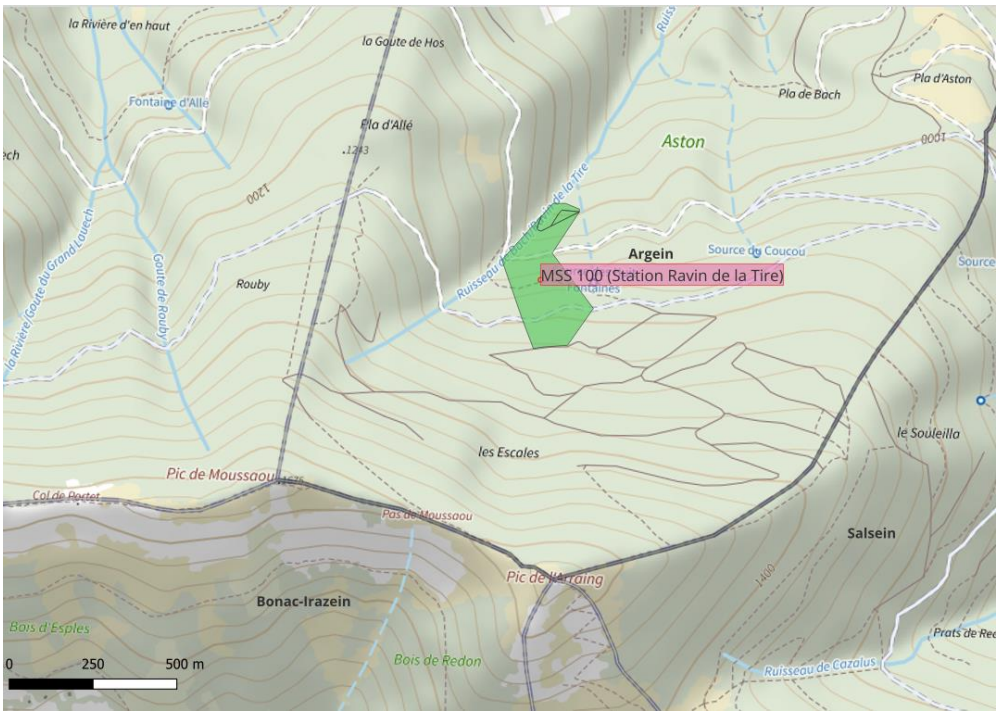
Type de zone : 2

ZNIEFF 730012102
Montagnes entre la haute vallée de la Garonne et la haute vallée du Lez

LOCALISATION

Commune	ARGEIN	**Ensemble géographique**	Estelas, Ballaguer et Sérau
Parcelles concernées	3 parcelles dont 2 en domanial	**Superficie planimétrée**	6.6 ha

Localisation du site
(IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

La station MSS100 est située dans le ravin de la Tire, sur le versant exposé au nord de la vallée de Bellongue, à 12 km de Saint-Girons, dans le Couserans.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Le milieu souterrain superficiel (MSS) est un habitat représenté par l'ensemble des micro-cavités intercommunicantes dans les éboulis stabilisés de versants de vallées et de pieds de falaises ou dans des fissures de la zone superficielle de la roche-mère, isolé de la surface par un sol, ce qui lui confère les caractéristiques climatiques et le type de ressources des grottes. Le MSS existe lorsque roches fissurées et éboulis sont recouverts par un sol. Cet habitat est totalement obscur et présente une température modérée. Sa partie sommitale peut être située à quelques centimètres de profondeur et sa partie finale peut-être épaisse de plusieurs mètres. Elle communique ainsi avec le milieu souterrain (aussi karstique) par les fissures du substrat. Issue de divers érosions mécaniques (tels que la gélifraction ou la disparition, naturelle ou anthropique, des sols), le MSS est bien connu dans les Pyrénées depuis les années 1980 (Bertrand, et *al.*, 2002). Le MSS est peuplé par une faune souterraine spécialisée, à base d'invertébrés terrestres aveugles et dépigmentés, renfermant des espèces endémiques, identiques à celles des grottes ou propres à cet habitat, et d'invertébrés moins spécialisés vivant également dans d'autres habitats, le sol et ses annexes. Aucune espèce végétale n'est présente (Bensettiti, et *al.*, 2004). Ce sont :

- coléoptères Trechinés Aphaenops dans les Pyrénées, Leptodirinés (Speonomus, Troglophyes), dans les Pyrénées ;
- collemboles (Pseudosinella) ;
- diplopodes Typhloblaniulus des Pyrénées.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique	Sérau
Altitude entrée	1100m
Description cavité	Il s'agit d'un éboulis constitué d'une « macro-porosité vésiculaire » de diverses tailles (millimétriques à décimétriques) et juxtaposés ou superposés. Un sol calcaire ou calcique s'est développé au sommet de l'éboulis, divisible en trois ensembles : 1) Humification de 2 à 10 cm (feuilles d'hêtre) qui surmonte deux horizons organiques, l'un a structure grumeleuse et l'autre à structure microgrenue ; 2) Une couche d'éléments calcaires centimétriques pris dans une matrice cimentée, dont l'épaisseur total est de 5 à 90 cm ; 3) Blocs décimétriques (éboulis) formant un plancher presque continu. Il possède une orientation Nord et une pente de 20 à 40 %. Il est recouvert d'un hêtraie « […] à groupements végétaux mésohygrophiles calcicoles […] » qui fut exploitée en 1971 (Bertrand, et *al*., 2002).
Géologie/ substrat	La vallée de la la Ballongue sépare le massif d'Arbas des chaînes axiales des Pyrénées. Aussi appelé « fossé de la Ballongue » ce bassin pull-apart[33] triangulaire est formé par la transtension[34] sénestre au cours du Crétacé (Albo-cénomien) qui fut comblé par la suite de 3 à 4 000 m de flysch et d'évènements géologiques divers (magmatisme, alcalin, métamorphisme pyrénéen, etc.) (BRGM, 2017a ; MNHN & OFB, 2003-2023). 60 stations de MSS sont répertoriées par Charles Gers (Gers, 1992). Cet éboulis, quant-à-lui, est de nature schisto-calcaire à calcaire dominant et vient s'appuyer sur des argiles gréseuses du Paléozoïque (Bertrand, et *al*., 2002). Il s'agit d'une lentille de grèse (issue de l'érosion glaciaire) concassé de calcaire. Au niveau du ruisseau, une partie des grèses a été emmené mais le restant a la forme d'une arche (comm. Brustel).
Hydrologie	La vallée est drainée par la Bouigane, un sous-affluent du Salat. En rive droite, ses nombreux affluents sont des torrents qui viennent disséquer le substrat schisteux du versant exposé au Nord (Harang, 1970). La station MSS100 appartient au système karstique d'Uchentein (0 ,6 km²) qui est considéré comme mal drainé par le BRGM. Il n'a pas encore fait l'objet d'études hydrogéologiques (BRGM, 2017a).
Chronologie	Pour que le MSS existe, le versant doit subir une phase de morphogenèse accompagnée d'une cryoclastie active, datant apparemment de la fin du dernier glaciaire, suivie d'une pédogenèse débutant à l'Holocène, celle-ci générant une couverture protectrice, sus-jacente, du MSS (Revel et Gers, 1993).
Études environnementales et	L'étude du MSS, de sa formation et de son évolution, de l'origine de ses ressources a conduit à une série de recherches : sur la composition et la diversité du foret de hêtre, sur

[33] « [...] bassin sédimentaire allongé formé à la faveur d'une zone locale affectée par une tectonique coulissante (en) et en extension. Ce bassin est une zone de décrochement le long de failles plus ou moins parallèles où les blocs se déplacent latéralement les uns par rapport aux autres. » (https://fr.wikipedia.org/wiki/Bassin_en_pull-apart)

[34] « […] l'état dans lequel une masse rocheuse ou une zone de la croûte terrestre subit à la fois une contrainte extensive et une contrainte de décrochement. Ainsi, les régions transtensionnelles sont caractérisées à la fois par des structures d'extension (failles normales, grabens) et des structures de cisaillement (décrochements). » https://fr.wikipedia.org/wiki/Transtension

paléoenvironnementales menées	la quantité de sa production primaire tombant sur le sol, sur la structure du sol et de ses différents horizons, sur la composition de la faune d'invertébrés, de la litière, des horizons A et B, et sur l'évolution des sols et du MSS sous-jacent depuis la fin de la dernière glaciation. Les conditions thermiques des différents horizons ont été enregistrées en continu au cours d'une année ainsi que la pluviométrie (Bertrand, et *al.*, 2002).

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Arachnides	20	Bon	Quelques espèces étrangères à la faune souterraine
Coléoptères	8	Bon pour les troglobies	D'autres endogés peuvent exister

ENJEUX NATURALISTES

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les premiers MSS ont été découverts en 1980. Une très riche diversité d'espèces y a été déjà inventoriée, comprenant la faune du sol présente dans les divers horizons. Les coléoptères en particulier y sont nombreux. En Ariège et sur ce site des échantillons nous sont parvenus régulièrement à partir de l'année 2017. Chaque piégeage est laissé pendant une très longue période.

RICHESSE SPECIFIQUE. La faune présente dans cet habitat est très diversifiée. Le peuplement arachnologique actuellement connu peut-être séparé en 2 cortèges distincts :

- le première plutôt lucicole, comprend 7 espèces de litière beaucoup plus épigées, et 4 espèces vivant plutôt de manière endogée, mais toujours en surface et jamais observées en grotte.
- le second clairement lucifuge, comprend 7 espèces troglophiles déjà rencontrées dans de nombreuses cavités ariègeoises et 2 espèces strictement troglobies de plus grand intérêt. Ces espèces sont d'ailleurs citées dans la liste des espèces déterminantes ZNIEFF de la partie Midi-Pyrénées.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Lapidicole/ endogée	Litière forestière	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Cybaeidae	*Cybaeus raymondi*			X		Pyrénées	2019	Déjean & Brustel
	Dysderidae	*Harpactocrates ravastellus*			X		Pyrénées	2019	Déjean & Brustel
	Hahniidae	*Chorizomma subterraneum*		X			Sud-Ouest	2019	Déjean & Brustel
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X			Pyrénées	2019	Déjean & Brustel
		Leptoneta microphthalma	X				Ouest de l'Ariège et Est de la Haute-Garonne	2019	Déjean & Brustel
	Linyphiidae	*Birgerius microps*	X				Pyrénées	2019	Déjean & Brustel
		Centromerus sellarius			X			2019	Déjean & Brustel
		Centromerus sinus				X	Sub-endémique	2019	Déjean & Brustel
		Micrargus apertus				X		2017	Déjean & Brustel
		Palliduphantes alutacius		X				2019	Déjean & Brustel

		Tenuiphantes cantabropyrenaeus				X	Pyrénées	2019	Déjean & Brustel
		Tenuiphantes spiniger				X	Pyrénées	2017	Déjean & Brustel
		Tenuiphantes zimmermanni			X			2019	Déjean & Brustel
		Troglohyphantes marqueti		X			Pyrénées Occidentales	2019	Déjean & Brustel
		Walckenaeria corniculans				X		2019 2019	Déjean & Brustel
Opilions	**Ischyropsalidaae**	*Ischyropsalis luteipes*		X			Pyrénées et Massif central	2019	Danflous & Brustel
	Nemastomatidae	*Nemastomella bacillifera*		X				2019	Danflous & Brustel
	Phalangiidae	*Dicranopalpus pyrenaeus*				X	Pyrénées	2019	Danflous & Brustel
	Phalangodidae	*Scotolemon* sp.		X			Pyrénées	2018	Danflous & Brustel
	Trogulidae	*Trogulus* sp.				X		2019	Danflous & Brustel

L'originalité du peuplement montre que même parmi les espèces non cavernicoles, une grande proportion est aussi endémique de la chaîne des Pyrénées, on citera rapidement, *Cybaeus raymondi et Centromerus sinus* (déterminants ZNIEFF), ainsi que *Harpactocrates ravastellus* et *Tenuiphantes spiniger,* toutes dans la famille des Linyphiidae.


Harpactocrates ravastellus © S. Déjean

Des espèces compagnes, accidentelles en grotte et plutôt issues de la litière apportent un peu de diversité, comme *Centromerus sellarius, Micrargus apertus, Walckenaeria corniculans,* et *Dicranopalpus pyrenaeus* chez les opilions.

Les troglophiles sont marquées par la présence de *Leptoneta infuscata, Troglohyphantes marqueti, Palliduphantes alutacius,* et *Ischyropsalis luteipes* chez les opilions : cortège classique mais très typique des grottes de la partie ouest de l'Ariège.

Enfin, il est remarquable de trouver dans ce milieu 2 espèces troglobies, telles que *Birgerius microps* et *Leptoneta microphthalma*. Leur découverte n'a été faite qu'à partir de la troisième année de piégeage ; il est utile de se poser la question du phénomène qui a permis à ces 2 espèces d'écologie similaire d'utiliser le MSS durant la même période.

COMMENTAIRE. Le MSS est l'interface souterraine entre les différentes, grottes, avens, galeries et fissures qui composent le karst. Il accueille sans aucun doute toute la faune cavernicole connue dans les cavités, qui ne sont donc pas les seuls milieux où les espèces troglobies vivent. Cette notion est importante pour comprendre comment ces espèces adaptées à une vie dans l'obscurité peuvent coloniser d'autres secteurs sans « sortir à l'air libre ».

Les grottes ne sont que la partie accessible du milieu souterrain par l'Homme et le meilleur moyen pour étudier cette faune originale. Mais l'étude des MSS, semble indissociable, porteuse de réponse concernant le mode de vie, leur déplacement et leur colonisation de nouveaux territoires.

- LES COLEOPTERES

RICHESSE SPECIFIQUE. Cet éboulis de grèze stabilisé et boisé a été un terrain de recherches abondantes pour les biospéléologues du laboratoire de Moulis à la fin des années 1970 et dans les années 1980. Outre la caractérisation de ce milieu de vie pour les espèces cavernicoles (Juberthie et Bouillon, 1980 ; Juberthie, Bouillon et Delay, 1983), plusieurs espèces y ont été décrites, pour lesquelles ce site en particulier ou plus largement les MSS des forêts de Moussaou et de Saint Lary, représentent les localités typiques (Genest et Juberthie, 1983 ; Gers, 1983 ; Gers et Dupuy, 1988).

Le recours massif à des pièges Owen y a permis de très abondantes récoltes si l'on en juge les abondances mentionnées dans certaines publications (Genest et Juberthie, 1983 ; Gers, 1983, 1986, 1989). Les données faunistiques locales ont été rafraichies récemment au moyen d'appâts posés dans le talus de la route forestière de Moussaou qui croise le ravin de la tire (Hervé Brustel leg.). Du matériel, en particulier des Staphylinidae, reste à être étudié et augmentera la liste faunistique du site.

RICHESSE SPECIFIQUE. Des huit espèces ici cités il est surtout intéressant de noter les deux Aphaenops et les trois Speonomus qui sont des espèces réputées cavernicoles et dont ce MSS représente la localité typique pour trois d'entre elles.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Carabidae	*Aphaenops coluvii*	X		Massif	24/10/2019	Hervé Brustel
	Aphaenops vandeli vandeli	X		Massif	29/07/2020	Hervé Brustel
	Trechus grenieri		X	Pyrénées	09/07/2019	Hervé Brustel
Leiodidae	*Bathysciola sp.*		X	/	24/10/2019	Hervé Brustel
	Choleva angustata		X	/	09/07/2019	Hervé Brustel
	Speonomus carrerei	X		Massif	29/07/2020	Hervé Brustel
	Speonomus orgibetensis	X		Massif	24/10/2019	Hervé Brustel
	Speonomus opisthonoxus	X		Massif	< 2010	(Gers et Dupuis, 1988)

En rouge : grotte dont c'est la localité type.

COMMENTAIRE. Il y a peu de chance de détecter de nouvelles espèces de coléoptères à caractère troglobie dans ce secteur où elles représentaient l'objectif de nombreuses études et d'abondants piégeages. En revanche, des approfondissements sur l'étude de groupes endogés, mal connus et des analyses génétiques sur certains taxons seraient intéressants. Par exemple le positionnement phylogénétique de *Speonomus opisthonoxus* est méconnu faute de matériel frais disponible pour des annalyses génétiques. La proximité morphologique et géographique entre Aphaenops coluvii et Aphaenops sioberae (de la grotte de Payssa) nécessite une révision taxonomique.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

La description en 1980 du Milieu Souterrain Superficiel (MSS) marque une étape importante dans l'histoire de la biospéologie. La découverte d'une faune cavernicole hors du milieu karstique confirme ce qui avait été pressenti dès les premières années de la discipline, Racovitza considérant déjà en 1907 que les grottes n'étaient pas l'habitat unique pour de nombreux cavernicoles. La station S100 est l'une des premières, des mieux connues des stations de MSS étudiées. Elle est spécialement riche en espèces troglobies puisqu'elle ne compte, pour ne citer qu'elles, pas moins de cinq espèces d'*Aphaenops,* dont l'*Aphaenops colluvii,* décrit de cette station (Bertrand, et *al*., 2002).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Ce volet n'est pas prioritaire pour ce site peu accessible.

VOLET CONNAISSANCE.

L'étude des MSS, semble indissociable de l'étude de la faune cevernicole, porteuse de réponses concernant le mode de vie, leur déplacement et leur colonisation de nouveaux territoires. Le site pourrait faire l'objet d'approfondissements d'études des groupes de coléoptères endogés. Par ailleurs, la proximité morphologique et

géographique entre *Aphaenops coluvii* et *Aphaenops sioberae* (de la grotte de Payssa) nécessite une révision taxonomique.

VOLET VALORISATION.

Cette station est une référence dans le monde de la recherche sur les milieux souterrains superficielles. C'est un bon support pédagogique, et elle fait d'ailleurs déjà l'objet de voyages d'étude.

D'après H. Brustel, d'un point de vue historique, ce MSS mérite d'être valorisé (il a été le premier décrit) et d'être connu auprès du grand public mais ce n'est pas le plus spectaculaire et le plus pédagogique. Ce chercheur conseille donc de regarder au-dessus de Moulis où il y aurait un affleurement de MSS.

LA RESURGENCE DE NEUF FONTAINES

ID = 2

				
Patrimoine naturel - intérêt		+	+	+
Menace et/ou vulnérabilité	**non**			MPY0977/MPY1634
Valorisation et pédagogie scientifique	**Intérêt fort**			
Science et recherche	**Intérêt potentiel**			



La résurgence de 9 Fontaines en bord de route (source : google mars, déc 2020).

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1
ZNIEFF 730012043
Montagnes d'Ercé et de Massat

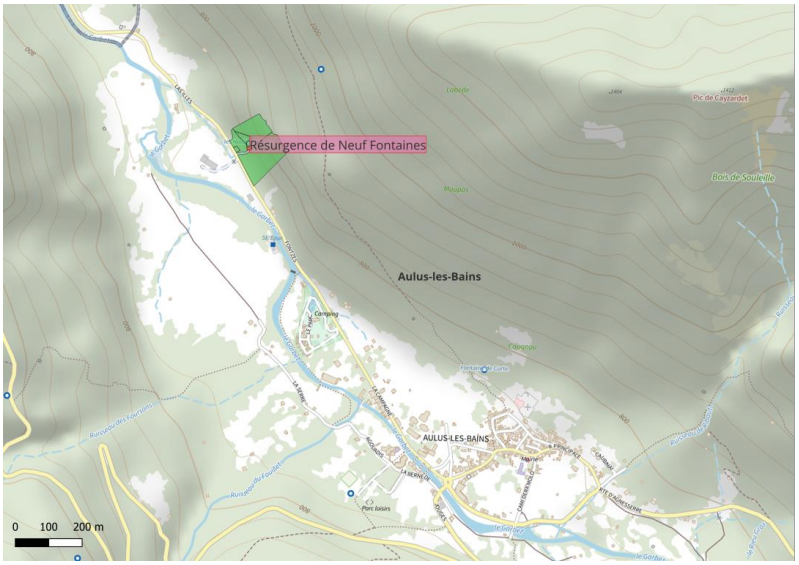
znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 2
ZNIEFF 730012048
Montagnes d'Ercé, d'Oust et de Massat

LOCALISATION

Commune	AULUS-LES-BAINS	**Ensemble géographique**	Escots Lers
Parcelles concernées	5 parcelles	**Surperficie planimétrée**	2 ha

Localisation du site
(IGN 1 : 8 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux et usages en surface

Localisée sur la commune d'Aulus-les-Bains, la résurgence de Neuf fontaines est située en bord de route, un panneau en bois indique « Les Neuf Fonts ; Résurgence de l'Etang de Lers). En amont de la résurgence se trouve le Bois de Souleille, dont la crête (est-ouest) culmine à 1400 m d'altitude en moyenne, dominée par le Pic de Lanote au sud (1 711 m d'altitude) et le Mont Béas à 1 903 m au nord, paturés en été.

Juste au dessus de la résurgence, dans le bois de Souleille, quelques sentiers de randonnée s'entrecroisent. Le GR de Pays « Tour du Val de Garbet » mène jusqu'à Aulus depuis le col Dret.

En direction d'Aulus un peu plus au sud en bord de route, apparait au bout d'un chemin un dépôt de gravas.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Aucune gestion n'est connue. Le bois de Souleille parait exploité sur son flan nord. Le cadastre de l'ensemble du bois est peu fragmenté. Le bois versant sud ne parait quant à lui peu exploité et présente quelques zones de pelouses sèches. Le dossier d'inventaire du patrimoine géologique d'Ariège indique « divers isolats de présence de l'isard et de l'aigle royal ». Un projet de réserve naturelle sur l'étang de Lhers pourrait compléter, à terme, la RNNSA.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Réseau karstique Système karstique d'Aulus

Altitude entrée	730 m	**Développement**		**Profondeur**	

Description site

Cette source karstique est constituée de plusieurs exsurgences (griffons) et d'un trop-plein dans la vallée du Garbet (MNHN & OFB, 2003-2023).

Hydrogéologie/ substrat

La région d'Aulus est située dans le massif de l'étang de Lherz dont les altitudes varient entre 700 et 2 000 m. Ce massif, compris entre la zone axiale pyrénéenne et le massif des Trois Seigneurs, est constitué par les formations carbonatées du Mésozoïque métamorphique (20 m d'épaisseur) réparties sur une bande nord-ouest – sud-est de 26 km de long sur 3 km de large. C'est un massif très karstifié et bien drainé, il présente une intense fracturation N30-N105 et une homogénéité de lithologie (terrains carbonatés métamorphisés et de formations dolomitiques) (MNHN & OFB, 2003-2023, BRGM, 2017c). Ce système karstique est composé de calcaires cristallins métamorphiques du Jurassique dont l'exutoire principal est la source des Neuf Fontaine, qui se déverse dans le Garbet. Seulement 14% des terrains sont des roches non-karstifiables (BRGM, 2017c, BRGM, 2012). Ainsi, c'est une région riche en cavités et en gouffres, sujette à des érosions fluviatiles, karstiques et glaciaires conséquentes (BRGM, 2017c).

En 1958, la Cordée Spéléologique du Languedoc démontre que les eaux de la perte de l'étang de Lers résurgent au Neuf Fontaines (Vieville, 1983).

Ce système karstique, de type binaire (avec un amont non karstique), représente une superficie de 16, 6 km² et vient drainer la vallée du Garbet. Il fut l'objet de nombreux enregistrements (5 ans d'exploitation de la source entre 1957 et 1961) et plusieurs travaux de recherche, notamment la thèse de J. Vieville (1983) (BRGM, 2012). Cette étude a montré que le débit moyen annuel est d'environ 1 m^3/s avec un module spécifique de 55, 5 l/s/km². Le débit d'étiage est supérieur à 0, 200 m^3/s, soit des valeurs très élevées (Vieville, 1983). Ce système se caractérise par des variations de débits conséquentes et rapides, pouvant parfois atteindre 8 m^3/s en crue. Ainsi, il se définit comme un aquifère de montages, avec des basses eaux hivernales/automnales et des hautes eaux printanières (fonte des neiges) (BRGM, 2017c). La zone noyée est colmatée par du sable provenant des fines de la moraine de la zone de Coumebière. En crue, un décolmatage du sable s'effectue par les Neufs Fontaines (MNHN & OFB, 2003-2023).

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance
Arachnides	4	Faible (uniquement données bibliographiques)
Crustacée	4	bon

ENJEUX NATURALISTES

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Nous n'avons aucune donnée sur la résurgence en elle-même, mais uniquement sur la grotte des Neuf-Fontaines. Les observations sont issues de la bibliographie avec des premiers relevés effectués dès 1872 par Charles Piochard de la Brulerie. Ce n'est qu'en 1909 que Racovitza et Jeannel ont mieux inventorié la cavité et envoyé ce matériel à E. Simon, qui publiera ces premières données en 1911. En 1920, d'autres relevés sont identifiés par Fage (1931), puis à la moitié du siècle dernier, ce sont Coiffait et Denis qui y font des prélèvements entre 1952 et 1959, avec là encore quelques publications à la clé. Aucune mise à jour récente du matériel n'a été faite par des arachnologues contemporains, mais des captures à proximité mettent en avant le cortège potentiel. Le site est clairement un site à investiguer en priorité à l'avenir.

RICHESSE SPECIFIQUE. Les 4 espèces identifiées sont clairement des troglophiles régulières qui s'enfoncent parfois très profondément dans les cavités comme par exemple *Porhomma convexum*. L'espèce reste peu commune ou peu observée en Ariège.

S. abnormis et l'opilion *S. lespesi* sont connus pour pouvoir s'adapter à l'extérieur des grottes dans les éboulis, litière, mousses… où les conditions d'hygrométrie y sont similaires.

L'intérêt historique du site réside sur le fait que cette grotte est la localité-type de *Leptoneta infuscata* qui a été décrite par Simon en 1872. Depuis, l'espèce a été retrouvée à maintes reprises en Ariège qui reste son aire de répartition principale, mais que l'on peut trouver en situation endogée.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X	Pyrénées	1959	Denis, 1967
Araignées	Linyphiidae	*Saaristoa abnormis*		X		1909	Simon, 1911
Araignées	Linyphiidae	*Porrhomma convexum*		X		1955	Coiffait
Opilions	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*		X	Pyrénées	1909	Simon, 1911

COMMENTAIRE. Ce site n'a donc pas été revisité depuis de nombreuses décennies avec une optique d'inventaire arachnologique. Des données d'une cavité située dans le versant opposé proposent une partie du cortège déjà connu, avec en plus *Eratigena inermis* et *Metellina merianae*, deux espèces troglophiles à large répartition.

Cette résurgence est comprise dans le grand réseau du gouffre Georges qui s'ouvre vers le Col de Port. Dans cette cavité, a été dernièrement récolté un mâle de *Troglohyphantes* qui s'apparente à l'espèce non décrite de la grotte du Trapech et qui pourrait par conséquent être présente dans cette partie du réseau.

Devant toutes ces espèces potentielles et non revues, des prospections spécifiques s'avèrent indispensables.

- LES CRUSTACEES

RICHESSE SPECIFIQUE.

Classe	Espèces ou taxons	Auteur description	Localité typique ?	Captures / Déterminations	BIBLIOGRAPHIE
Harpacticide Crust.	***Ceuthonecttes vievilleae*** **	ROUCH,1980	Localité typique	JV - RR 1579	R. ROUCH 1980
Harpacticide Crust.	***Ceuthonecttes chappuisi*** **	ROUCH,1980	Localité typique	JV - RR 1579	
Harpacticide Crust.	***Elaphoidella garbetensis*** **	ROUCH,1980	Localité typique	JV - RR 1579	
Harpacticide Crust.	***Antrocamptus stygius*** **	ROUCH,1980	Localité typique	JV - RR 1579	

- LES COLEOPTERES

La résurgence ne concerne pas a priori de coléoptères cavernicoles. *Speonomus pyrenaeus novemfontium* (La Brûlerie, 1872) est décrit de la grotte des Neufs-Fontaines que l'on suppose affine avec cette résurgence (Déliot s.d.). Coiffait (1959) a aussi prospecté sans résultat entomologique la « grotte inférieure des Neuf-fonts ».

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Des propositions de gestion forestière pourront être faites afin de conserver la qualité des eaux et préserver les milieux. Le site de la résurgence des Neuf fontaines n'a pas livré de site archéologique. Pour autant, les résurgences ont souvent fait l'objet de rites dès la Protohistoire autour de l'eau. En l'état des connaissances, le service régional de l'Archéologie Occitanie devra être consulté avant toute intervention dans ce secteur (aménagements, prélèvements, sondages…).

VOLET CONNAISSANCE.

Source karstique importante, un suivi de la compréhension du fonctionnement du réseau karstique drainant le massif de l'Etang de Lherz serait pertinent. (DREAL Occitanie, 2020)

VOLET VALORISATION.

Fort intérêt pédagogique pour le grand public : sa position en bord de route est favorable à une communication tous publics. C'est un exemple de source karstique ariègeoise qui permet de comprendre la formation et le fonctionnement d'un système karstique, ainsi que la relation entre la fracturation et la karstification. L'histoire géologique quaternaire de la région peut être évoquée (DREAL Occitanie, 2020).

LE SYSTEME AVAL DU BAGET

Comprend la source de Las Hountas, la grotte de Sainte Catherine et l'hyporhéique du Lachein

ID = 3

Patrimoine naturel - intérêt		++	++	+	+	+++	++	+
Menace et/ou vulnérabilité Responsabilité	**oui** **----**	**X** Régionale						MPY0979 MPY1608 MPY1635
Valorisation et pédagogie scientifique		**Intérêt fort**						
Science et recherche		**Intérêt fort**						





Ci-dessus, grotte de Sainte Catherine supérieure (Bertrand et al., 2002), et à droite, Las Hountas ©*V. Leenknegt-PNRPA*

Site NATURA 2000
Directive "Habitats, faune, flore"
FR7300836 - Chars de Moulis et de Liqué, grotte d'Aubert, Soulane de Balaguères et de Sainte-Catherine, granges des vallées de Sour et d'Astien

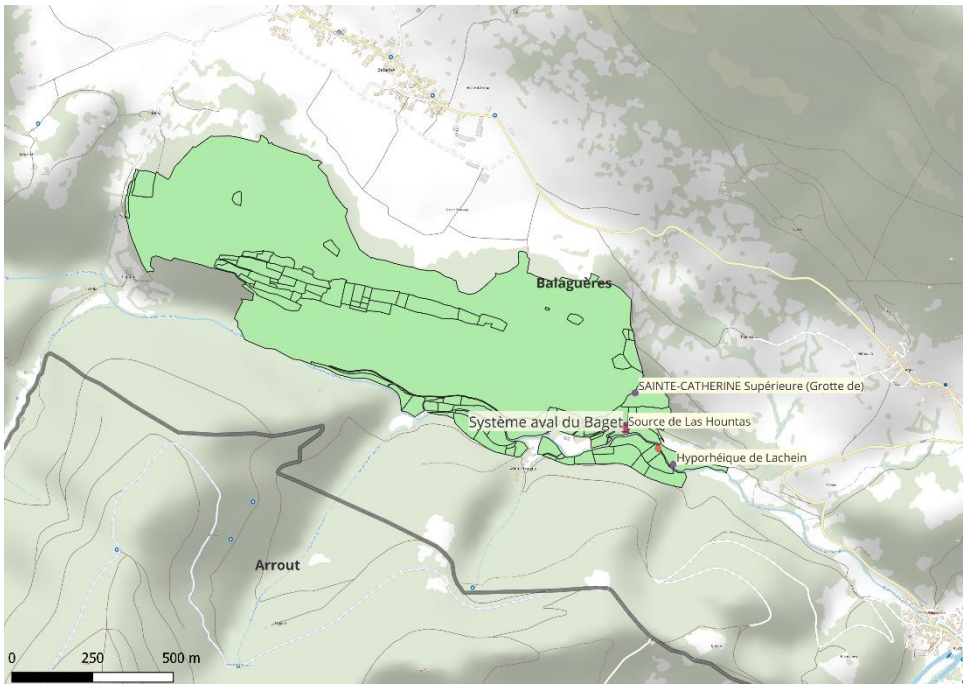
Type de zone : 1
ZNIEFF 730012100
Soulane de Balaguères au Char de Liqué

Type de zone : 2
ZNIEFF 730006544
Massif de l'Arbas

LOCALISATION

Commune	BALAGUERES	**Ensemble géographique**	Estelas, Ballaguer , Serau
Parcelles concernées	102 parcelles (dont une dizaine de parcelles publiques - Département, commune, CNRS). 1 parcelle en forêt communale gérée par l'ONF découpée pour se rapprocher du topo.	**Superficie planimétrée**	64 ha

Localisation du site
(IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux & usages en surface

Dans le massif de l'Estelas-Balaguères, la vallée du Baget dispose d'un bassin versant (13, 25 km²) s'étendant d'ouest en est, sur près de 10 km de long pour 1 km de large. Une forêt recouvre l'amont de la vallée, qui est quasiment inhabité. Le versant exposé au sud est recouvert de pelouses faiblement arborées et le fond de la vallée comporte des prairies sujettes aux pâturages et une culture maraîchère (Bertrand, et *al.* 2002).

Le classement de la Réserve Naturelle Nationale Souterraine comprend la source de Las Hountas, l'hyporhéique ruisseau de Lachein (aval) et la grotte de Sainte Catherine.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Ce site fait partie du site Natura 2000 « Chars de Moulis et de Liqué, grotte d'Aubert, Soulane de Balaguères et de Sainte-Catherine, granges des vallées de Sour et d'Astien » disposant d'un Document d'Objectifs (DOCOB) (ADASEA, 2016). Le site est animé depuis mars 2024 par le PNR des Pyrénées ariégeoises. La Grotte de Sainte Catherine est gérée par le CNRS. Elle fait partie de la plate-forme Grottes et Karst du laboratoire CNRS SETE à Moulis. Elle est réservée aux études scientifiques gérées par le comité de plates-formes de la SETE et n'est pas ouverte au public ni à la pratique de la spéléologie.

Il est indiqué une très forte vulnérabilité du site liée à l'enfrichement des pelouses et pour les petits et grands Rhinolophes, du fait que leur habitat tombe en ruines (batiments agricoles désaffectés).

Le bassin versant du Baget fait l'objet depuis près de 50 ans de suivis hydrgéologiques, climatiques et hydrochimiques à la station aval située sur le ruisseau du Lachein, après la confluence avec Las Hountas, ainsi que d'études d'aérologie et de microclimat dans la Grotte de Sainte Catherine, et de suivis de biospéléologie sur l'ensemble du réseau par le Laboratoire souterrain du CNRS à Moulis.

Le site est également intégré au Service National d'Observation sur le Karst créé en 2012. Ce dispositif expérimental se décline en trois grands thèmes : les mécanismes de transfert et de transport d'eau, de solutés et de particules en milieu karstique, les liens entre structure géologique, lithologique et écoulement, l'évolution des flux d'eau et d'éléments en réponse aux changements globauxs (Labat, et *al.* 2022). Ce site fait aujourd'hui partie avec le SNO Karst de l'Infrastructure de Recherche (IR) nationale OZCAR (Observation de la Zone Critique : Applications et Recherche) et de l'Infrastructure européenne (ESFRI) ELTER (European Long Term Ecosystem Research).

PRESENTATION DES SITES SOUTERRAINS

Massif karstique Estelas Balaguer

Sainte Catherine Altitude entrée	505 m	**Développement**	200 m	**Profondeur**	-85m

Description milieux souterrains

Grotte de Sainte Catherine : c'est un réseau fossile parallèle au versant de la vallée. Le lac est localisé au niveau de la résurgence de Baget. La galerie principale est constituée d'un aven principal (15m de profondeur), d'un second aven plus étroit appelé « trou de l'Âne » et un troisième, très restreint, au plafond. La galerie du fond, en labyrinthe, a été creusée quand la vallée était plus haute (en zone noyée) (Bertrand, et *al.* 2002 ; Mangin, 1975 ; Sivelle, et *al.* 2019 ; Ulloa-Cedamanos, 2021 ; BRGM, 2012 ; BRGM, 2017a ; SMSP, 1962). Bien que fossile, le fond est humide et présente quelques signes de percolation (comm. pers. H. Brustel).



Entrée de la grotte de Sainte Catherine © V. Leenknegt- PNRPA

La station interstitielle du Lachein/Baget : un très vieux petit barrage a provoqué l'accumulation de graviers et de sable sur plus d'un mètre d'épaisseur. Dans ces sédiments

hétérogènes, les eaux du sous écoulement du ruisseau du Baget circulent à des vitesses et des conditions d'oxygène différentes selon la granulométrie des sédiments. Vers 1m de profondeur, ces eaux ont les caractéristiques des eaux souterraines et renferment une riche faune d'invertébrés souterrains, en particulier des micro-crustacés, avec des espèces soit identiques à celles des grottes, soit spécifiques à ce milieu. L'étroitesse des espaces intergranulaires entraine des adaptations spécifiques. Certaines espèces récoltées ont été nouvelles pour la science. Plusieurs zones en fonction des vitesses de circulation, des taux d'oxygène, et la composition de leur faune ont été distinguées par Raymond Rouch du Laboratoire de Moulis.

La source de Las Hountas : il s'agit d'une source pérenne, au débit moyen d'envion 550 L/s, d'où les eaux souterraines karstiques du Baget jaillisent. Elle alimente le ruisseau du Lachein qui passe de temporaire à pérenne avec cet apport en eau (Mangin, 1975).

Hydrogéologie du site

Le système du Baget dans sa partie aval est un site expérimental où de nombreux concepts sur la structure et le fonctionnement des karsts ont été établis. Il a été étudié pendant plusieurs dizaines d'années, notamment à travers des thèses (Mangin, 1975 ; Sivelle, et *al.* 2019 ; Ulloa-Cedamanos, 2021), et des enregistrements continus à travers une approche pluridisciplinaire.

Les récentes explorations en plongée souterraine remettent en cause le modèle drain/système annexe au drain élaboré par M. Bakalowicz et *al.* (Bakalowicz, et *al.*, 1992). Le Baget se développe dans les calcaires du Jurassique et du Crétacé inférieur qui affleurent entre quatre ensembles imperméables :

- Le flysch noir ardoisier albo-cénomanien de la Ballongue, au sud ;
- Les flyschs cénomaniens sénoniens inférieur d'Arbas, les schistes paléozoïques puis le Trias supérieur, d'ouest en est ;
- L'ophite de Lachein, au nord.

La faille d'Alas traverse longitudinalement ce bassin en séparant les terrains métamorphiques de la zone nord-pyrénéenne au sud, de ceux non métamorphiques au nord. Seulement 33% de la superficie du bassin versant correspond à des terrains non karstiques (BRGM, 2017a), soumis à des ruissellements de surface (pélites argilo-gréseuses) (Capera, et *al.* 1974).

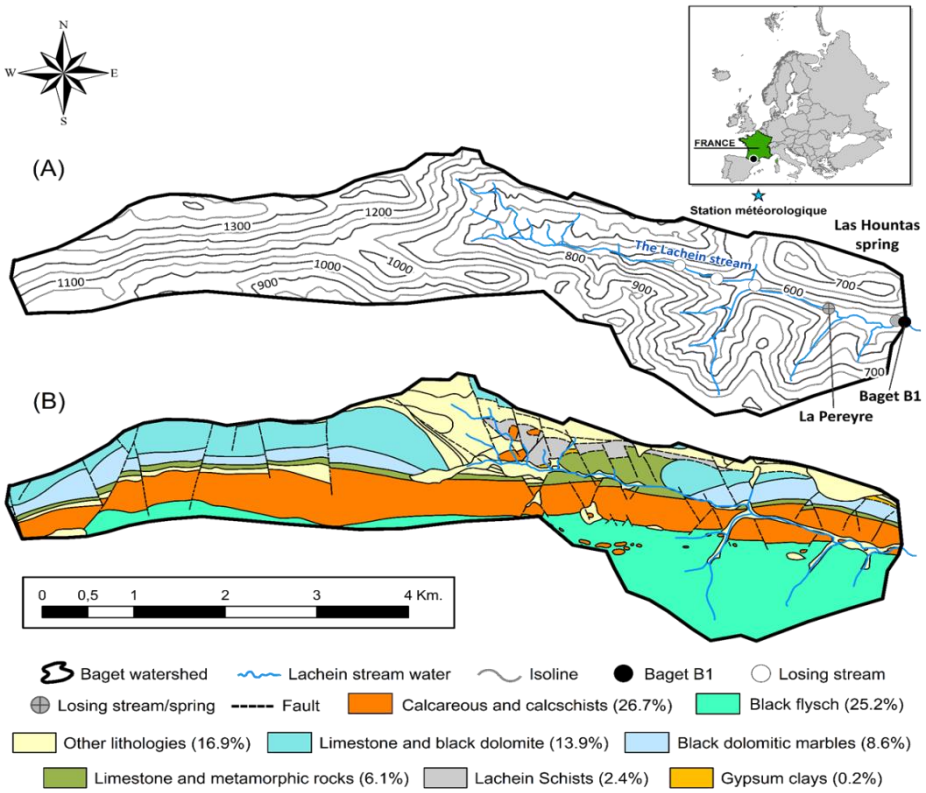
La vallée du ruisseau de Lachein qui draine ce bassin vers les sources du Baget, s'encaisse de 300 m dans les calcaires. Deux gouffres, Sainte-Catherine au nord, la Peyrère au sud, ainsi qu'une fissure à la Hillère, atteignent le karst noyé. Le drainage possède trois plans bien marqués : N-S, N45°E et N115°E. L'ensemble du bassin versant fournit d'excellents exemples de morphologies karstiques remarquables : dolines, pertes, poljés[35], ponors, gouffres et trop-pleins (MNHN & OFB, 2003-2023).

L'exutoire principal du système du Baget est la résurgence de Las Hountas (à 498 m d'altitude), située à proximité du village d'Alas. Il délimite géographiquement le ruisseau temporaire de Lachein et le permanent du Baget, qui conflue 1 km plus loin à l'est avec le Lez (Debroas, 2009). À cet endroit-là, la température de l'eau oscille entre 9, 3°C et 10, 8°C (MNHN & OFB, 2003-2023). Il fut l'objet de plusieurs mesures étalées sur une quarantaine d'années (1968 à 2011), qui a montré un débit annuel de 0,453 m^3/s, un module spécifique annuel de 34, 1 $l/s/km^2$ et un indice d'écoulement annuel de 1079 mm. Quand le réseau est en charge, des trop-pleins apparaissent comme le Moulo, le Jaur, la Hillère et la Peyrère, qui fonctionne alors comme une émergence (MNHN & OFB, 2003-2023). Ce dernier constitue également une perte lors des ruissellements de surfaces. De manière générale, ce système connait un étiage conséquent en automne et une période de charge intense en février et en avril (BRGM, 2012). L'acquisition des données de débits par le CNRS et les travaux d'A. Mangin (Mangin, 1975) font état d'une réserve comprise entre 1 et 3,6 millions de m^3. Bien que ce système karstique possède un drainage organisé, ses réserves sont réparties de manière discontinue (Mangin, 1975 ; Sivelle, et *al.* 2019 ; Ulloa-Cedamanos, 2021 ; BRGM, 2012 ; BRGM, 2017a).

Outres les installations de mesures conséquentes de 6 stations limnigraphiques, 7 limnimétriques, 1 contrôle de l'infiltration, 2 capteurs de pression, un modèle de fonctionnement vient valider sur une période de 15 ans, le système aval du Baget fut aussi un sujet d'études

[35] Dépression (ou creux) fermée d'origine karstique, de grandes dimensions (quelques kilomètres, ou même quelques dizaines de kilomètres de longueur), à fond plat et à bordures escarpées.

hydrochimiques. Menées à long terme sur les systèmes karstiques tels que celui du Baget, elles se sont avérées être des indicateurs de sources d'eau, de processus biogéochimiques et des conditions de stress environnemental, naturel et/ou anthropique (Ulloa-Cedamanos, et *al.* 2020).
Pour ces différents points d'intérêt, le site est inscrit à l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (MPY0979).



Carte du bassin versant du Baget : A- le relief avec les courbes de niveau ; B- les différentes lithologies (Ulloa-Cedamanos F. , et *al.*, 2020)

Géologie / Substrat de Sainte Catherine

Cette grotte est creusée dans des calcaires marmoréens jura-crétacés (SMSP, 1962).

Climatologie

Dans sa partie descendante, la grotte de Sainte Catherine possède un régime de ventilation qui s'inverse toutes les saisons alors que la galerie plus profonde a une ventilation plus calme et constante sur l'année (Bertrand, et *al.*, 2002). Cette cavité fut l'objet d'un suivi climatologique en 1967 par C. Andrieux (Andrieux, 1969). Des mesures d'anhydride carbonique (PCO2) ont été réalisés par P. Renault (Renault,1971) qui donne la valeur de 0,2 % pour cette cavité. Avec cette étude, l'auteur montre que les répartitions du PCO2 dans les cavités dépend de plusieurs facteurs tels que la morphologie de la cavité ou de la météorologie (variations barométriques). Par cette analyse, il conclut que deux grandes catégories se distinguent : les valeurs élevées définissent des karsts de plateaux et les plus faibles désignent des karsts de montagne (Renault, 1971). À notre connaissance, il n'y a pas eu de recherches plus récentes menées.

Usages

Le système du Baget est principalement utilisé par les laboratoires de terrain, pour l'étude du fonctionnement hydrogéologique et hydrochimique du système du Baget en relation avec le changement climatique et le changement d'occupation des sols et l'évolution des paysages. Ce système fait partie de nombreux réseaux (cités plus haut : SNO Karts, IR OZCAR et ELTER) et il fait l'objet d'études scientifiques pluridisciplinaires depuis les années 1965-70. Les données accumulées depuis plus de 50 ans en font un site particulièrement adapté à une approche écologique expérimentale des structures de communautés d'espèces souterraines, ainsi qu'à

l'étude des problèmes d'hydrogéologie en milieu karstique (Bertrand, et *al.*, 2002), et à la compréhension des fonctionnements dela zone critique en milieu karstique (Ulloa-Cedamanos, 2021a ; Ulloa-Cedamanos, 2021b, Ulloa-Cedamanos, 2022).

La grotte de Sainte Catherine : il s'agit d'une cavité connue et explorée depuis longtemps par les spéléologues mais en premier par les locaux. Dans l'aven principal, ces premiers explorateurs ont, par ailleurs, modifié l'environnement de cette grotte (installation d'un escalier en bois, dallage du sol) pour récupérer le débit de la Hount des Espuats et exploité l'argile ferrugineuse de l'étage supérieur, sous Napoléon 1er (SMSP, 1962). Un escalier métallique a également été posé dans « le trou de l'Âne » pour en faciliter l'accès. En 1988, des représentations théâtrales ont eu lieu dans l'aven (« Les sentiers des Basses Terres »). Du bâtiment léger utilisé autrefois pour abriter les instruments de mesures, il ne reste que la dalle en béton. Depuis quelques années, cette grotte fait l'objet de nombreuses et diverses études scientifiques (géomorphologiques, climatologiques, hydrogéologiques et faunistiques). Ainsi, elle représente une des grottes référence de France et l'une des mieux connues des Pyrénées. Elle fait néanmoins l'objet de visites non autorisées, à l'insu du CNRS.
La source de Las Hountas : « Quatre structures légères servant de laboratoires de terrain ont été aménagées au niveau de Las Hountas, des restes de ces installations sont encore présentes. Elles permettaient des prélèvements en vue d'analyse et le suivi en continu (sur certaines périodes ou tout au long de l'année) des paramètres de l'eau. » (Bertrand, et *al.* 2002).
L'hyporhéique de Lachein : « le ruisseau de Lachein constitue une station de référence pour l'étude du biotope hyporhéique. Les différentes études menées sur le site (hydrogéologie, hydrochimie, écologie …) ont permis l'acquisition d'un ensemble de données sur une longue période, faisant de cette station l'une des mieux étudiées à l'échelle nationale pour ce type bien particulier de milieu. » (Bertrand, et *al.* 2002).

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

La biodiversité du Système du Baget

Ci-dessous un extrait de la note SKAB (Bedos ; et *al.* 2022) sur la biologie souterraine du système aval du Baget. Les 3 sites phares du système du Baget, la grotte de Sainte Catherine, la source de las Hountas et le ruisseau de Lachein, ont fait l'objet d'inventaires : plus bas, la biodiversité de chacun des sites est décrite.

« Du point de vue biologique, le système du Baget a fait l'objet dans les années 1970-2000 d'une étude intégrée sur le long terme portant sur la structure et la dynamique des communautés d'arthropodes aquatiques souterrains, menée par Raymond Rouch et plusieurs chercheurs du laboratoire souterrain de Moulis. Les communautés souterraines ont été suivies pendant plusieurs années par filtrage en continu sur de longues périodes, accompagné par un échantillonnage à haute densité des milieux interstitiels phréatiques, hyporhéiques et karstiques. De nombreux articles scientifiques ont été publiés sur le sujet (Rouch et Bonnet 1976, Rouch et Carlier 1985, Rouch 1991, Lescher Moutoué 1973, etc.). Ce travail fait aujourd'hui référence en écologie souterraine et le Baget est reconnu comme un des hot-spots majeurs de biodiversité souterraine aquatique à l'échelle mondiale (Deharveng & Bedos 2019).

Outre cette faune aquatique, le système du Baget possède une faune terrestre riche qu'on rencontre essentiellement dans deux cavités : la grotte de Sainte Catherine et le gouffre de la Peyrère. La grotte de Sainte Catherine, très étudiée par le laboratoire de Moulis, recèle plus d'une dizaine d'espèces strictement souterraines. La plupart des genres caractéristiques de la faune souterraine ariégeoise sont présents dans cette cavité, appartenant aux groupes des araignées, opilions, diplopodes, chilopodes, isopodes terrestres, diploures, collemboles. Une des espèces les plus rares de la faune souterraine d'Ariège n'est connue que de cette cavité et par un unique exemplaire : le délicat palpigrade Eukoenenia pyrenaella (*Condé*). *On peut citer encore plusieurs coléoptères :* Speonomus infernus *(Dieck),* Geotrechus orpheus, Aphaenops cerberus, Aphaenops (Hydraphaenops) elhersi *(Abeille). Sainte Catherine est également la localité typique d´une espèce énigmatique, connue par deux exemplaires,* Aphaenops sinester (*Coiffait*). *Le gouffre de la Peyrère abrite lui aussi une faune riche, mais moins connue, qui diffère de celle de Sainte Catherine de façon inattendue et forte, au point*

de soulever un problème quant à la connexion des deux cavités : on y rencontre notamment l´Aphaenops bucephalus *(Dieck) et* l´Aphaenops tiresias *(Piochard de la Brûlerie) absents de Sainte Catherine. »*

La biodiversité de la Source de Las Hountas

Le filtrage des exutoires du système karstique du Baget situés au niveau de l'exutoire pérenne « Las Hountas » donne accès à une communauté d'espèces aquatiques particulièrement riche et variée, renfermant notamment deux espèces de Mollusques Hydrobiidés protégées et plus d'une vingtaine d'espèces stygobies dont certaines décrites du site.

Les données écologiques accumulées sur ces populations depuis plus de 30 ans mettent en évidence leur grande stabilité dans le temps et la liaison étroite existant entre les facteurs hydrologiques du milieu et l'organisation de la biocénose à l'échelle du système, faisant de ce site une référence dans l'étude de la composition et de l'évolution des communautés souterraines aquatiques (Bertrand, et *al.* 2002).

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Mollusques	4	Bon	Bertrand et *al.*, 2002
Crustacés	37	Bon	Bertrand et *al.*, 2002

La biodiversité de la Grotte de Sainte Catherine

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	14	Assez bon	
Arachnides	14	Bon	1 taxon non revu récemment
Coléoptères	7	Très bon	Brustel, 2019. D'autres endogés peuvent exister
Myriapodes	1	NC	**Bertrand et *al.*, 2002**
Crustacés	9	NC	**Bertrand et *al.*, 2002**
Collemboles	3	NC	**Bertrand et *al.*, 2002**
Mollusques	2	NC	**Bertrand et *al.*, 2002**
Annélides	1	NC	**Bertrand et *al.*, 2002**
Algues	1	NC	**Bertrand et *al.*, 2002**
Fonge	1	NC	**Bertrand et *al.*, 2002**

La biodiversité de l'Hyporhéique de Lachein

La biocénose aquatique, particulièrement riche, présente de nombreuses formes étroitement spécialisées, adaptées à cet habitat interstitiel souterrain. Des suivis de populations sur de longues périodes ont notamment été réalisés sur quelques groupes (crustacés copépodes, cyclopides et harpacticides) en relation avec les facteurs de l'environnement.

Les résultats obtenus ont mis en évidence la grande stabilité des peuplements au cours du temps, jointe à une forte hétérogénéité spatiale correspondant aux différentes unités physiographiques définies par les écoulements dans l'interstitiel.

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Mollusques	4	Bon	**Bertrand et *al.*, 2002**
Crustacés	37	Bon	**Bertrand et *al.*, 2002**
Arachnides	6	Moyen	

- LES CHIROPTERES (GROTTE DE SAINTE CATHERINE)



Population de Rhinolophes dans la grotte de Sainte Catherine © V. Leenknegt- PNRPA

EFFORTS DE PROSPECTION.

❖ **Les suivis de cavités**

Les suivis de la grotte de Sainte Catherine sont systématiques depuis 2015, date de la découverte d'un essaim d'hibernation important. Avant cette date, cette cavité a fait l'objet de passages ponctuels.

- **Suivi de l'hibernation** : chaque année, entre mi-janvier et mi-février ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.
- **Suivi du transit** : plus ponctuellement, quelques passages ont eu lieu au printemps et à l'automne et devraient se systématiser car la grotte de Sainte Catherine est très fréquentée à ces deux périodes, notamment par les Rhinolophidés (photo ci-jointe).
- **Suivi de la reproduction** : un seul passage (03/08/2015) a été réalisé durant la période de parturition. Ne semblant pas y avoir de mise-bas dans cette cavité, il n'y pas de suivi durant la période estivale.

❖ **Les opérations de captures au filet**

Deux captures ont eu lieues à un mois d'intervalle (septembre et octobre 2018 ; Baillat B & Cuypers.T) afin de mettre en évidence la fréquentation du site durant la période d'accouplement et la phénologie des espèces sur le site.

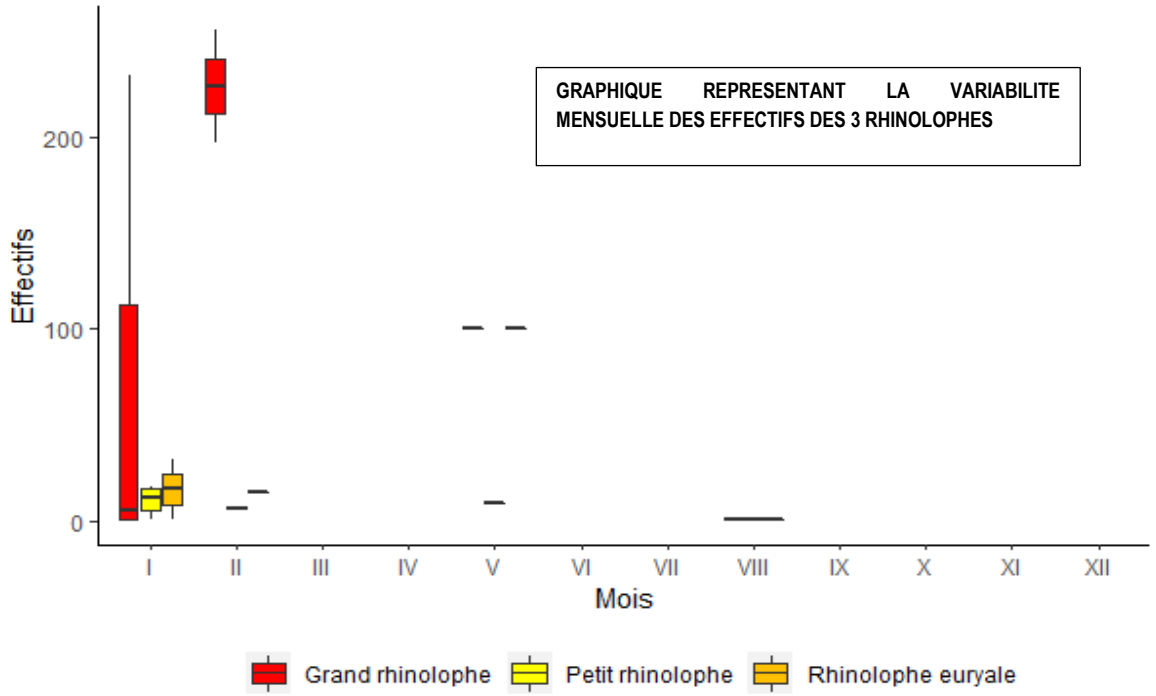
RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous, la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2011 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses). Les chiffres mentionnés avec « capture 2018 » correspondent aux effectifs capturés dans les filets. Pour autant, la fréquentation par les chiroptères est bien plus importante pour certaines espèces (Rhinolophe euryale, Petit murin, Minioptère de Schreibers) et doit certainement se comptabiliser par plusieurs centaines de chauves-souris toutes espèces confondues.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Barbastelle d'Europe	*Barbastella barbastellus*			1-4 (capture 2018)
Petit rhinolophe	*Rhinolophus hipposideros*	1 (2015)	6-18	2 (capture 2018)
Grand rhinolophe	*Rhinolophus ferrumequinum*	X	8-168-255	100 (05/2015)
Rhinolophe euryale	*Rhinolophus euryale*	X	0-16-32	100 (05/2015)
Minioptère de Schreibers	*Miniopterus schreibersii*	X	0-6-20	1-33 (capture 2018)
Murin à oreilles échancrées	*Myotis emarginatus*	1 (2005)	X	X
Petit murin	*Myotis blythii*	X	X	9 (capture 2018)
Noctule de leisler	*Nyctalus leisleri*	X	X	1 (05/2015)
Murin de Daubenton	*Myotis mystacinus*	1 (2005)	X	X
Murin de natterer	*Myotis nattereri*	1 (2005)	X	X

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	X	X	2 (capture 2018)
Vespère de Savi	*Hypsugo savii*	X	X	3 (capture 2018)
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	X	X	5 (capture 2018)
Nombre d'espèces	**14**	**4**	**4**	**10**

PHENOLOGIE. La grotte de Sainte Catherine est, pour les chiroptères, une grotte d'hibernation et de transit printanier et automnal. Durant l'hiver, on retrouve une importante colonie de Grands rhinolophes (Nmax=255), avec quelques dizaines au plus de Rhinolophes euryales. Plus ponctuellement, on retrouve quelques Minioptères de Schreibers.

Les informations concernant le transit printanier sont issues uniquement d'un seul passage en mai 2015 avec environ 100 Grands rhinolophes et 100 Rhinolophes euryales, les autres espèces n'étant pas significatives. Pour l'automne, la richesse spécifique est importante (N=10 espèces), mais 4 espèces semblent avoir des effectifs plus importants : le Minioptère de Schreibers, le Rhinolophe euryale, le Grand rhinolophe et le Petit murin. La période automnale, en particulier, nécessiterait une attention particulière pour l'évaluation des effectifs présents.



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DES 3 RHINOLOPHES

TENDANCES. Les effectifs hivernant au sein de la grotte de Sainte Catherine semblent relativement stables (autour de 200 individus ± 50). En 2019, l'essaim de Grands rhinolophes n'a pas été observé, mais il est possible qu'il se soit logé dans une partie accessible uniquement sur corde, comme ce fut le cas durant l'hiver 2019-2020. Concernant les périodes de transit, il est impossible d'évaluer les tendances du fait du nombre insuffisant de données.

MENACES. La grotte de Sainte Catherine, localisée sur les cartes IGN, se situe au pied d'un sentier balisé. Anciennement utilisée pour des suivis scientifiques par le laboratoire souterrain de Moulis, elle est équipée et accessible par des échelles. Malgré la dangerosité de ces descentes en échelles, ainsi que l'absence de suivi de fréquentation, la localisation et la réputation du site font qu'il est certainement assez fréquenté.

En l'état actuel, et avec le peu de recul de suivi sur ce site (phénologie et localisation des essaims en transit), il est impossible d'évaluer la vulnérabilité des chauves-souris par rapport à la fréquentation.

- LES ARACHNIDES (GROTTE DE SAINTE CATHERINE)

EFFORTS DE PROSPECTION. Malgré des visites de célèbres biospéléologues dans les années 1910, aucun matériel ne semble avoir été étudié parmi les arachnides. Le site n'a fait l'objet de recherches arachnologiques qu'à partir des années 1950 avec des prospections menées par Henri Coiffait sur les coléoptères souterrains et Jacques Denis. Le matériel a été identifié par Dresco et Denis durant cette période où seulement 4 espèces ont été identifiées. Peu voire pas de mention de recherches entomologiques ont pu être retrouvées dans cette cavité après cette période. Il faudra attendre 2014 pour que les naturalistes contemporains reviennent sur les traces de Coiffait et réalisent de nouveaux inventaires plus réguliers et exhaustifs. Depuis, les relevés se calent avec les suivis chiroptères ou lors de prospections spécifiques.

RICHESSE SPECIFIQUE. Seuls les opilions étaient déjà cités de la cavité lors du premier projet en 2002. Aujourd'hui, 14 espèces sont connues de cette cavité avec ces deux opilions et une espèce de Palpigrade. La grande majorité du cortège est essentiellement troglophile avec quelques espèces d'affinités thermophiles qui recherchent obscurité, température et hygrométrie constantes. La présence de ces espèces est due à la configuration de l'entrée sous forme de gouffre qui génère, malgré un puits de lumière, des conditions stationnelles idéales pour cette faune. D'ailleurs les prospections passées ont mis en avant des espèces accidentellement trouvées en grotte, telles que *Gnaphosa lucifuga* (liée aux pelouses sèches), *Ceratinella brevis* (strate herbacée, litière) et *Micrargus apertus* vue en 1950 et 2018, très liée à la litière forestière.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Agelenidae	*Eratigena inermis*		X		Pyrénées et Cantabriques	2018	Déjean
	Dictynidae	*Chorizomma subterraneum*		X		Sud-Ouest	2018	Déjean
	Leptonetidae	*Leptoneta convexa*	X			Ariège, Haute-Garonne	1950	Dresco
		Leptoneta infuscata		X		Pyrénées	2018	Déjean
	Linyphiidae	*Palliduphantes cernuus*			X	Sub-endémique	2018	Déjean
		Porrhomma convexum		X			2020	Déjean
		Saaristoa abnormis			X		2018	Déjean
		Tenuiphantes zimmermanni			X		2018	Déjean
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X			2018	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta bourneti*		X			2015	Déjean
		Metellina merianae		X			2018	Déjean
Opilions	Nemastomatidae	*Nemastomella bacillifera*		X		Quasi-endémique	2018	Déjean
	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*		X		Ariège, Haute-Garonne	2018	Déjean
Palpigrades		*Eukoenenia pyrenella*						**Bertrand et *al.*, 2002**

Leptoneta convexa, espèce cavernicole stricte, n'a pas été revue dans la grotte de Sainte Catherine depuis 1950. Des recherches spécifiques sont à mener en ce sens. Enfin, malgré la proximité avec le gouffre de la Peyrère, le cortège de Sainte Catherine montre, parmi les espèces cavernicoles, des taxons différents et ainsi complémentaires qui diversifient la biodiversité souterraine que propose ce réseau.

Les espèces troglobies et même les troglophiles, souvent observées en grotte, ont un cycle biologique continu dans ce type de conditions écologiques qui présentent un taux d'humidité et une température constants. Ainsi, tous les stades de développement peuvent s'observer tout au long de l'année. Un cortège classique en entrée de grotte est formé d'*Eratigena inermis, Meta bourneti* et *Metellina merianae.* Plus loin dans la cavité, on mettra en avant *Nesticus cellulanus, Leptoneta*



Chorizomma subterraneum © S. Déjean

infuscata, Chorizomma subterraneum. Enfin, les mieux adaptées à la vie souterraine sont localement *Porrhomma convexum* et *Leptoneta convexa.*

COMMENTAIRE. La cavité a été longtemps visitée avec l'installation de nombreux aménagements souterrains : escaliers, main courante, éclairage, échelles… Depuis, la fréquentation est bien moins forte que par le passé et le cortège des espèces troglophiles doit être pérenne. Quid de l'existence de *Leptoneta convexa* aujourd'hui dans cette cavité après cette période de forte activité anthropique ?

Etant donné la taille de ce site, les micro-habitats présents en entrée de cavité ne présentent pas de menace, d'autant plus qu'un cheminement s'est dessiné au fur et à mesure des visites. Le réseau est ensuite plus étroit et peu favorable aux espèces à toiles (comme l'est *L. convexa*) qui demandent des supports stables et pérennes ; les visites répétées ne l'encouragent pas à s'installer sur cet itinéraire ; heureusement, de nombreuses salles beaucoup moins accessibles sont de fait naturellement protégées. C'est dans ces parties que devra être recherchée l'espèce remarquable.

- LES ARACHNIDES (HYPORHEIQUE DE LACHEIN)

EFFORTS DE PROSPECTION. Ce réseau, comme ses composants hypogés, ont été très étudiés pour leur faune invertébrée aquatique souterraine qui abrite une richesse remarquable. Aucun inventaire de la faune terrestre n'a été réalisé. Une sortie commune entre spéléologues et naturalistes a cependant permis d'initier un premier inventaire succinct et rapide en 2018. Il s'est concentré sur le lit « asséché » du cours d'eau de Lachein, la rivière s'écoulant en sous-sol. Ce ruisseau est très ombragé, très caillouteux avec un fort taux d'hygrométrie omniprésent ; ces conditions stationnelles sont assez identiques aux conditions que l'on peut trouver en grottes. Des recherches plus poussées sont nécessaires pour appréhender la diversité réelle du site.



Robertus mazaurici © P. Oger

*RICHESSE SPECIFIQUE***.** La recherche des arachnides en situation endogée a montré une partie du cortège troglophile avec des espèces hygro-sciaphiles à large répartition comme *Tenuiphantes zimmermanni* et *Nesticus cellulanus.* On notera la présence d'opilions comme *Nemastomella bacillifera*, très rare en dehors de la chaîne des Pyrénées et *Ischyropsalis luteipes* muscicole dans le Massif central où il reste peu commun et essentiellement cavernicole dans les Pyrénées.

Enfin, la présence de *Leptoneta infuscata* est classique puisqu'elle est commune dans son aire de répartition mais qui se concentre essentiellement sur l'Ariège. L'espèce la plus remarquable est *Robertus mazaurici*. On a longtemps pensé qu'elle était inféodée aux zones karstiques des Cévennes où elle a été décrite du Gard. Cependant cette observation représente la donnée la plus à l'Ouest de son aire de répartition. Cette espèce est citée comme déterminante ZNIEFF pour la partie Midi-Pyrénées.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Linyphiidae	*Tenuiphantes zimmermanni*			X		2018	Déjean
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X		Pyrénées	2018	Déjean
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X			2018	Déjean
	Theridiidae	*Robertus mazaurici*	X				2018	Déjean
Opilions	Nemastomatidae	*Nemastomella bacillifera*				Quasi-endémique	2018	Déjean
	Ischyropsalidaae	*Ischyropsalis luteipes*		X		Pyrénées et Massif central	2018	Déjean

COMMENTAIRE. Les conditions locales sont assez originales et doivent varier d'une saison à l'autre. En effet, en période de hautes eaux, les espèces doivent trouver refuges en dehors du cours d'eau ou sont charriées d'une grotte à

l'autre, comme les mollusques et crustacés, dans lesquelles elles trouvent refuge pour s'installer. Ce mode de « transport » est étudié pour la faune terrestre qui habite aux abords des rivières souterraines.

Comme évoqué ci-dessus, le devenir du cortège est peut-être lié aux inondations-exondations du cours d'eau, phénomène qui reste à étudier.

- LES CRUSTACEES (GROTTE DE SAINTE CATHERINE)

RICHESSE SPECIFIQUE. (Bou, 2017)

Ordre	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Observateurs / sources biblio
Isopodes	*Stenasellus virei hussoni*	x				Magniez, 1968 LS-RR
Harpacticides	*Nitocrella subterranea*	x				LS-RR
	Anthrocamptus catherinae	x			Localité typique unique	Chappuis & rouch, 1960 LS-RR
	Paracamptus schmeili					Mrazek, 1893 LS-RR
	Bryocamptus zschokkei					CHAPPUIS, 1955 LS-RR
	Nitocrella gracilis					LS-RR
	Parapseudoleptomesochra subterranea					CHAPPUIS, 1928 LS-RR
	Ceuthonectes gallicus					CHAPPUIS, 1928 LS-RR
	Moraria catalana					CHAPPUIS & KIEFER, 1952 LS-RR
	Elaphoidella coiffaiti *				Localité typique	CHAPPUIS & KIEFER, 1952 LS-RR
Cyclopides	*Paracyclops fimbristus*					LS-RR

- LES CRUSTACEES (SOURCE DE LAS HOUNTAS)

RICHESSE SPECIFIQUE. (Bou, 2017)

Ordre	Espèces ou taxons	Endémisme	Observateurs / sources biblio
Ostracode	*Pseudocandona sp. aff.marchica*		LS-DD
	Pseudocandona albicans		LS-DD
	Pseudocandona sp. aff.marchica		LS-DD
	Crypotocandona vavrai		LS-DD
	Candona neglecta		LS-DD
	Cypria sp. aff. lacustris		LS-DD
	Cyclocypris sp.		LS-DD
	Eucypris pigra		LS-DD
	Psychodromus fontinalis		LS-DD
	Potamocypris zschokkei		LS-DD
Cyclopide	*Eucyclops serrulatus*		LS-FLM
	Paracyclops fimbristus		LS-FLM
	Tropocyclops prasinus		LS-FLM

Ordre	Espèces ou taxons	Endémisme	Observateurs / sources biblio
	Acanthocyclops viridis		LS-FLM
	Acanthocyclops venustus		LS-FLM NORMANN & SCOTT, 1906
	Diacyclops bisetosus		LS-FLM
	Diacyclops languidoides		LS-FLM
	Speocyclops racovitzai liquensis		LS-FLM CHAPPUIS & KIEFER, 1952
	Speocyclops racovitzai boscensis		LS-FLM KIEFER, 1954
	Speocyclops anomalus		LS-FLM CHAPPUIS & KIEFER, 1952
	Speocyclops kieferi		LS-FLM LESCHER-MOUTOUE, 1968
Harpacticides	*Phyllognathopus viguieri*		LS-RR
	Parapseudoleptomesochra subterranea		(CHAPPUIS, 1928) ; LS-RR
	Nitocrella gracilis		CHAPPUIS, 1955 ; LS-RR
	Nitocrella delayi	Localité typique unique	ROUCH, 1970 ; LS-RR
	Attheyella crassa		LS-RR
	Maraenobiotus vejdovskyi		LS-RR
	Epactophanes richardi		LS-RR
	Moraria catalana		CHAPPUIS & KIEFER, 1952 ; LS-RR
	Moraria pectinata		LS-RR
	Moraria poppei		LS-RR
	Moraria varica		LS-RR
	Ceuthonectes gallicus		CHAPPUIS, 1928 ; LS-RR
	Bryocamptus zschokkei		LS-RR
	Bryocamptus pygmaeus		LS-RR
	Bryocamptus minutus		LS-RR
	Bryocamptus typhlops		LS-RR
	Limocamptus echinatus		LS-RR
	Elaphoidella bouilloni		ROUCH, 1964 ; LS-RR
	Elaphoidella coiffaiti		CHAPPUIS & KIEFER, 1952 ; LS-RR

- LES CRUSTACEES (HYPORHEIQUE DE LACHEIN)

EFFORTS DE PROSPECTION. La technique d'exploration et de récolte de la microfaune aquatique souterraine dans le sous-écoulement des cours d'eau de surface a été mise au point par Claude Bou : tube crépiné en acier, enfoncé à la masse, pompe fixée sur le tube pour aspirer l'eau interstitielle et la filtrer avec filet à maille de 100 microns environ pour collecter les micro-invertébrés. Elle a été expérimentée et développée au Laboratoire de Moulis, en particulier sur ce site, et ensuite exportée dans le monde entier.



Ci-dessus : le dispositif de pompage filtrage Bou-Rouch (Bertrand, et *al*., 2002)

RICHESSE SPECIFIQUE. (Bou, 2017)

Ordre	Espèces ou taxons	Endémisme	Observateurs / sources biblio
Ostracode	*Pseudocandona sp. aff. herzogi*		LS-DD

Ordre	Espèces ou taxons	Endémisme	Observateurs / sources biblio
	Pseudocandona albicans		LS-DD
	Pseudocandona sp. aff. marchica		LS-DD
	Pseudocandona sp. aff. rostrata		LS-DD
	Cryptocandona vavrai		LS-DD
	Candona neglecta		LS-DD
	Cypria sp. aff. lacustris		LS-DD
	Iliocypris sp.		LS-DD
	Eucypris pigra		LS-DD
	Psychodromus fontinalis		LS-DD
	Potamocypris zschokkei		LS-DD
Cyclopide	*Eucyclops serrulatus*		LS-FLM,AM
	Paracyclops fimbriatus		LS-FLM,AM
	Acanthocyclops venustus		NORMANN & SCOTT, 1906 LS-FLM,AM
	Acanthocyclops sensitivus		GRAETER & CHAPPUIS, 1914) LS-FLM,AM
	Diacyclops bisetosus		LS-FLM,AM
	Diacyclops languidus belgicus		LS-FLM,AM
	Diacyclops languidoides		LS-FLM,AM
	Graeteriella rouchi		LESCHER-MOUTOUE, 1968 LS-FLM,AM
	Graeteriella sp.		LS-FLM,AM
Harpacticides	*Phyllognathopus viguieri*		LS-RR,MB
	Parapseudoleptomesochra subterranea		(CHAPPUIS, 1928) LS-RR,MB
	Nitocrella gracilis		CHAPPUIS, 1955 LS-RR,MB
	Attheyella crassa		LS-RR,MB
	Epactophanes richardi		LS-RR,MB
	Moraria catalana		LS-RR,MB
	Moraria pectinata		LS-RR,MB
	Moraria poppei		LS-RR,MB
	Moraria varica		LS-RR,MB
	Ceuthonectes gallicus		CHAPPUIS, 1928 LS-RR,MB
	Bryocamptus zschokkei		LS-RR,MB
	Bryocamptus pygmaeus		LS-RR,MB
	Bryocamptus minutus		LS-RR,MB
	Bryocamptus typhlops		LS-RR,MB
	Bryocamptus echinatus		LS-RR,MB
	Bryocamptus (Rheocamptus) alosensis	Localité typique unique	APOSTOLOV, 1998 LS-RR,MB
	Elaphoidella bouilloni		ROUCH, 1964 LS-RR,MB
	Elaphoidella coiffaiti		CHAPPUIS & KIEFER, 1952 LS-RR,MB
	Antrocamptus chappuisi		ROUCH, 1970 LS-RR,MB
	Paracamptus schmeili		(MRAZEK, 1893)

Ordre	Espèces ou taxons	Endémisme	Observateurs / sources biblio
			LS-RR,MB
	Parastenocaris dianae		CHAPPUIS, 1955 LS-RR,MB
	Parastenocaris vandeli	Localité typique	ROUCH, 1988 LS-RR,MB
Syncaride	*Vandelibathynella vandeli*		LS-NC (DELAMARE-DEBOUTTEVILLE & CHAPPUIS, 1971)
Isopode	*Microcharon rouchi**	Localité typique	LS-NC COINEAU, 1968
	Stenasellus virei hussoni		LS-GM MAGNIEZ, 1968
Amphipode	*Salentinella petiti*		LS-CB COINEAU, 1963
	*Parasalentinella rouchi **	Localité typique	LS-CB BOU, 1971
	Niphargus pachypus		LS-CB SCHELLENBERG 1933
	Ingolfiella thibaudi		LS-CB COINEAU, 1968

- LES COLEOPTERES (GROTTE DE SAINTE CATHERINE)

EFFORTS DE PROSPECTION. La grotte de Sainte Catherine a été (Fourès, 1947 ; Coiffait, 1959) et est encore souvent visitée grâce aux équipements fixes installés par les biospéléologues du laboratoire de Moulis. Les coléoptères présents sont bien connus à l'exception de l'énigmatique *Aphaenops sinester* que l'on suppose être une supercherie, au moins en termes d'origine réelle du type. Les autres grottes pénétrables répertoriées dans le secteur sont méconnues et sans donnée enregistrée dans les bases accessibles ou dans la bibliographie (Coiffait, 1959 ; Déliot, s.d.).

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Carabidae	*Aphaenops cerberus bruneti*	X		Massif	27/06/2019	Brustel
	Hydraphaenops ehlersi	X		Massif	05/03/2015	Brustel
	Aphaenops sinester	X		Massif	1959	Coiffait
	Geotrechus orpheus consorranus		X	Massif	27/06/2019	Brustel
Catopidae	*Speonomus infernus*		X	Massif	10/08/2018	Brustel & Fedrigo

En rouge : grotte dont c'est la localité type

Endémisme : grotte > Massif = continuum karst > Ariege>Pyrénées> / : au-delà des Pyrénées

COMMENTAIRES. Les différents taxons cités à Sainte Catherine sont visibles à chaque visite hormis l'*Hydraphaenops elhersi*, très rare (fréquence d'une observation pour cinq visites environ) et de l'énigmatique *Aphaenops sinester*, jamais revu depuis sa description. Des prospections entomologiques complémentaires sont nécessaires dans les autres cavités pénétrables du secteur pour compléter les inventaires ou rafraichir certaines données. La faune endogée, potentiellement riche, mérite des prospections au moyen de techniques adaptées (tamisages, lavages de terre, pièges Owen).

- LES ISOPODES TERRESTRES (GROTTE DE SAINTE CATHERINE)

Données récentes :

- *Trichoniscus provisorius* Racovitza 1908
- *Porcellio dilatatus* Brandt, 1833
- *Oniscus asellus* Linnaeus, 1758
- ***Scotoniscus macromelos* Racovitza, 1908**

La diversité y est intéressante, avec une seule espèce remarquable (endémique, cavernicole) : *S. macromelos*, lui conférant une responsabilité pour la préservation de ce taxon localisé.

AUTRES ESPECES (Bou, 2017)

Dans la grotte de Sainte Catherine :

CHAMP. ectoparasite	*Rhacomyces aphaenopsis*
CYANOPH. Stygonemat.	*Geitleria calcarea*

Dans le ruisseau de Lachein :

Caenogastropoda Moll.	*Moitessieria audiberti localité typique unique*	GIRARDI, 2015
Caenogastropoda Moll.	*Islamia globulina*	
Caenogastropoda Moll.	*Bythinella simoniana*	

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Le premier à s'intéresser à la géologie du massif de Balagué est l'abbé Pouech. Il le parcourt à plusieurs reprises entre 1854-1869. Dans ces carnets, des croquis et des coupes décrivent précisément la géologie locale.



Coupe par Sainte Catherine de Balagué, dessin par Jean-Jacques Pouech dans les années 1860, carnet conservé aux archives départementales de l'Ariège (71 J 266), p.18.

Dans le carnet 71 J 242, Pouech évoque les vestiges situés au « *sommet de Sainte Catherine, une chapelle au milieu, une tour à l'Est. Il n'est reste que la moitié occidentale. On a excavé et fouillé entre deux feuilletés de la roche au sud de la tour* » (Pouech, 1848-1889).

Le collectif SKAB explique dans sa note (Bedos, et *al.*, 2022) que le système aval du Baget mérite fortement d'être étudié et son intérêt pour la recherche archéologique et faunistique est grand (cf extraits de la note ci-dessous) :

« Dominant l'exutoire du Baget, le castrum médiéval déserté de Sainte Catherine a été l'objet de sondages archéologiques il y a une dizaine d'années (Rouch 2006). Partie intégrante d'un Programme de recherches archéologiques sur le fait castral médiéval en Pyrénées centrales, ce site livre aussi les vestiges d'un village fortifié subordonné au caput castri, de forme très comparable à celui d'Izaut-de-l'Hôtel (Haute-Garonne), fouillé entre 2014 et 2020 par Thibaut Lasnier et Arnaud Coiffé 2014-2020. La problématique sur ce type de village est aujourd'hui un des questionnements essentiels de la recherche historique et archéologique sur le second Moyen-Âge en Pyrénées centrales (Documentation service régional de l'Archéologie, 09.035.0003) »

La grotte de Sainte Catherine a été exploitée comme mine de fer à une période indéterminée. De nombreuses traces de coups de pics et des éboulis peuvent être interprétés comme des haldes de mine. Des traces de limonite, des coups de pics, des blocs de calages et des tas de cailloux sont visibles au fond de la grotte. Dans une niche, un vase daté par Louis Méroc de l'âge du Fer est trouvé par les spéléologues (Documentation service régional de l'Archéologie, 09.035.0003).

Dans le lit du ruisseau de Lachein (lieu-dit La Moulo ou « la Hille ») ainsi que sur plusieurs parcelles proches, des scories de fer sont trouvées en prospection archéologique en 1995. Ces découvertes impliquent l'existence d'un ou plusieurs crassiers en amont. Ces scories pourraient être contemporaines de l'exploitation minière de la grotte de Sainte Catherine (Documentation service régional de l'Archéologie, 09.035.0004).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Sur l'ensemble du site, la conservation d'une bonne qualité de l'eau est indispensable. Une agriculture extensive devra donc être maintenue. Les rejets pourront être inventoriés et suivis, avec une sensibilisation des habitants, pour éviter toute pollution impactante pour le milieu. Sur les zones d'abreuvement dans le cours d'eau ou les zones de passage à gué par le bétail, des solutions pourront être proposées pour en limiter les impacts.

Concernant la fréquentation, la grotte de Sainte Catherine méritera une attention particulière en période de présence des chauves-souris. La présence d'une échelle augmentant les risques d'accident et de fréquentations intempestives par des personnes non sensiblisées, une réflexion pourra être lancée sur l'utilité de la conserver.

VOLET CONNAISSANCE.

Le collectif SKAB explique dans sa note (Bedos, et *al.*, 2022) que :

« La faune aquatique du système du Baget a été la plus étudiée de France et sans doute du monde. Tout l'amont du système reste par contre sous-étudié, mais c'est une zone majeure d'explorations et de découvertes spéléologiques sur laquelles les spéléos sont très actifs. Les travaux d'écologie sur l'aval du Baget, menés par Rouch et ses collègues, sont terminés depuis plus de 20 ans. Le laboratoire EcoLab de Toulouse conduit actuellement des recherches, marquées par plusieurs publications récentes, sur la physico-chimie des eaux en relation avec le changement climatique et l'évolution des paysages (reforestation) mais pas sur la biologie ou l'écologie des espèces. […]

La faune terrestre du système est moins connue et mériterait des recherches complémentaires. La différence entre les espèces de coléoptères présentes à la Peyrère et celles présentes à Sainte Catherine soulève un problème local à la fois biologique et hydrogéologique quant à la configuration du système, dont les explorations spéléologiques en cours nous donneront peut-être l'explication. […]

Le système de Baget est une référence dans la connaissance des faunes aquatiques souterraines des Pyrénées, sans qu'on sache dans quelle mesure il est représentatif de ces peuplements. C'est donc l'échantillonnage d'autres réseaux qui permettra de connaître la représentativité du Baget... »

Parmi les actions qui pourraient être mises en place dans la grotte de Sainte Catherine, il serait intéressant de réinstaller des sondes climatiques pour effectuer un suivi des teneurs en CO_2 et thermiques. L'obtention de nouvelles données et leur comparaison avec les plus anciennes (Bakalowicz, 1992 ; Pouech, 1848-1889) permettraient de connaître

l'évolution climatique de la grotte et la présence de chiroptères. De plus, elle pourrait être une grotte référence dans le suivi des changements climatiques en milieu souterrain. Les volets connaissance et valorisation de la grotte Sainte Catherine sont aujourd'hui définis et gérés par le comité *ad hoc* au sein du laboratoire CNRS SETE.

En plus de son intérêt hydrogéologique et faunistique, ce bassin-versant présente aussi la particularité d'exposer pratiquement l'ensemble des terrains caractéristiques de la zone nord-pyrénéenne de part et d'autre de la faille d'Alas qui constitue l'un des phénomènes tectoniques majeurs pour le nord pyrénéen (Capera, 1974). Pour ces différents points d'intérêt, le site est inscrit à l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (Ulloa-Cedamanos, et *al.* 2020). Des études pourraient être menées sur le drain principal de Peyrère, dans la continuité de la publication Bréhier et *al*, 2024.

VOLET VALORISATION.

Le système aval du Baget est une référence dans la compréhension des environnements karstiques. Son aspect expérimental a permis la création de nombreux concepts sur la structure et le fonctionnement des karsts. Ce suivi hydrogéologique et les nombreuses études menés, sur une cinquantaine d'années, font de lui un modèle de recherche et d'expérimentation sur le plan international (13 thèses et ouvrages généraux et 104 publications) et un atout majeur dans le volet pédagogique. Il s'inscrit ainsi parmi les Bassins-Versants de Recherche Expérimentaux français et European Network of experimental and representative basins (MNHN & OFB, 2003-2023). Dans le cadre de cette Réserve naturelle, l'ensemble de ces recherches sur la faune, l'hydrogéologie et les changements climatiques au niveau karstique pourrait être valorisé par des communications et des activités à vocations pédagogiques, envisageables sur le réseau de Moulis. En effet, la proximité avec le laboratoire de Moulis constitue un atout supplémentaire à cette démarche.

LA GROTTE DE LA MINE DU POUECH D'UNJAT

ID = 4

					
Patrimoine naturel - intérêt		+++	+	+	++
Menace et/ou Vulnérabilité Responsabilité	**oui**	**X** Internationale			MPY1533
Valorisation et pédagogie scientifique	**Intérêt fort**				
Science et recherche	**Intérêt fort**				



Entrée de la grotte de la mine d'Unjat © T. Cuypers

Type de zone : 2
ZNIEFF 730012019
Le Plantaurel

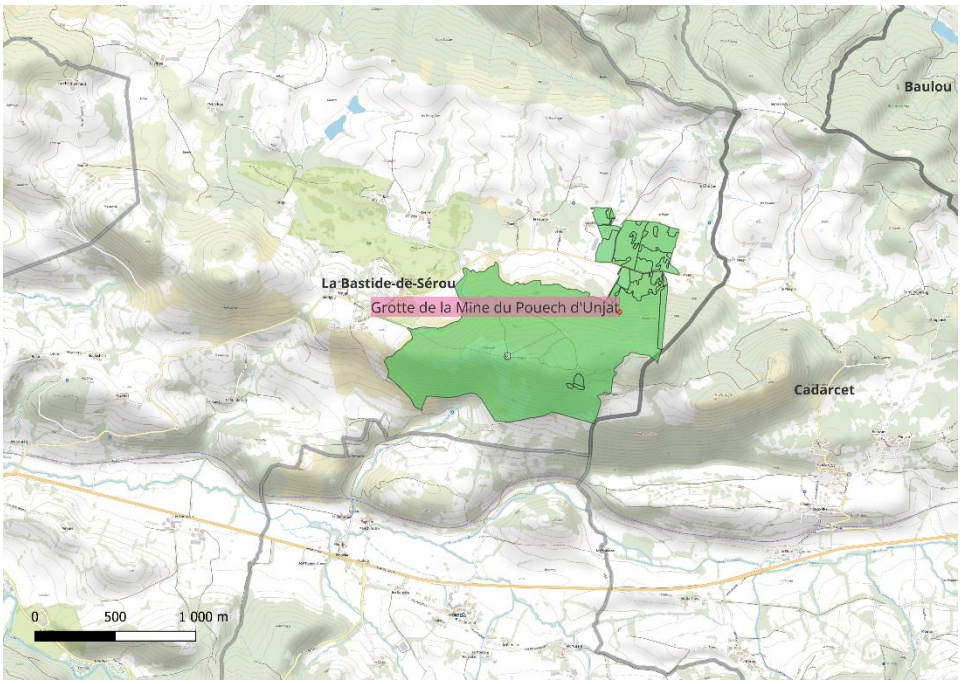
Arrêté municipal
Règlementant l'accès pour la pratique de la spéléologie

Site en gestion conservatoire
ANA-CEN-09

LOCALISATION

Commune	LA BASTIDE DE SEROU	**Ensemble géographique**	Les avants monts ; les massifs de Cadarcet et de Lescure
Parcelles concernées	40	**Superficie planimétrée**	124.8 ha

Localisation du site (carte IGN 1 : 20 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux & usages en surface

La grotte de la mine du pouech d'Unjat est située sur la commune de la Bastide-de-Sérou (Bertrand, *et al.*, 2002). La mine du Pouech d'Unjat intègre le versant nord qui porte le même nom et qui culmine à environ 700 m d'altitude. Ce massif est drainé par le ruisseau de l'Aujole qui se jette dans l'Arize à La Bastide-de-Sérou (Cuypers, 2022).

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Il s'agit d'une propriété de la commune de la Bastide-de-Sérou dont les terres sont gérées par des agriculteurs conventionnés. Dans le cadre d'une convention de gestion, un suivi du site a été proposé par l'ANA-CEN09 pour une diffusion et un partage des connaissances entre tous les acteurs du territoire. Un arrêté municipal règlemente l'accès et le CDS09 gère les activités des clubs spéléologiques extradépartementaux (Cuypers, 2022).

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Massif de Cadarcet

Altitude entrée 668 m **Développement** 6340 m **Profondeur** 95 m (mine-siphon Riou Sarclés)

Description cavité

La grotte de la mine du Pouech d'Unjat est la plus importante du massif avec près de 6 000 m de galeries, grandes salles, puits, laminoirs… C'est une cavité complexe, possédant trois réseaux superposés (Lebas, 1980a). L'étude du Pouech d'Unjat a démontré l'existence de trois réseaux superposés :

- l'ancien réseau (grande Salle, galerie du GS Foix) ;
- le réseau supérieur (galerie amont, galerie de la SSA et SSP) ;
- le réseau inférieur ou nouveau réseau (galeries de l'interclubs du Riou Sarclés, salles de la Bauxite et du Repos, galerie Rouch, etc ...).

Le premier réseau est fossile. Il possède un remplissage de galets et un abondant concrétionnement calcitique massif. Le second est aussi fossile, encombré par un remplissage argileux, et possède un concrétionnement riche et varié. Le dernier réseau est semi-actif et sert de trop-plein dans les parties amont, de rivière dans la partie aval entre la salle Rouge et le siphon ; il possède un remplissage sur-creusé d'argile et de galets et son concrétionnement varié mais localisé est actif (Calvet et Lebas, 1981).

Hydrogéologie/ substrat

La galerie amont est creusée aux dépens d'un joint de stratification dans les calcaires urgo-aptiens. On peut distinguer deux morphologies très différentes : celle développée au sein des calcaires de type urgonien et celle creusée dans la dolomie. D'une manière générale dans le faciès « urgonien », les morphologies se caractérisent par de grandes salles et de grandes galeries : les parois sont peu déchiquetées, le concrétionnement y est abondant et diversifié. Ceci se rencontre notamment au début de la Mine du Pouech (Grande Salle, Salle de la Bauxite, du Repos, Galerie Rouch, etc.) (Calvet, 1988). L'essentiel du concrétionnement est de nature calcitique, en coulées, stalagmites et stalactites, mais aussi fistuleuses et hélictites. Le concrétionnement aragonitique est plus localisé dans certaines parties de l'ancien réseau surtout, plus rare, dans le nouveau. Les fistuleuses se rencontrent partout, alors que les hélictites semblent plus localisées, surtout sur une portion d'une centaine de mètres dans le réseau aval. Le Pouech possède en outre des efflorescences de gypse dans le réseau inférieur et l'ancien réseau, sous la forme de petites aiguilles blanchâtres, sans grand attrait esthétique. Il convient de signaler une petite particularité minéralogique avec la présence d'un sulfate de fer ferreux, la Mélantérite, en encroûtements vert clair, dans une ancienne galerie d'extraction de la bauxite à la mine du Pouech. Cette Mélantérite provient de la désagrégation de la pyrite de fer incluse dans la bauxite (Calvet et Lebas, 1981).

Usages

La cavité et son développement ne permettent qu'une fréquentation encadrée. On peut également mentionner les usages de loisirs aux entrées du site (regroupements, feux) qui sont réguliers compte tenu de l'accessibilité aisée du site et posent des problèmes de conciliation.
La Mine d'Unjat présente des concrétions exceptionnelles ayant fait l'objet de travaux de recherche.
La Mine d'Unjat est une cavité facilement accessible, bien connue d'un grand nombre de personnes qui y viennent pour différentes activités. D'une part les « locaux », qui par curiosité viennent faire un tour dans cette mine inexploitée depuis seulement une quarantaine d'années, où l'on peut observer encore le matériel en place. D'autres parts des minéralogistes qui trouvent dans cette ancienne mine de bauxite des cristaux de quartz d'une qualité remarquable (comm.pers. Nicole Ravaiau). Enfin des spéléologues pour son superbe développement de près de 6 kilomètres qui offre encore des possibilités d'exploration. Par ailleurs il est important de noter qu'il existe une seconde entrée qui a été creusée par un agriculteur/spéléologue du Pouech afin de faciliter l'accès direct à la partie inférieure de la cavité en période d'étiage de la rivière souterraine. Cette entrée non naturelle a été busée et cadenacée et fait l'objet d'une ouverture auprès des spéléologues sur demande.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	4	Assez bon	
Araignées	6	Moyen	

ENJEUX NATURALISTES

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

- **Les suivis de cavités :** La mine d'Unjat est une cavité qui est suivie depuis peu de temps comparativement aux sites historiques d'Ariège. Le suivi est réalisé régulièrement depuis 2011 chaque hiver par les membres

de l'ANA-CEN Ariège. Puis de façon opportuniste et bénévole régulièrement d'autres passages sont effectués en période de transit, ainsi qu'un comptage en période de mise bas.

- **Suivi de l'hibernation** : chaque année, entre mi-janvier et mi-février ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie, bien souvent en partenariat avec l'OFB.
- **Suivi du transit** : passages opportunistes mais bien souvent plusieurs fois par an.
- **Suivi de la reproduction** : un comptage en sortie de gîte est de rigueur sur ce site en période de reproduction, durant la première quinzaine de juillet. Il est effectué par l'ANA – CEN09.
  - ❖ **Les opérations de captures au filet** : aucune capture au filet n'est connue pour cette cavité.

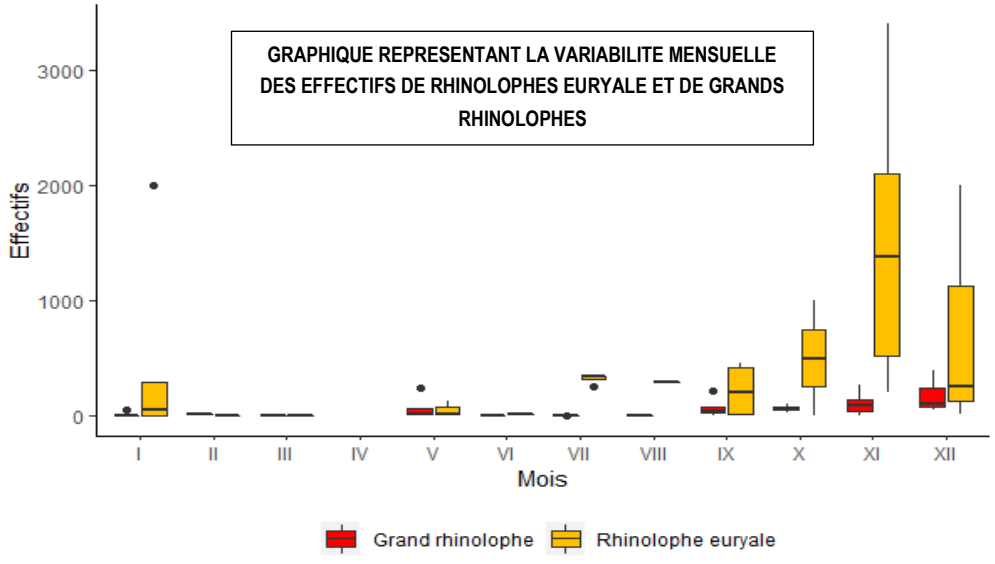
RICHESSE SPECIFIQUE. Liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; Taut=transit automnal ; Tpri=transit printanier ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 1987 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T-aut	T-pri
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**1**	**1-71-396**	**0-70-220**	**0-51-247**
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**X**	**0-7-18**	**0-1-5**	**0-1-3**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**20-234-350**	**0-703-3400**	**0-645-2100**	**7-36-128**
Murin de Bechstein	***Myotis bechsteinii***				1
Nombre d'espèces	4	2	3	3	4

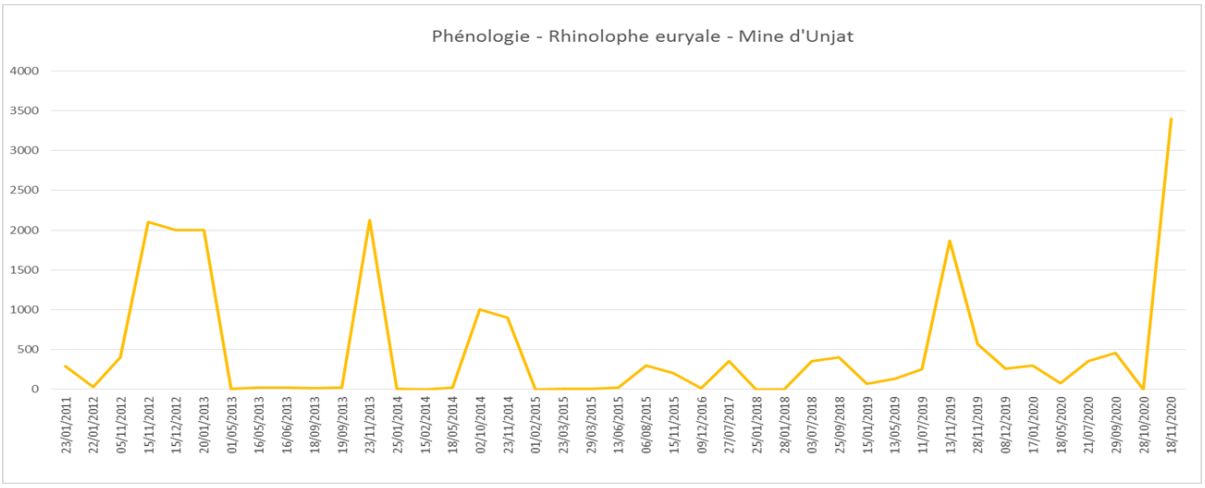
PHENOLOGIE. La mine d'Unjat est utilisée toute l'année par les Rhinolophes. Néanmoins, c'est entre mai/juin et février/mars que les enjeux sont les plus importants et durant le transit printanier où l'on note le moins de bêtes à l'intérieur (en moyenne environ une centaine de Rhinolophes (*R.eur.* et *R.fer.*), ce qui reste tout de même significatif).

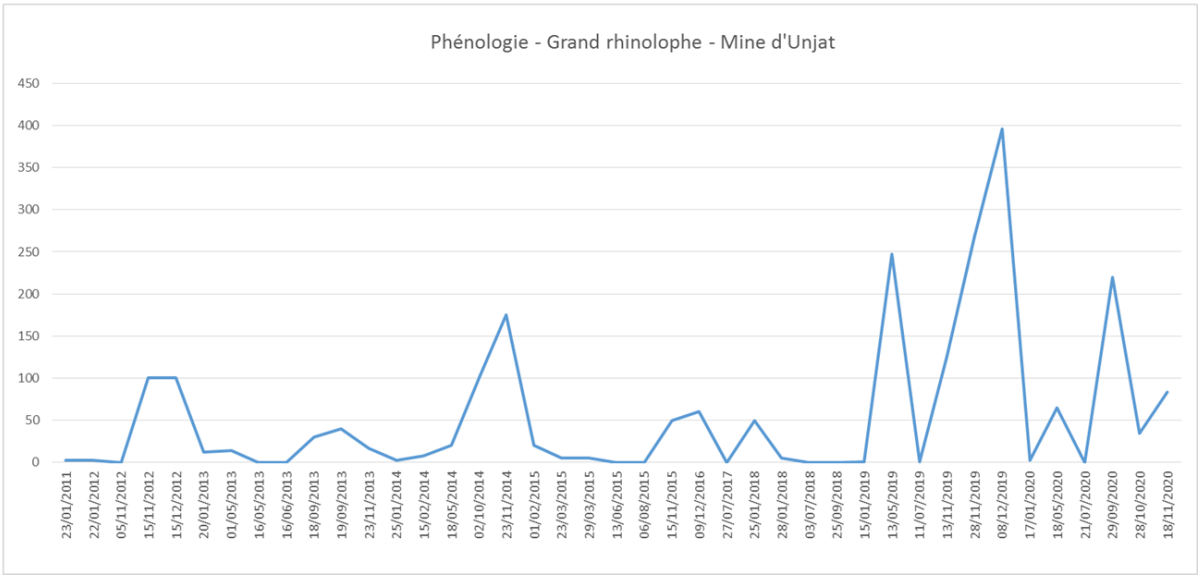
En effet, cette cavité est connue pour abriter l'un des plus gros essaims de transit automnal et d'hibernation connu pour le Rhinolophe euryale, avec dès 2012 des mentions à plus de 2 000 individus, et un record en novembre 2020 avec 3 400 Rhinolophes euryales. Concernant la phénologie de ces individus, il n'a été observé qu'une fois (2012) passant l'hiver entier dans la grande salle au fond de la galerie principale. Les autres années (2013, 2014, 2019), l'essaim a été observé en novembre/décembre, mais n'était plus présent lors des comptages hivernaux en janvier. Il serait important, notamment par la pose d'un enregistreur à la sortie de la mine, de savoir si l'essaim se recule dans un endroit non prospecté de la cavité ou s'il change de cavité.

On retrouve souvent dans cet essaim de Rhinolophes euryales plusieurs dizaines, voire centaines de Grands rhinolophes.



Durant l'été, dans l'entrée à l'étage inférieur, une colonie de mise-bas toujours de Rhinolophes euryales est installée avec environ 300 individus reproducteurs. La mise-bas du Grand rhinolophe est probable en de moindres effectifs. Il est possible que quelques Murins à oreilles échancrées se joignent à eux (Hacquin, 2020).



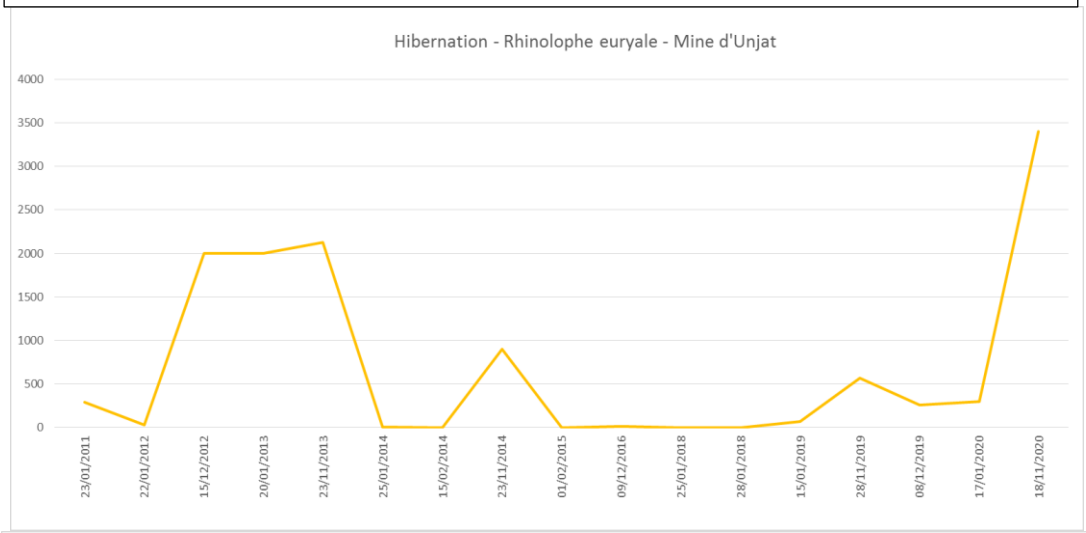


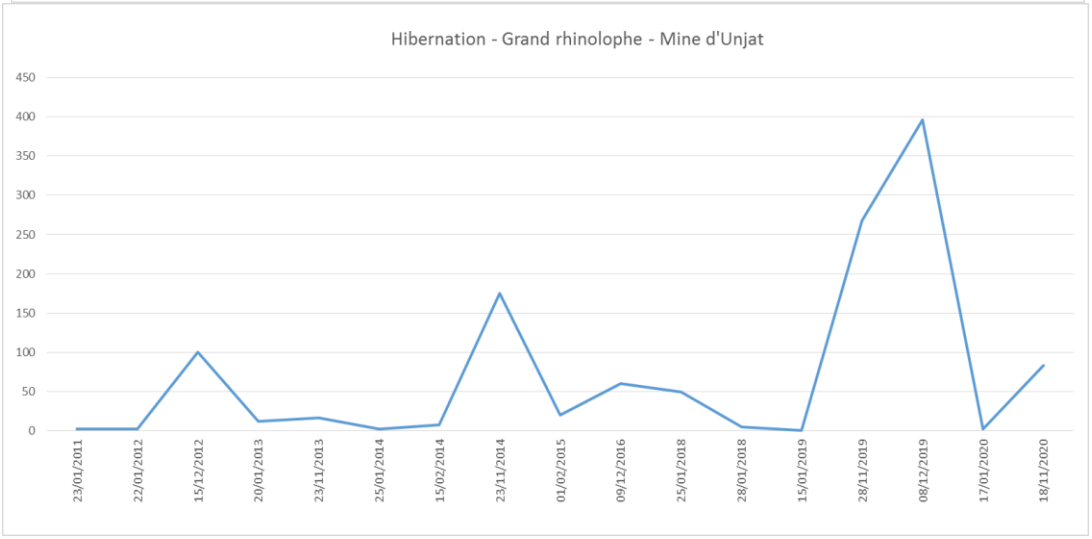
TENDANCES. Les tendances exploitables dans cette cavité concernant uniquement le Rhinolophe euryale et le Grand rhinolophe.

Malgré des fluctuations interannuelles importantes pour le transit automnal et l'hibernation (du fait que les essaims sont parfois absents ou introuvables) il semblerait que le Grand rhinolophe soit plutôt à l'augmentation des effectifs. Pour le Rhinolophe euryale difficile d'être catégorique mais il est clair que ce site requiert une importance majeure dans le secteur vu les effectifs qui peuvent s'y retrouver avec en 2011, 2012, 2014, 2019 et 2020 des effectifs considérables, mais sans tendances claires.

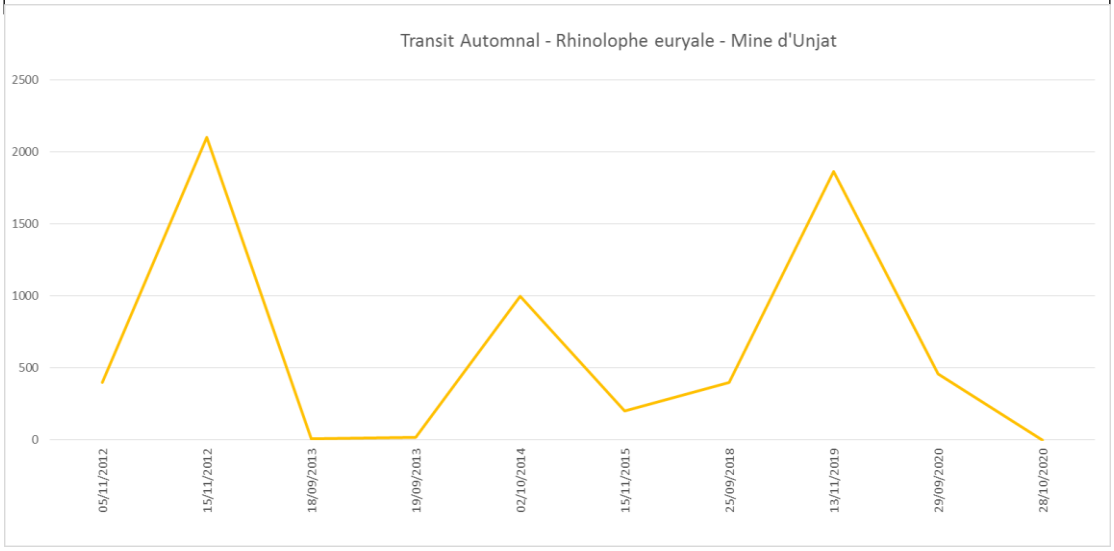
On peut noter aussi la corrélation des courbes entre ces deux espèces qui sont très clairement présentes au même moment. Pour la mise-bas, les données disponibles suggèrent une relative stabilité des effectifs reproducteurs de R. euryale.

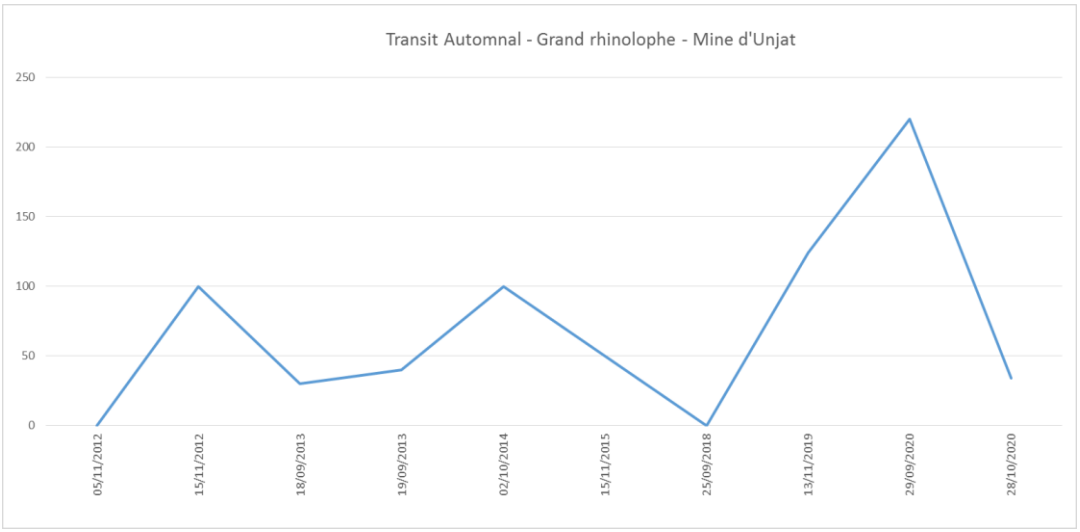
EFFECTIFS D'HIBERNATION ENTRE 2011 ET 2020 POUR LE RHINOLOPHE EURYALE (EN HAUT) ET LE GRAND RHINOLOPHE (EN BAS)



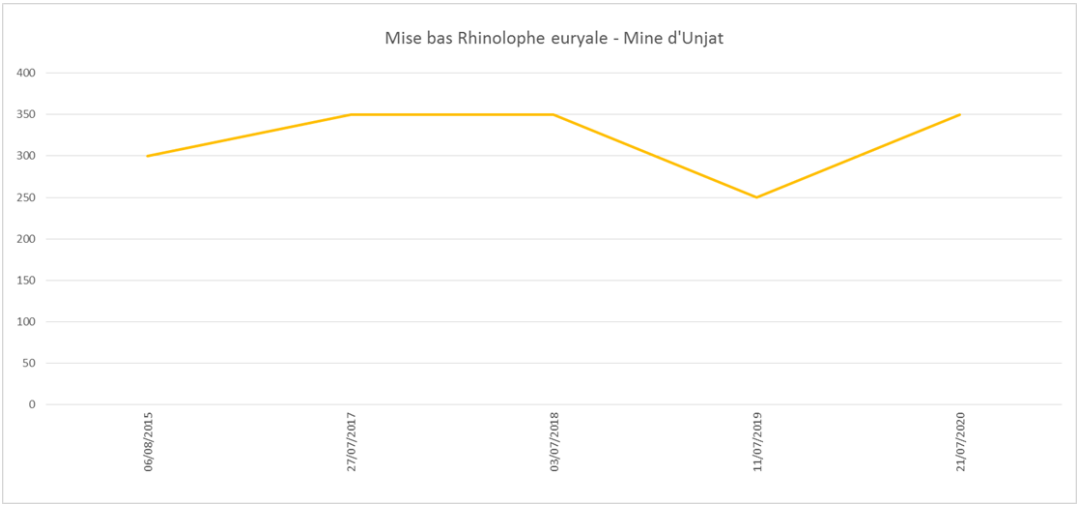


EFFECTIFS DE TRANSIT AUTOMANL ENTRE 2011 ET 2020 POUR LE RHINOLOPHE EURYALE (EN HAUT) ET LE GRAND RHINOLOPHE (EN BAS)



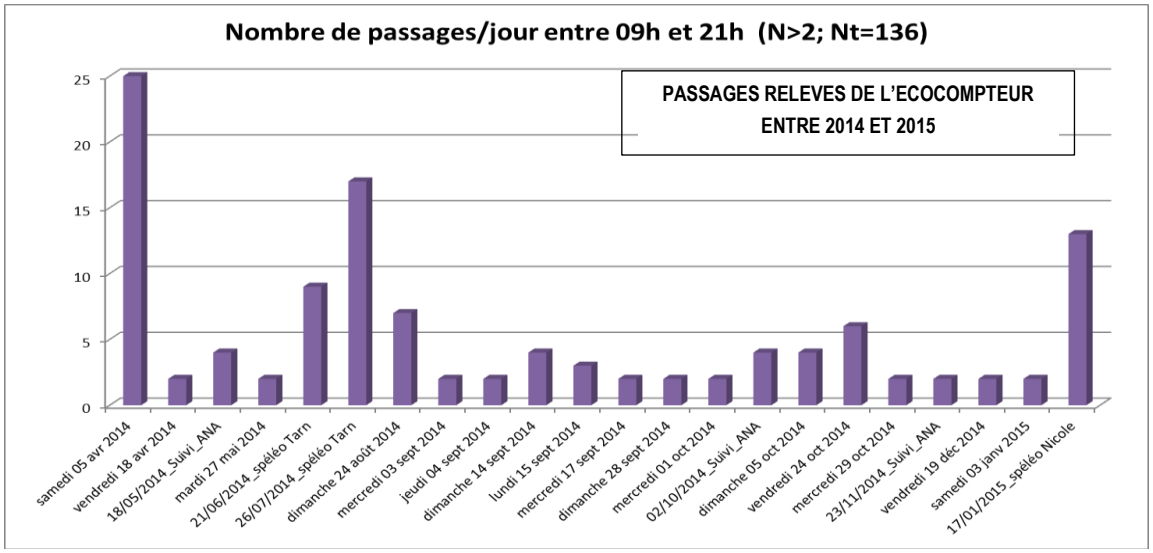


EFFECTIFS DE MISE-BAS ENTRE 2015 ET 2020 POUR LE RHINOLOPHE EURYALE



MENACES. La fréquentation de la mine d'Unjat a l'avantage de ne pas concerner l'enjeu chiroptère puisque les chauves-souris semblent rester dans le réseau supérieur bien que cette entrée ne soit pas utilisable toute l'année.

Une étude par écocompteur a été menée durant une année complète et peut se résumer au graphique ci-après. Il mentionne le nombre de passages (supérieur à 2) qui ont été enregistrés entre 9h et 21h. Sont aussi notés les passages réalisés pour les suivis des populations de chiroptères et les passages de certains spéléologues dont nous avons eu connaissance.



Les résultats des relevés écocompteurs montrent que la cavité est très fréquentée, souvent par petits groupes et de façon régulière. Le dérangement dans cette cavité peut être considérable à l'automne et en hiver, mais aussi, en période d'activité de l'essaim, celui-ci est positionné derrière la porte d'entrée et l'ouverture de la porte fait envoler tout le groupe.

À la suite de cette étude a été convenu, en partenariat avec le CDS09, le PNRPA et la marie, la mise en place d'un arrêté municipal d'interdiction de pénétration dans l'ensemble des cavités du Pouech d'Unjat pour des raisons de sécurité et de préservation des populations des chiroptères. Deux panneaux ont été également placés par la commune dont un devant l'entrée de la mine.

Cependant, il semblerait que les pénétrations continuent : en 2019, une personne a chuté à l'intérieur de la cavité, nécessitant l'intervention des spéléo-secours. Par suite de cet incident, la décision de fermeture a été actée par la mairie (encouragée par la Préfecture) et en 2020 les membres de l'ANA-CEN Ariège ont mené une étude comportementale afin de déterminer le système de fermeture le plus adéquat (fermeture physique permettant de limiter les pénétrations tout en préservant les populations de chauves-souris) (Hacquin, 2020).

Enfin, il est important de mentionner que la gestion actuelle alentour n'est pas favorable aux espèces présentes dans la cavité. En effet, des coupes rases successives au niveau du Pouech ont eu lieu ces dernières années autour de la cavité. Le Rhinolophe euryale étant connu pour être une espèce affectionnant particulièrement les linéaires de haies, pour chasser et se repérer, il faut espérer que ces coupes n'impacteront pas cette espèce. Elle a encore été observée en hibernation dans une grande salle plutôt loin de l'entrée en novembre 2022 (Cuypers, com. pers.). Cette récente coupe explique probablement la présence d'un Murin de Bechstein réfugié à l'entrée de la cavité.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les données les plus récentes dans cette cavité remontent aux années 1960, lors des prospections de Jacques Denis. Elles auraient été faites dans la partie basse de la cavité mais révèlent la présence d'au moins deux espèces (Denis, 1967). Plus récemment, les nouveaux relevés arachnologiques ont été initiés en 2011, lors de suivi chiroptères, donc souvent rapides et donc non exhaustifs.

RICHESSE SPECIFIQUE. Le cortège troglophile classique est représenté par *Meta menardi* et *Eratigena inmermis* en entrée de grotte. *Saaristoa abnormis* connu depuis 1960 a été retrouvé, recherchant les secteurs à forte hygrométrie, à l'inverse de *Chorizomma subterraneum* encore non revu, mais beaucoup moins hygrophile. Cette humidité est aussi très favorable à un opilion *Ischyropsalis luteipes* découvert très récemment sur un jeune individu (Cuypers, com. pers.).

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglophile cavernicole	Troglophile occasionnel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Agelenidae	*Eratigena inermis*	X		Pyrénées et Cantabriques	2012	Déjean
	Hahniidae	*Chorizomma subterraneum*	X		Sud-Ouest de la France	1960	Denis, 1967
	Linyphiidae	*Saaristoa abnormis*		X		2018	Déjean et Cuypers
	Tetragnathidae	*Meta menardi*	X			2011	Déjean
	Theridiidae	*Robertus truncorum*		X		2018	Oger et Cuypers
Opilions	Ischyropsalidaae	*Ischyropsalis luteipes*	X		Pyrénées et Massif central	2020	Déjean et Cuypers

L'espèce la plus originale est la *Theridiidae*, *Robertus truncorum*, découverte en 2018 dans la cavité. Cette espèce n'était connue dans la région Occitanie que des Hautes-Pyrénées et en montagne (Denis, 1953). Cette observation en Ariège est donc la première donnée pour le département et la seule mention en grotte pour l'heure dans la dition. Au niveau européen, l'espèce a une répartition plus orientale. Dans la bibliographie, elle est citée se réfugiant dans les grottes dans les Alpes, d'où sa capacité à coloniser le monde souterrain.



Robertus truncorum © P. Oger

COMMENTAIRE. Le site est très humide et présente de nombreux micro-habitats susceptibles d'abriter une plus forte diversité. Cependant, les observations sont toujours très rares et ponctuelles dans la partie haute du réseau, mais mérite assurément des prospections spécifiques.

- LES COLEOPTERES

Ce grand réseau n'a pas fait l'objet de recherches entomologiques fréquentes et approfondies. On y connait *Geotrechus* cf *vulcanus* et *Anthrocharis querilhaci* par des données anciennes (Déliot s.d. ; Charles Bourdeau *com. pers.*). Le *Speonomus piochardi* connu de la grotte de la Garosse toute proche mériterait d'y être recherché aussi.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Ce site est une ancienne mine de bauxite sur la crête du Pouech d'Unjat, exploitée par un réseau de galeries souterraines et à ciel ouvert. Les fronts de taille mesurent en moyenne une dizaine de mètres, la bauxite était exploitée sur environ 2 m de hauteur (bas des fronts de taille). Aujourd'hui, la bauxite n'est plus exploitée. Elle a été exploitée dès le début du XX^{ème} siècle pour l'aluminium, puis plus tard pour la fabrication de ciments alumineux (1970 – 1980), d'abrasifs (corindon) et d'aluminium.

Ce site a été très étudié par les clubs de spéléologie locaux : la première exploration a lieu en 1950 par une équipe constituée d'Amar Deilh, Paul Delpech, Jean Fonta, Jean Arnayd, Elie Déjean et Marcel Rouch. Ce dernier y découvre d'ailleurs les traces d'un ours. Plusieurs personnalités de la spéléologie (Romain Robert, Norbert Casteret, Félix Trombe, Jacques Baures, Marcel Loubens…), des locaux, et différents clubs participent à l'exploration du réseau. De l'engagement des différents clubs (groupe spéléologique de Foix, la Société de Recherches Spéléo Archéologiques du Sorèzois et du Revèlois, le Spéléo-Club de l'Arize) naît l'interclub, qui a pour vocation de dresser un inventaire spéléologique de la région de La Bastide de Sérou. D'ailleurs, dans les années 70, de nouveaux clubs s'associent à l'exploration de la mine : le Spéléo-Club Albigeois, l'Association Spéléologique des Pays d'Olmes et l'Association Spéléologique de la M.J.C. de Pamiers (Calvet, 1988)

Paléontologie *:*

En 1992, une autorisation temporaire de sauvegarde urgente est accordée à Francis Duranthon pour une campagne de moulage et de reconnaissance dans la grotte (Documentation Service régional de l'archéologie, La Bastide de Sérou). Lors de cette campagne, sept moulages d'empreintes d'*Ursus spelaeus* et de griffades d'ours furent réalisés. Des empreintes d'animaux digitigrades (*Crocuta spelnga* hyène ?) sont présentes dans cette même salle. Griffade d'un autre animal

possible. En juillet 1992, l'entrée de la salle s'est effondrée. L'opération est donc stoppée (Durathon et Orengo, 1992). Depuis, cette galerie a été de nouveau ouverte par les spéléologues.



Photographie du moulage de l'empreinte LBS3 - *Ursus spelaeus*

Des restes de rennes et de bovidé sont conservés au Muséum d'histoire naturelle de Toulouse avec la mention Unjat, La Bastide-de-Sérou. Nous devons encore préciser leur localisation (Fleury, 2024). Un crâne d'ours des cavernes a été sorti d'une des galeries (Maksud, 2024).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Le suivi des chiroptères est un enjeu fort sur le site. Des inventaires opportunistes des invertébrés sont réalisés. L'ANA CEN Ariège envisage bientôt une fermeture renforcée du site avec mise en place d'un comité de suivi du site et un écocompteur.

VOLET CONNAISSANCE.

Des vestiges paléontologiques sont toujours en place.

VOLET VALORISATION.

Des intérêts majeurs dans la valorisation de ce géopatrimoine :

- Minéralogique : présence de nombreux minéraux alumineux, ferrifère et argileux ;
- Pétrographie : la bauxite est le résultat de l'altération de roches silico-alumineuses lors d'une émersion sous un climat chaud et humide de type intertropical à tropical. Les calcaires à faciès urgonien sont les témoins d'un environnement de dépôt de bordures récifales ;
- Stratigraphique : la couche argilo-bauxitique barrémo-bédoulienne est intercalée entre des calcaires dolomitiques du Kimméridgien inférieur et des calcaires à faciès urgonien du Gargasien supérieur ;
- Paléontologique : présence de calcaires fossilifères à faciès urgonien du Gargasien, riches en rudistes, microfaune, coelentérés et spongiaires siliceux et d'un horizon argilo-calcaire à débris de plantes et gastéropodes (Bédoulien supposé).
- Tectonique : bauxite exploitée dans la charnière et les flancs du synclinal crétacé supérieur du Pouech d'Unjat.

Ce site est régulièrement utilisé pour la formation et sensibilisation pour les chiroptères mais la sensibilité du site vis-à-vis de l'enjeu chiroptère limite néanmoins les possibilités de valorisation.

LA GROTTE DE LAS MORTS

ID = 5

				
Patrimoine naturel - intérêt		++	+	+
Menace et/ou Vulnérabilité Responsabilité	**Oui**	**X** Nationale		
Valorisation et pédagogie scientifique	**Non prioritaire**			
Science et recherche	**Intérêt fort**			



Las Morts ©*V. Leenknegt-PNRPA*

Type de zone : 1
ZNIEFF 730006765
Montagnes de Bélesta, de la Frau, de l'Ordat et de Prades

Type de zone : 2
ZNIEFF 730011915
Montagnes d'Olmes

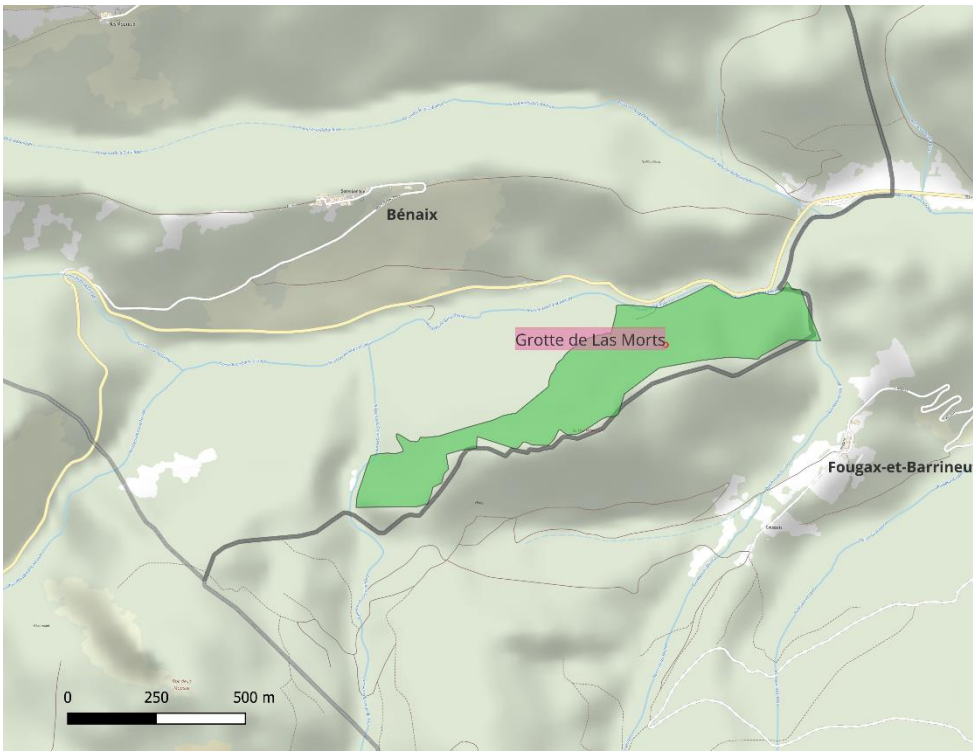
Site de la directive "Oiseaux"
FR7312008 – Gorges de la Frau et Bélesta

Décret
du 19 décembre 2001 portant classement parmi les sites du département de l'Ariège de l'ensemble formé par le site de Montségur, sur le territoire des communes de Bénaix, Montferrier et Montségur

LOCALISATION

Communes	BENAIX ; FOUGAX ET BARRINEUF	**Ensemble géographique**	Sault-Quérigut
Parcelles concernées	1 parcelle	**Superficie planimétrée**	20.8 ha

Localisation du site (IGN 1 : 10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux et usages en surface
La grotte se situe au pied des falaises de la Bartefeuille (entre Montségur et Barrineuf) en bordure du ruisseau de Saint-Nicolas. L'exposition sud-est favorise une végétation plutôt méditerranéenne.

Gestion existante
La grotte se situe dans une zone Natura 2000. Le site « Gorges de La Frau et de Bélesta » est doté d'un DOCOB animé par l'ONF (Office national des forêts, 2010)

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Sault Quérigut

Altitude entrée **Développement** 227 m **Profondeur** -3/-8 m

Description cavité
Il s'agit d'une grotte fossile traversante, elle donne accès à deux vallées. Son entrée ouest mesure 7 m de large et 5 m de haut et celle située à l'est mesure 5 m de large et 6 m de haut. Elles possèdent des galeries latérales (ANA, s.d.).

Géologie /substrat
Elle est creusée dans un substrat calcaire gargasien (Aptien moyen) à faciès urgonien (Bilotte, *et al.*, 1988).

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	7	Moyen	
Araignées	11	Bon	
Lépidoptères	8	Bon	
Coléoptères	2	Bon	

ENJEUX NATURALISTES

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION.

❖ **Les suivis de cavités**

Les suivis dans la grotte de Las Morts sont réalisés de façon opportune et bénévole depuis 2001. Ainsi, entre 2001 et 2020, 22 passages ont été recensés dans la cavité pour le comptage des chiroptères.

- Suivi de l'hibernation : chaque année, entre mi-janvier et mi-février ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie, bien souvent en partenariat avec l'OFB.
- Suivi du transit : peu de passages concernent les périodes de transit, en effet c'est seulement en 2001 et 2004 où nous recensons un passage durant le transit printanier puis en 2019 un passage durant le mois de septembre en transit automnal.
- Suivi de la reproduction : en l'état actuel des connaissances, il ne semble pas y avoir de colonie de reproduction dans cette cavité.

❖ **Les opérations de captures au filet**

Une capture concerne la grotte de Las Morts, réalisée le 12/08/2018, où 15 Minioptères de Schreibers et 3 Barbastelles d'Europe ont été capturées. Malheureusement, la pluie en début de soirée aura raison de la session de capture.

Parmi les Minioptères, 10 mâles et 5 femelles ont été capturées, dont aucune femelle reproductrice.

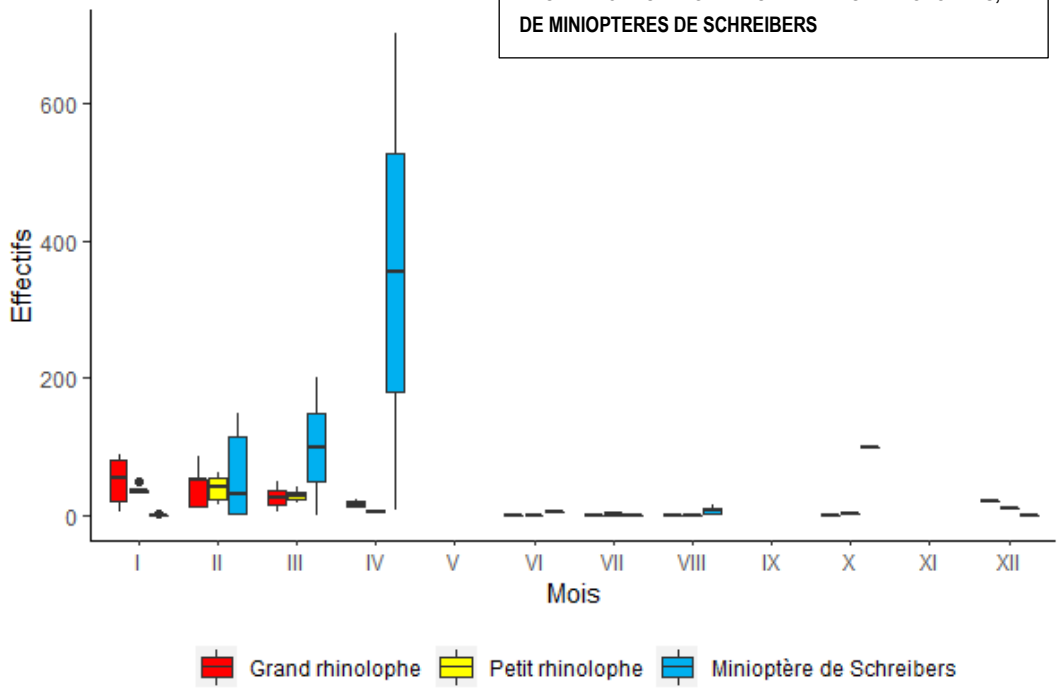
RICHESSE SPECIFIQUE. Ci dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2001 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Barbastelle d'Europe	***Barbastella barbastellus***	**3 (capture)**	**X**	**X**
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**1-3**	**11-35-63**	**3-5-9**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**1-2**	**5-43-88**	**1-12-25**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**7-15**	**0-36-200**	**8-269-700**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**X**	**1**	**X**
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	**X**	**2**	**X**
Oreillard roux	*Plecotus auritus*	**X**	**1**	**X**
Nombre d'espèces	7	4	6	3

PHENOLOGIE.

La grotte de Las Morts est une cavité connue depuis 20 ans pour être un site d'hibernation, avec des effectifs relativement importants pour les Petits rhinolophes (peu de cavités accueillent autant d'individus de cette espèce que la grotte de Las Morts), les Grands rhinolophes (environ 70/80 les dernières années) et les Minioptères de Schreibers (effectifs fluctuants).

GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE GRANDS ET PETITS RHINOLOPHES, ET DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS

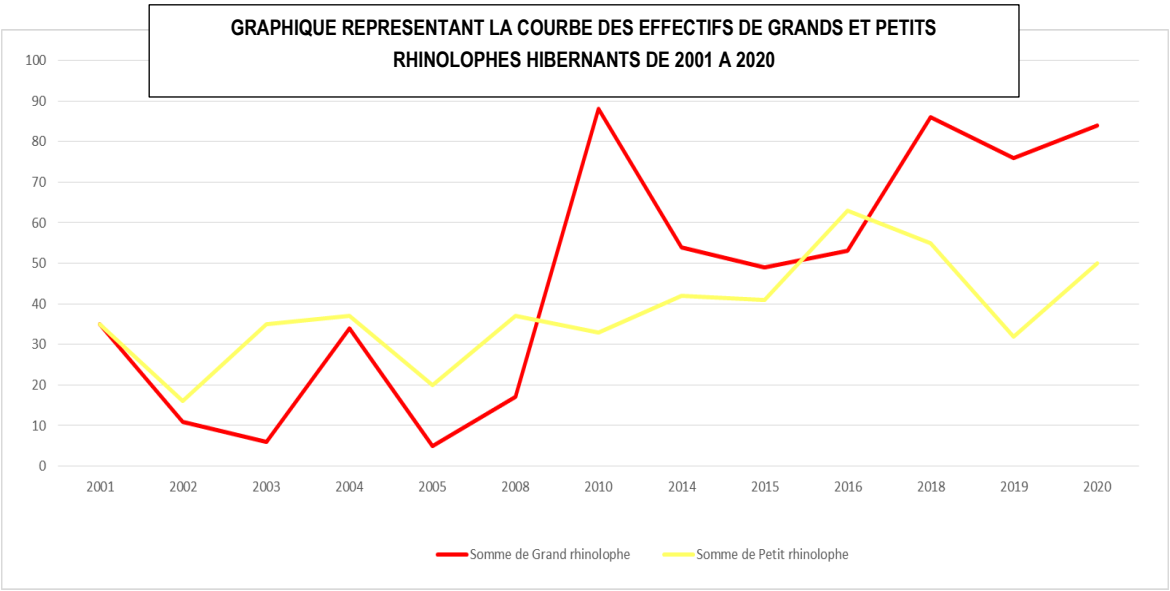


Néanmoins, il est évident que ce site est largement occupé en période de transit tant printanier qu'automnal notamment par le Minioptère avec des effectifs relativement importants (N=700 en avril 2001 ; N=100 en septembre 2019). Il sera important, vu le peu d'information sur ces périodes de transit, vu l'ancienneté de certaines données, de préciser l'enjeu en période de transit dans cette grotte.

TENDANCES. Avec un recul de suivi de presque 20 ans, certaines tendances semblent pourvoir être mentionnées concernant les Rhinolophidés. Elles concernent le Petit et le Grand rhinolophe en période d'hibernation :

- Le Grand rhinolophe montre une progression positive nette et importante ;
- Le Petit rhinolophe semble aussi suivre la même progression positive mais avec toutefois une pente plus lente.

GRAPHIQUE REPRESENTANT LA COURBE DES EFFECTIFS DE GRANDS ET PETITS RHINOLOPHES HIBERNANTS DE 2001 A 2020



MENACES. Ce site fait l'objet de plusieurs menaces :

- l'entrée principale s'ouvrant dans une falaise sous forme de vaste porche, il a fait l'objet d'équipements d'escalade. Récemment un gros lierre qui obstruait les voies a été coupé, signe que l'activité est toujours d'actualité ;
- une place à feu est présente également dans le porche d'entrée, ceci pouvant être catastrophique pour les chiroptères, notamment du fait que cette grotte s'ouvre des deux côtés, et permet donc un appel d'air pouvant aspirer les fumées à l'intérieur ;
- la fréquentation humaine y est inconnue, mais vu les informations précédentes et les traces de fréquentation à l'intérieur de la cavité, il s'agit certainement d'un site bien fréquenté.

LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Cette grotte n'était *a priori* pas connue des premiers biospéléologues qui visitaient les cavités à la recherche de faune souterraine et des coléoptères en particulier. Ce type de faune était de plus assez peu diversifié dans cette partie de l'Ariège. Les premières visites dans cette cavité remontent à 2001, mais n'étaient destinées qu'au suivi des chiroptères. Il faudra attendre 2006, pour voir apparaître les premières données d'araignées, parmi les plus faciles à voir et à déterminer. Il faudra attendre 2015 et l'accès à la connaissance pour que les prospections soient plus spécifiques pour atteindre aujourd'hui un inventaire assez précis de la faune locale.

RICHESSE SPECIFIQUE. Avec 11 espèces et 7 familles, ce peuplement paraît assez bien connu et diversifié mais d'autres espèces pourraient encore être découvertes. Comme pour la plupart des cavités, on retrouve le cortège troglophile classique à large répartition, avec cependant des espèces qui restent endémiques des Pyrénées, comme *Eratigena inermis* et *Leptoneta infuscata*, cantonnées essentiellement à l'Ariège. Les espèces à plus large répartition européenne sont *Nesticus cellulanus*, et les *Meta* spp.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Agelenidae	*Eratigena inermis*		X	Pyrénées et Cantabriques	2020	Déjean
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X	Pyrénées	2020	Déjean
	Linyphiidae	*Birgerius microps*	X		Pyrénées	2018	Déjean
		Troglohyphantes orpheus		X	Pyrénées orientales	2018	Déjean
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X		2015	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta menardi*		X		2020	Déjean
		Metellina merianae		X		2018	Déjean
	Theridiidae	*Robertus mazaurici*	X		Sud de la France	2020	Déjean
Opilions	Nemastomatidae	*Nemastomella bacillifera*		X		2020	Déjean
	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*		X	Pyrénées	2015	Danflous et Déjean
		Scotolemon lucasi	X		Pyrénées	2015	Danflous et Déjean

Cette grotte a été retenue pour sa diversité d'espèces et aussi pour son originalité géographique qui permet de voir apparaître une espèce localisée à l'est de l'Ariège jusqu'au début du département des Pyrénées-Orientales : *Troglohyphantes orpheus*. Cette espèce n'est connue que des grottes, même si elle semble simplement troglophile, elle apporte une particularité spécifique au sein des grottes du projet de réserve. On notera 2 autres taxons intéressants, tels que *Birgerius microps*, espèce minuscule et toujours rare, recherchant les zones très hygrophiles et *Robertus mazaurici*, plutôt méditerranéenne de grande taille et elle aussi très peu fréquente.


Troglohyphantes orpheus © S. Déjean

COMMENTAIRE. Les deux espèces de *Scotolemon* ont été notées, mais des investigations sont nécessaires pour clarifier leur statut.

- LES LEPIDOPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les papillons de nuit ont fait l'objet d'un inventaire exhaustif par des spécialistes en 2008 et d'autres observations ont été faites à chaque sortie.

RICHESSE SPECIFIQUE. La liste est assez remarquable et diversifiée avec un minimum de 8 taxons dont, fait peu commun, la présence des 3 espèces du genre *Triphosa* dans la même cavité. La liste est donnée ici : *Alucita* sp. ; *Apopestes spectrum* (Esper, 1787) ; *Hypena rostralis* (Linnaeus, 1758) ; *Pyrois effusa* (Boisduval, 1828) ; *Scoliopteryx libatrix* (Linnaeus, 1758) ; *Triphosa dubitata* (Linnaeus, 1758) *; Triphosa sabaudiata* (Duponchel, 1830) ; *Triphosa tauteli* (Leraut, 2009).

- LES COLEOPTERES

Les seules données récentes disponibles de cette cavité ont été réalisées à la faveur de suivis Chiroptères. Des recherches entomologiques approfondies méritent d'y être conduites, en particulier pour vérifier la présence de *Geotrechus* spp et autres faunes endogées.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Leiodidae	*Speonomus proserpinae*	X		Massif	19/09/2016	Sylvain DEJEAN
	Speonomus curvipes	X		Massif	18/01/2020	Sylvain DEJEAN

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

L'abbé Durand fouille la grotte de Las Morts entre 1936 et 1942 (Faucher, 1943). Il établit la topographie de la grotte avec ses deux entrées et son tunnel de 160 m et identifie quatre niveaux d'occupation différents. Chaque extrémité comportait un gisement préhistorique stratifié. En 1948, Louis Méroc fait une première présentation des fouilles et de la stratigraphie dans *Gallia* (Méroc, 1948). En 1951, l'abbé Durand découvre une sépulture d'enfant avec des débris de céramiques. En 1988, Laffont et Herne y font des prospections. Ils y découvrent un récipient en céramique du Bronze final (Documentation Service régional de l'archéologie, Bénaix). En juillet 1997, Vidal et Servelle y réalisent une prospection. Ils n'y signalent rien de particulier. Quelques structures construites signalées par l'abbé Durand : reste d'un mur en pierre sèche en partie en place et délimitant l'espace devant l'entrée (fortification). En contrebas des deux entrées, fragment de céramique découvert. H. Brustel témoigne d'un aménagement anthropique : dans un passage bas et étroit, plusieurs gros cailloux sont disposés à proximité de l'ouverture. Le chercheur suggère une possible obstruction du passage. Observations à mettre en parallèle avec les constations de Vidal et Servelle.

Ci après ; extrait du site de la commune de Benaix[36] :

« Des fouilles archéologiques y sont effectuées par l'Abbé Durand de 1936 à 1942. La grotte était occupée en ses deux entrées opposées et présentait un habitat couvrant 200 m² de superficie sur chaque station. Huit foyers distincts correspondant à six périodes, du Néolithique à l'Age du bronze ont pu être identifiés. Dans son ouvrage « La Préhistoire de l'Ariège du Néolithique I à la période de la Tène », l'Abbé préhistorien propose un inventaire de l'outillage découvert dans la grotte. Il s'agit d'une présentation des industries de Las Morts situées en stratigraphie : industries de la pierre et de l'os, objets en bronze, en métal, poterie. »

Paléontologie *:*

La faune récente de la grotte :

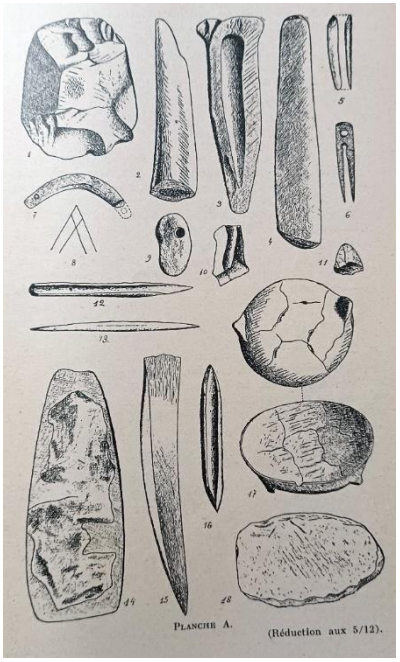
Entrée Nord-Ouest :

- Niveau B : mouton ou chèvre, cerf, bœuf, porc et chevreuil
- Niveau C : bœuf, mouton, chèvre, porc, cerf, sanglier, chat sauvage et genette

Entrée Nord-Est :

[36] http://www.benaix.fr/histoire-et-patrimoine-de-la-commune

- Niveau a : bœuf, mouton, chèvre, porc, cerf elaphe, chevreuil, bouquetin, ours brun, renard, blaireau et chien
- Niveau b : bœuf, mouton, porc, cerf, sanglier et chat sauvage
- Niveau c : Niveau C : bœuf, mouton, chèvre, porc, cerf, sanglier, chat sauvage et genette



Archéologie *:*

Présentation de la stratigraphie et du mobilier découvert d'après la publication de l'abbé Durand en 1950-1951 :

La stratigraphie est une référence pyrénéenne pour la transition du Néolithique à l'âge des métaux.

Plusieurs séquences (Durand, 1950-1951)

- Mélange de galloromain, La Tène, Hallstatt : objets en fer voire plus récents ; vases tournés, pâte grise, cuits au four, de la fin de la Tène, une lampe romaine en bronze et dem-mandibule humaine
- Bronze I : mobilier en cuivre et en bronze, plaquettes de grès, hache subsonique, polissoirs, aiguille à tatouage en os, couteaux, céramiques, décor en larmes, poteries perforées
- Chalcolithique II : serpe ou faucille en défense de sanglier, céramiques, polypode (ou coupe à mamelons), couteau pendeloque, spatule en os
- Chalcolithique I : herminette bipenne, céramiques, pic en bois de cerf, pendeloque en pierre perforé, sagaie plate en os.
- Néolithique II : ciseau à tranchant, lamelle de silex à section trapézoidale, double point en os, ciseau herminette, céramiques…
- Néolithique I : tranchet, peigne en bois de cerf, flèche en os, pendeloque en forme de croissant, défense de sanglier, céramiques…

L'abbé estime que dans plusieurs grottes ariègeoises on retrouve ces séquences de la fin du Néolithique : Niaux (grande et petite), Bédeilhac, La Vache, Lherm, Le Mas d'Azil…

Mobilier persistant découvert à Las Morts : meules, broyeurs, polissoirs, percuteurs, haches, poinçons, ciseaux à tranchants en ogive, sagaies à point conique…

Complément à cette publication en 1958 après la découverte de la sépulture : il ne présente pas les éléments anthropologiques. Dans les dernières pages, il détaille le mobilier des foyers D dont : épingles en os dites romaines, monnaie de bronze ibérique « ibergète » de la Tène III, couteaux de fer, bracelet de fer, flèche en fer, crochet et grande cheville en fer, bande de fer, serfouette en fer et une lampe en bronze de type romain puis pour le mobilier céramique : vases ornés de la Tène, vase de type romain (Durand, 1958).

Les collections seraient conservées par le Département de l'Ariège. La présence d'un habitat d'*Ursus arctos* est confirmée par l'inventaire de la Société méridionale de spéléologie et de préhistoire.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Directement lié à l'enjeu chiroptère, notamment les feux en entrée de grotte et la pratique de l'escalade qui en font un site fréquenté par les humains.

VOLET CONNAISSANCE.

A notre connaissance, peu de données sur le fonctionnement de ce milieu souterrain (l'hydrologie, l'aérologie, la géologie, etc.) sont disponibles. Une étude de terrain à venir pourrait pallier ces lacunes sur la géodiversité du site et d'enrichir la compréhension sur l'environnement des chiroptères ainsi que des occupations humaines passées.

VOLET VALORISATION.

Ce volet n'est pas prioritaire pour ce site.

LA GROTTE DU TRAPECH D'EN HAUT

ID = 6

			
Patrimoine naturel - intérêt		++	++
Menace / Vulnérabilité	**non**		
Valorisation et pédagogie scientifique	**Non prioritaire**		
Science et recherche	**Intérêt fort**		



Vallon du Trapech (Bertrand, et *al*., 2002)

Site Natura 2000

Directive "Oiseaux"

FR7312003 – Massif du Mont Valier

Site Natura 2000

Directive "Habitats, faune, flore"

FR7300822 - Vallée du Riberot et massif du Mont Valier

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012050
Massif du Mont Valier

Type de zone : 2

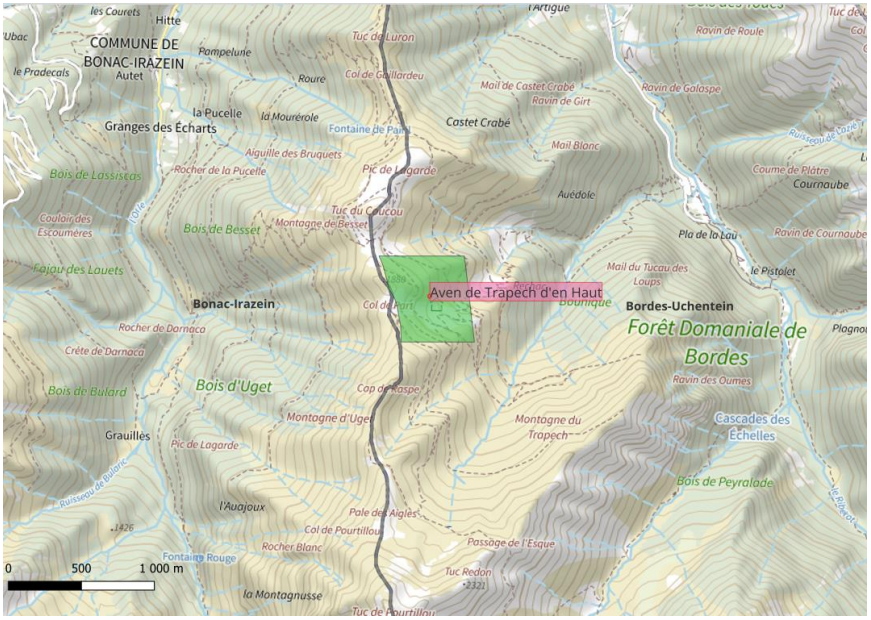
ZNIEFF 730012085

Massifs du mont Valier, du Bouirex et montagnes de Sourroque

LOCALISATION

Commune	BORDES UCHENTEIN	**Ensemble géographique**	Haute chaine primaire
Parcelles concernées	1 parcelle en forêt domaniale	**Superficie planimétrée**	31 ha

Localisation du site (carte IGN 1 : 20 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

Cette cavité est située à 1 750 m d'altitude, sous le Tuc du Coucou et le Pas de Part, à 12km au sud du bourg de Bordes/Lez. Elle se situe au pied d'escarpements rocheux, à une centaine de mètres au nord-ouest de la cabane du Trapech-d'en-Haut (Bertrand, et *al.*, 2002).

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Les terrains surincombants sont composés de pelouses subalpines, en limite de forêt. Le groupement pastoral du Trapech utilise cette estive de 2 661 ha de surface : ce sont 11 éleveurs qui composent ce groupement pastoral et 2 pâtres travaillent sur l'estive. « Des opérations de débroussaillement manuelles et des écobuages ont également été conduits sur l'ensemble des estives et ponctuellement, d'importants travaux d'adduction d'eau et d'amélioration d'accès. » (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2021).

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Haut Salat

Altitude entrée 1 750 m **Développement** 90 m **Profondeur** -45m

Description cavité

Une entrée étroite livre accès à une forte pente d'une quinzaine de mètres menant à une salle encombrée de blocs. Un ressaut de 4 m permet de rejoindre une autre petite salle qui se poursuit par une diaclase d'une quinzaine de mètres de long. Un puits de 20 m lui succède et marque la fin de la cavité, à -43 m de profondeur (développement : 90 m). Comme tout gouffre d'altitude, l'aven du Trapech-d'en-Haut est une cavité froide avec peu d'apports organiques (Bertrand, et *al.*, 2002).

Géologie

L'aven du Trapech-d'en-Haut correspond à un effondrement creusé dans des calcaires du Dévonien moyen (Bertrand, et *al.*, 2002). Des affleurements montrent la présence de biotite dans le vallon du Trapech (Boissonnas ; 1972). Il s'agit d'un gouffre d'altitude avec peu d'apports organiques

(Bertrand, et *al.*, 2002). Il présente des parois couvertes de calcite. Au début des années 2000, des recherches spéléologiques ont eu lieu dans le fond où il est ressenti un courant d'air, signe de prolongations potentielles (Bertrand, et *al.*, 2002).

Biocorrosion H. Brustel a mentionné la présence de nids de choucas à l'entrée du gouffre et donc la présence d'une biocorrosion sur les parois (suintement). Celle-ci fait d'ailleurs remonter les espèces cavernicoles vers l'entrée.

Usages Cet aven est peu fréquenté par les spéléologues. De même, peu de visiteurs y accèdent : l'endroit est quasi impraticable et ne présente que peu d'intérêt pour la spéléologie.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance
Arachnides	2	Faible
Coléoptères	4	Bon

ENJEUX NATURALISTES

Comme tout gouffre d'altitude, l'aven du Trapech-d'en-Haut est une cavité froide avec peu d'apports organiques. La faune qui s'y développe est pauvre mais composée d'espèces troglobies souvent très évoluées. L'exemple type en est *Aphaenops carrerei*, connu dans trois cavités du massif du Mont Valier (Grotte de la Messa, Grotte de Bordes de Crues et l'Aven du Trapech-d'en-Haut). Il se retrouve en grand nombre sur les parois stalagmitées. En revanche, *Aphaenops mariae-rosae*, connu seulement au Trapech, est rarement observé, tant les effectifs de la population sont faibles (Bertrand, et *al.*, 2002).

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les recherches bibliographiques sur cette grotte pour les arachnides n'ont rien mis en avant. Sûrement connue par le passé pour d'autres groupes, les araignées n'y avaient jamais été étudiées. Ce n'est que très récemment que Hervé Brustel (2014) a rapporté du matériel de cette cavité. Seule deux sessions de prospections ont permis de capturer des araignées. La difficulté d'accès est en partie la raison de faibles récoltes entomologiques.


Troglohyphantes sp. nov. © P. Oger

RICHESSE SPECIFIQUE. Le cortège est surement encore partiel, mais les conditions stationnelles sont cependant assez particulières, la cavité étant située à 1 700 m d'altitude. Les espèces communes troglophiles d'entrées de grottes n'ont pas été relevées, mais sont sûrement présentes. On notera donc uniquement deux taxons pour l'heure dans cette cavité très intéressante, qui mérite assurément des prospections complémentaires pour ce groupe.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Linyphiidae	*Porrhomma egeria* Simon, 1884		X		2017	Déjean et Brustel
		Troglohyphantes sp. nov.	X		Ouest de l'Ariège	2017	Déjean et Brustel

Porrhomma egeria, est une espèce troglophile à large répartition, qui n'est pas commune pour autant. Elle montre des adaptations à la vie souterraine avec la réduction des 8 yeux. La deuxième espèce appartient au genre *Troglohyphantes* à large répartition dans les massifs karstiques et sur toute la chaine des Pyrénées. Cependant, le taxon ne correspond à aucune espèce décrite à ce jour, malgré le travail passé des nombreux arachnologues qui ont étudié la faune cavernicole. Cette espèce est donc nouvelle pour la science et à décrire.

COMMENTAIRES. Si la grotte du Trapeich est la localité-type, ce taxon a d'ores et déjà été retrouvé dans 3 autres cavités dans un secteur proche. Des études spécifiques pourront améliorer la connaissance de ce genre en Ariège et de ce taxon et sa répartition localement.

- LES COLEOPTERES

Cette grotte, assez difficile à trouver, a été régulièrement visitée par les différents entomologistes biospéléologues depuis les années 50'. Les 4 espèces Troglobies qui y habitent, dont trois sont endémiques de cette seule localité connue, y sont visibles quasiment à chaque visite. La faune semblant cependant plus abondante à l'automne qu'en été (Obs. pers.). Il est intéressant de noter que les nids de Choucard mentionnés par Coiffait (1959) sont toujours utilisés et que les décennies d'apports de reliefs de repas, d'oisillons ou d'œufs morts et de guano alimentent clairement la richesse en invertébrés de cette cavité.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Carabidae	*Aphaenops hortensis*	X		Grotte	11/06/2018	Cédric Alonso
	Aphaenops mariaerosae	X		Grotte	20/08/2017	Hervé Brustel
	Carabus puncatatoauratus			Pyrénées	20/08/2017	Hervé Brustel
	Laemophloeus oblongus		X	/	20/08/2017	Hervé Brustel
Staphylinidae	*Atheta subcavicola*		X	/	20/08/2017	Hervé Brustel
Leiodidae	*Paratroglophyes carrerei*	X		Grotte	11/06/2018	Cédric Alonso
	Troglophyes aubryi aubryi	X		Massif	20/08/2017	Hervé Brustel

Si *Aphaenops hortensis* et *Paratroglophyes carrerei* abondent, les autres taxons sont rares. Sans pouvoir accéder plus en profondeur dans ce réseau karstique et dans l'actif, il est difficile d'imaginer de nouvelles découvertes alors que ce point chaud de diversité cavernicole (les contreforts du Mont Vallier) recèle assurément des espèces encore à découvrir. Le *Carabus punctatoauratus* qui habituellement est épigé, a été assurément une bête piégée ponctuellement dans le réseau.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Ce volet n'est pas prioritaire pour ce site peu accessible.

VOLET CONNAISSANCE.

Le Trapech-d'en-Haut est caractéristique des gouffres d'altitude et abrite une faune cavernicole peu diversifiée mais très spécialisée qui mérite d'être davantage étudiée. A notre connaissance, il n'existe que très peu d'études sur la géodiversité et géopatrimoine de ce site, hormis celles présentes dans la fiche. Des études géologiques, géomorphologiques et paléoenvironnementales pourraient être menées dans le cadre de la réserve mais l'accès reste difficile et ce site constitue davantage un intérêt pour la faune cavernicole que pour la géodiversité (comm. H. Brustel et T. Cuypers).

VOLET VALORISATION.

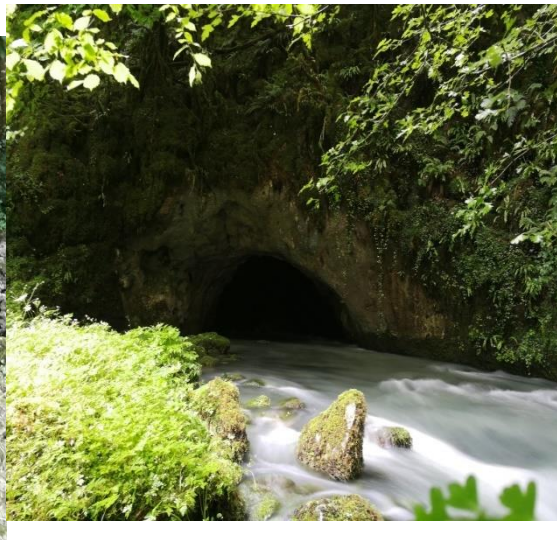
Ce volet n'est pas prioritaire pour ce site peu accessible.

LA GROTTE D'ALIOU

ID = 7

PATRIMOINE NATUREL - INTERET		+++	++	+	++
MENACE ET/OU VULNERABILITE Responsabilité	Oui ------	x Nationale			MPY0978 MPY1503 MPY1608
VALORISATION ET PEDAGOGIE SCIENTIFIQUE	Intérêt fort				
SCIENCE ET RECHERCHE	Intérêt fort				





Les deux entrées de la grotte d'Aliou (© T. Cuypers)

Site de la directive "Habitats, faune, flore"
FR7300835 - Grotte d'Aliou

Type de zone : 1
ZNIEFF 730012100
Soulane de Balaguères au Char de Liqué

Type de zone : 2
ZNIEFF 730006544
Massif de l'Arbas

APPB
FR3800355 Réseau Souterrain De La Grotte D'Aliou

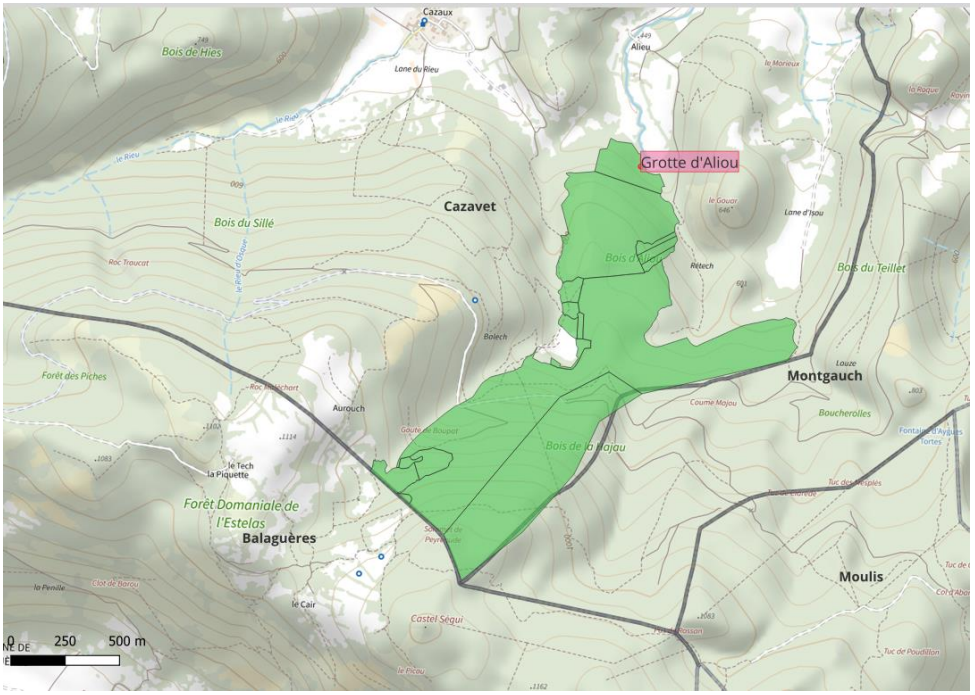
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	CAZAVET	**Ensemble géographique**	Estelas, Ballaguer et Sérau
Parcelles concernées	16 parcelles dont 7 parcelles de forêt domaniale	**Superficie planimétrée**	117.2 ha

Localisation du site

(IGN 1 : 15 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux et usages en surface

Les données ci-dessous sont extraites du DOCOB Natura 2000 des grottes des Pyrénées Ariégeoises (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012)

Les 2/3 de l'habitat en surface sont constitués par de la forêt de feuillus, à dynamique stable et à maturité moyenne ; il s'agit de forêts thermophiles alpiennes et périalpiennes mixtes de tilleuls. En bordure de rivière, la Gouarège, on observe une ripisylve (forêt de frênes et d'aulnes des ruisselets et des sources) en mosaïque avec de la frênaie-chênaie et de la chênaie-charmaie. Une prairie de fauche occupe le reste du site (un quart en termes de surface).

Si l'état de conservation de la forêt thermophile peut être qualifié de bon, celui de la ripisylve est moyen. On note des signes d'un léger sous-pâturage sur les parties supérieures de la prairie, tel le développement de ronciers. Le troupeau qui vient s'abreuver dans le ruisseau provoque un piétinement partiel de la ripisylve, sans que l'impact sur son état global de conservation soit significatif. Le piétinement par le bétail du fond du lit du ruisseau, notamment au niveau de la résurgence, paraît plus problématique et doit être surveillé. En termes de gestion, la forêt appartient au Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, et est gérée par le CNRS. Cette forêt n'est pas exploitée. Quelques centaines de mètres plus au sud commence la forêt domaniale de l'Estélas. L'unité de gestion qui couvre le « bois d'Aliou » est classée en « groupe hors sylviculture » dans le document d'aménagement forestier qui couvre la période 2010-2024.

D'accès facile et bien connue des habitants, la grotte fait l'objet de balades dominicales. La présence de la rivière limite rapidement la pénétration.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Estelas- Balaguères

Altitude entrée 441 m **Développement** 1 500 m **Profondeur** 80 m

Description cavité

Le système karstique d'Aliou est un réseau résurgent, pénétrable sur 500 m. L'entrée de la cavité est constituée d'un porche principal mesurant 3 mètres de hauteur et 4 à 5 m de diamètre et de deux petites entrées annexes situées à quelques mètres, plus à l'est (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012 ; MNHN & OFB, 2003-2023). La plus haute est le résultat d'un effondrement ancien produisant une retenue d'eau (lac) où il y a peu de courant (SMSP, 1960).

Hydrogéologie / substrat

Située dans la partie nord-est du massif de l'Estélas-Balaguères, l'ouest de ce secteur s'appuie sur la faille d'Alas (au sud) qui marque une limite avec le système du Baget. Des failles orientées est-ouest viennent hacher cet anticlinorium. L'est est constitué de marnes (Sainte-Suzanne) et de calcaires aptiens. Les plans de drainage sont, pour les plus importants, orientés N-S, N45°E et N115°E avec des plans verticaux (MNHN & OFB, 2003-2023). Le substrat géologique de la cavité est majoritairement calcaire (massif et induré) mais présente d'autres lithologies, comme des roches dolomitiques et des terrains non karstifiables) (BRGM, 2017a). Il est drainé par toute une série de circulations karstiques (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012).

Cette grotte-résurgente alimente le ruisseau de la Gouarège, affluent du Salat (rive gauche) et constitue l'unique exutoire de ce massif. Son bassin d'alimentation recouvre une superficie de 11,93 km^2, dont l'amont est orienté ouest-est et l'aval sud-nord. Ce réseau quaternaire quasi horizontal et ayant peu évolué dans le temps (car son niveau de base local est bloqué par une faille) draine les poljés de Ballagué et de Cazavet. Le système karstique d'Aliou fait l'objet d'étude depuis les années 50. En 1969, le laboratoire de Moulis (CNRS) réalise des relevés à l'entrée de la grotte. La température de l'eau varie entre 9,8°C en hautes eaux et de 10,4°C en basses eaux (MNHN & OFB, 2003-2023). Les données du BRGM, issues du projet POTAPYR (2017) montrent que, sur une année, le débit moyen est de 0,437 m^3/s, un module spécifique de 36,7 l/s/km^2, et un indice d'écoulement de 1163 mm (BRGM, 2017a). L'étude précise également que ces valeurs moyennes sont similaires à celles connues pour le système du Baget. Cependant, le système d'Aliou se singularise par des crues de courtes durées et de fortes amplitudes : « […] *le débit maximum enregistré sur la période est égal à 32 m^3/s (en octobre 1993) et le débit le plus faible est de 0,003 m^3/s (antérieur aux années 80).* » Ainsi, il s'agit d'un système très karstifié, sans réserve conséquente (entre 50 000 et 100 000 m^3)[37] et sans ruissellement de surface (BRGM, 2017a ; Mangin, 1975).

Climatologie

La grotte d'Aliou a également fait l'objet d'analyses isotopiques de l'oxygène-18 corrélées aux évènements hydrologiques avec deux autres systèmes karstiques : le Baget et Fontesborbes. Les conclusions de cette étude confirment :

- l'existence d'une relation entre les bassins d'alimentation et la valeur des teneurs en oxygène-18 spécifique à la région centrale des Pyrénées en raison du climat régional et des microclimats liés à l'orographie ;

- une réserve dynamique plus importante dans le système du Baget que dans celui d'Aliou, concordant ainsi avec les mesures effectuées par le laboratoire de Moulis (CNRS) (Bakalowicz, *et al.* 1974).

Gestion existante

La grotte d'Aliou est gérée par le CNRS. Elle fait partie de la plate-forme Grottes et Karst du laboratoire CNRS SETE à Moulis. Elle est réservée aux études scientifiques gérées par le comité de plates-formes de la SETE et n'est pas ouverte au public, ni à la pratique de la spéléologie, ni aux sports aquatiques.

Usages

Ce système comprend environ 10 kilomètres de galeries ; 1 600 mètres sont encore inexplorés. Ce site est fréquenté dans un objectif exploratoire, de formation ou de loisirs (dans sa première partie) ; cela représente 6 à 8 visites par an, de 3 ou 4 personnes, notamment avec le spéléoclub

[37] Données fournies par le laboratoire CNRS de Moulis

EPIA. Les 400 premiers mètres de la rivière souterraine sont navigables. Le site fait également l'objet de visites régulières de nageurs en eaux vives. Les clubs de Haute-Garonne et de Narbonne s'y rendent une fois par an. A chaque visite, c'est un groupe de 10 à 12 nageurs qui pénètre dans la grotte (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012). Ces pratiques ne sont pas autorisées et se font à l'insu du CNRS.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance
Chiroptères	10	Bon
Arachnides	10	Bon

ENJEUX NATURALISTES

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

- **Les suivis de cavités** se basent sur les périodes d'occupation principales depuis 1989. Depuis 2011, les suivis pluriannuels de cette cavité dans le cadre de Natura 2000, sont devenus réguliers, permettant une connaissance plus fine de l'utilisation de ce site par les chiroptères :

- **Suivi de l'hibernation** : irrégulièrement, entre mi-janvier et mi-février, ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.

Aucun suivi en période de transit n'est effectué. Une seule visite a été réalisée en transit automnal en 2011 lors de la rédaction du Document d'Objectif du site Natura 2000 par l'ANA – CEN09 et le CEN Occitanie.

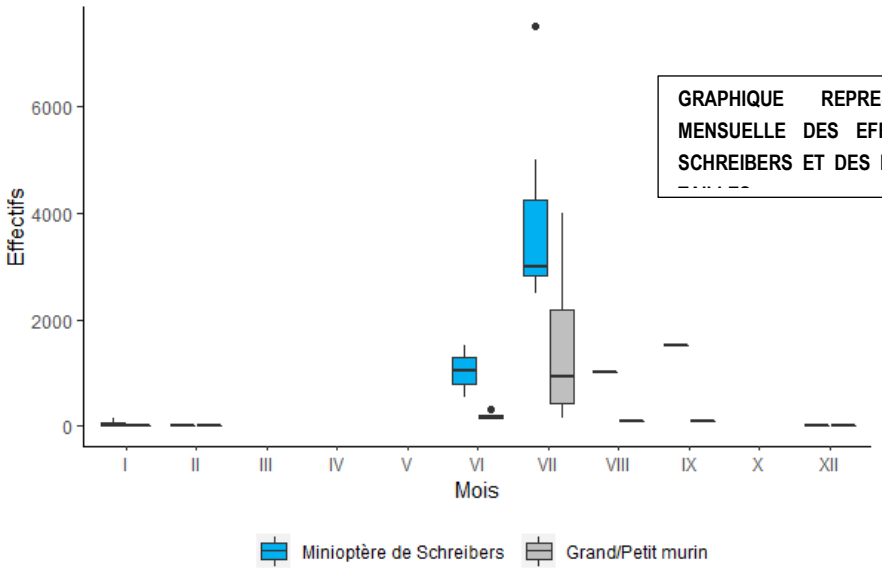
- **Suivi de la reproduction** : Un comptage en sortie de gîte est de rigueur sur ce site en période de reproduction, durant la première quinzaine de juin pour le Grand murin et un second la première quinzaine de juillet pour les autres espèces. Les comptages en journée sont totalement proscrits étant donné que la colonie est placée au-dessus de l'eau et l'envol des adultes pourrait provoquer la chute de jeunes individus qui induirait une noyade immédiate. Les suivis sont habituellement effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.

- **Les opérations de capture au filet.** Une capture au filet a été menée sur site, notamment le 28 septembre 2011 par Sylvain Déjean, Frédéric Néri, Alain Bertrand et Julien Barataud, dans le cadre de la mise en place du site Natura 2000 « Grotte d'Aliou ». Nous n'avons en notre possession aucune autre donnée concernant d'autres captures sur ce site.

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2011 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**0 - 5**	**0 - 17**	**X**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**0 - 5**	**2 – 20 - 80**	**X**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**3 – 35 - 120**	**X**	**X**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**2500 – 3900 - 7500**	**0 – 30 - 150**	**1500**
Barbastelle d'Europe	***Barbastella barbastellus***	**X**	**(1 ; 1996)**	**X**
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	1	(1 ; 1989 – 2 ; 1991)	**1**
Murin cryptique	*Myotis crypticus*	X	0 - 2	X
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**100 – 1000 - 4000**	X	100
Murin à moustaches	*Myotis mystacinus*	X	(2 ; 1989 – 1 ; 1991)	X
Oreillard indéterminé	*Plecotus* sp.	(1 ; 1996)	X	X
Nombre d'espèces	10	7	7	3

PHENOLOGIE. Le site de la Grotte d'Aliou est surtout un site de reproduction. Des effectifs très importants de Minioptères de Schreibers, Grands murins et Petits murins sont observés lors de la mise-bas et de l'élevage des jeunes. Le Rhinolophe euryale s'y reproduit aussi mais probablement en de très faibles effectifs. Le nombre d'adulte est presque impossible à compter en sortie de gîte et le risque de dérangement de la colonie pour une visite en journée est trop important. La reproduction du Rhinolophe euryale est attestée seulement par la présence de juvéniles (généralement moins d'une dizaine) dans l'essaim mixte de juvéniles.



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS ET DES MURINS DE GRANDE ET PETITE

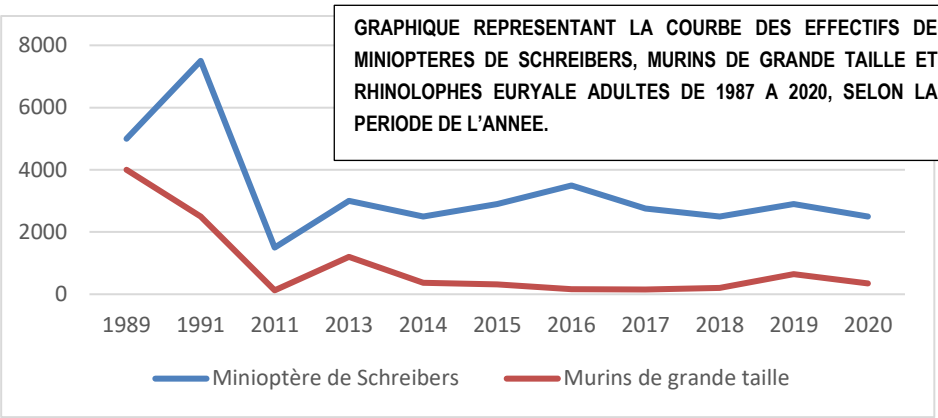
Aucun suivi n'étant réalisé en période de transit, il est donc impossible d'avoir une idée des périodes d'arrivée et de départ des différentes espèces. Cependant, les graphiques illustrant la phénologie du Minioptère de Schreibers et des « Murins de grande taille » montrent des effectifs généralement plus bas en juin qu'en juillet. Il est donc possible que la colonie de mise-bas arrive relativement « tard » sur site. Cependant le suivi réalisé en septembre 2011 ainsi qu'une observation réalisée par un plongeur spéléologue en octobre 2019 montrent une occupation tardive de la cavité à l'automne par des effectifs potentiellement importants.

En hiver, la cavité n'a jamais montré la présence d'essaims majeurs bien que certaines espèces comme le Minioptère de Schreibers ou le Grand rhinolophe ont pu être recensés dans des effectifs approchant ou dépassant la centaine d'individus.

Enfin, il est noté plusieurs mentions du Murin de Daubenton à toutes les saisons. Cette espèce n'est que très peu connue comme fréquentant les cavités en des effectifs notables mais cela est le cas à la résurgence de Labouiche qui offre des conditions similaires à la grotte d'Aliou pour cette espèce fortement liée au réseau hydrographique. Etant donné la difficulté de prospecter le site (sensibilité due aux importants effectifs, galeries noyées et hauteur de la voûte), il ne serait pas impossible qu'une reproduction de l'espèce passe inaperçue. Un suivi acoustique serait intéressant à mener bien que l'importante colonie de Murins de grande taille risque de rendre fastidieuse l'analyse du cortège de Murins présents sur le site.

TENDANCES. Les suivis depuis 1989 montrent une importante diminution des effectifs reproducteurs avec une stabilisation des effectifs depuis la mise en place de suivis plus réguliers en 2011 avec une perte globale d'environ 50% pour le Minioptère de Schreibers et 75% pour les Murins de grande taille. Cependant, ces données sont peu documentées et il se pourrait qu'elles soient attribuées aux adultes mais aussi aux juvéniles et pourraient expliquer la distortion entre les effectifs de 89/91 et les effectifs actuels. Il conviendrait d'élucider ce point auprès d'Alain Bertrand qui a réalisé ces premiers suivis.

Les effectifs de Rhinolophes euryale en reproduction ne sont pas analysables car généralement non notés et globalement très faibles.



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA COURBE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS, MURINS DE GRANDE TAILLE ET RHINOLOPHES EURYALE ADULTES DE 1987 A 2020, SELON LA PERIODE DE L'ANNEE.

Les suivis hivernaux, quant à eux, sont trop irréguliers et concernent des effectifs globalement trop faibles pour permettre une analyse.

MENACES. La principale menace pour les chiroptères de la grotte d'Aliou est le dérangement pendant la période de mise-bas. Les chiroptères sont tout le temps sensibles au dérangement, notamment en présence de jeunes non volants ; la disposition de l'essaim de juvéniles au-dessus de l'eau ne permettra en aucun cas à une mère de récupérer son jeune une fois celui-ci tombé de la voute. C'est ce qu'attestent les nombreux juvéniles moribonds ou noyés présents aux alentours de la colonie.

Les risques de visite sont accrus par l'attractivité du site pour la pratique des sports de pleine nature, notamment le kayak, la spéléologie ou encore la plongée. Un suivi par piège photographique par l'Office Français de la Biodiversité a permis de montrer que la cavité est utilisée en été malgré l'interdiction édictée par l'APPB, par des kayakistes notamment. Le passage de kayakiste en période de mise-bas est une menace très importante : la colonie se situe sur une voûte très basse en plein sur le passage de la visite de la cavité. La lumière des casques doit alors provoquer un stress considérable et provoquer des chutes de juvéniles dans l'eau dans l'agitation de la fuite des adultes.

La fréquentation du site en dehors des périodes d'APPB peut aussi s'avérer problématique, notamment en hiver où les chauves-souris sont toujours très proches des embarcations. La progression semble pouvoir se faire en respectant la sensibilité des individus hibernants mais la sur-fréquentation du site empêche le respect de la tranquillité requise pour les chauves-souris. En effet, lors de l'hiver 2019-2020, une sortie interclub a réuni plus de 40 kayakistes. A cela vient s'ajouter aux visites régulières de certains habitués dont la déontologie semble respectueuse. Un processus de concertation a été initié auprès des clubs de kayak mais la pratique de façon non fédérée complexifie l'exercice de sensibilisation.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Peu d'informations anciennes sont parvenues au sujet de cette cavité dans la bibliographie qui a pu être consultée. Etant une rivière souterraine résurgente non accessible à pied sec, elle ne doit pas avoir suscité l'intérêt des entomologistes. Son grand porche d'entrée, assez vaste et haut, procure cependant des micro-habitats favorables pour une faune troglophile classique. Les recherches sur ce groupe, initiées dès 2011, mettent d'ailleurs en évidence ces espèces, avec au moins 9 espèces auxquelles on peut ajouter des espèces plus forestières qui s'aventurent dans ce grand porche.

RICHESSE SPECIFIQUE. Avec 9 voire 10 taxons identifiés, le cortège troglophile de base est bien représenté. On retrouvera les espèces comme *E. inermis*, dans les gros blocs où elle peut tendre sa toile en nappe en compagnie de *T. silvestris*, venue de la forêt proche, mais qui s'installe volontiers aussi dans les entrées de grotte. *N. cellulanus* et *Scotolemon lespesii* recherchent des parois ou des pierres plus humides. Les grosses araignées à toiles géométriques comme les *Meta* spp. trouvent aussi de nombreux points d'attache pour tendre leur piège. On notera l'observation peu commune de la forme *celata* de l'espèce *Metellina merianae* qui montre un habitus très différent du type, avec un abdomen noir flanqué d'une ligne cardiaque dorée. On fera un zoom sur *Diplocephalus protuberans*, très liée à l'hygrométrie du site et quasi systématiquement présent edans les cavités avec une rivière souterraine.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglophile cavernicole	Hygrophile	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Agelenidae	*Eratigena inermis*	X		Pyrénées et Cantabriques	2016	Déjean
		Tegenarai silvestris					
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*	X		Pyrénées	2011	Déjean
	Linyphiidae	*Diplocephalus protuberans*		X		2016	Déjean
		Tenuiphantes zimmermanni		X		2016	Déjean
		Troglohyphantes marqueti	X		Pyrénées occidentales	2016	Déjean
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*	X			2016	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta menardi*	X			2011	Déjean
		Metellina merianae	X			2020	Déjean
Opilions	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*	X		Pyrénées centrales	2011	Déjean

Enfin, les deux genres cavernicoles, *Leptoneta* et *Troglohyphantes* sont représentés par des espèces à large répartition en Ariège même s'ils restent des endémiques pyrénéens. La majorité des espèces de grandes tailles est assez bien représentée au sein du peuplement.


Metellina merianae f. *celata* © S. Déjean

COMMENTAIRE. Le porche présent en bord de rivière avec de très nombreux blocs rocheux qui s'inondent lors des crues constitue un habitat est assez peu propice aux arachnides. Cependant, les parois, les sols terreux, les pierres et même les arbres morts sont autant de micro-habitats pour ce type de faune. La faune troglobie au sens strict n'y est pas connue, le réseau étant toujours inondé et très difficile à prospecter.

- LES INSECTES

Aucun inventaire entomologique ne semble disponible pour cette cavité (Déliot, s.d.). Son inventaire mérite d'y être conduit. La faune des Coléoptères est potentiellement celle de la grotte de L'Estélas.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES



La grotte d'Aliou est explorée en 1961 par l'abbé Pouech. Il réalise un croquis de la source et donne quelques éléments géologiques (Pouech ; 71 J 255, p109).

La grotte Aliou 6, découverte en 1992 par Daniel Quettier et Georges Jauzion de la SMSP conserve d'importants restes animaux (cerf, cerf élaphe, bovidé, chevreuil, renard, habitat et griffades d'ours). Cette grotte s'inscrit dans le périmètre classé (inventaire réalisé par la Société Méridionale de Préhistoire et de Spéléologie).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION

Ce volet concerne principalement les chauves-souris, notamment sur sa sensibilité aux pratiques sportives (spéléologie, kayak, nage en eaux vives, exploration…). Un travail de sensibilisation est à mener afin de limiter l'impact sur les juvéniles.

Dans le porche de la grotte, de la céramique protohistorique a été trouvée (Maksud, 2024). Nous n'avons pas d'autres informations sur ce site archéologique. En l'état des connaissances, le service régional de l'Archéologie Occitanie devra être consulté avant toute intervention dans ce secteur (aménagements, prélèvements, sondages…).

VOLET CONNAISSANCE.

En lien étroit avec le volet protection, notamment pour le suivi des chiroptères.

VOLET VALORISATION.

Avec les recherches menées, elle est un excellent support pédagogique dans la compréhension des fonctionnements karstiques et des morphologies singulières. L'INPN considère cette grotte comme une référence sur les systèmes karstiques. La valorisation est du ressort du laboratoire SETE et du CNRS.

LA GROTTE DE L'ESTELAS

ID=8

Patrimoine naturel - intérêt		++	+++	+	++	+
Menace et/ou vulnérabilité Responsabilité	**oui** ---	**X** Départementale				MPY1608
Valorisation et pédagogie scientifique	**Intérêt potentiel**					
Science et recherche	**Intérêt fort**					



Grotte de l'Estélas ©*V. Leenknegt-PNRPA*

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1

ZNIEFF 730011047
Forêts de Saleich et de l'Estelas et stations sèches de Francazal et de Salège

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 2

ZNIEFF 730006544
Massif de l'Arbas

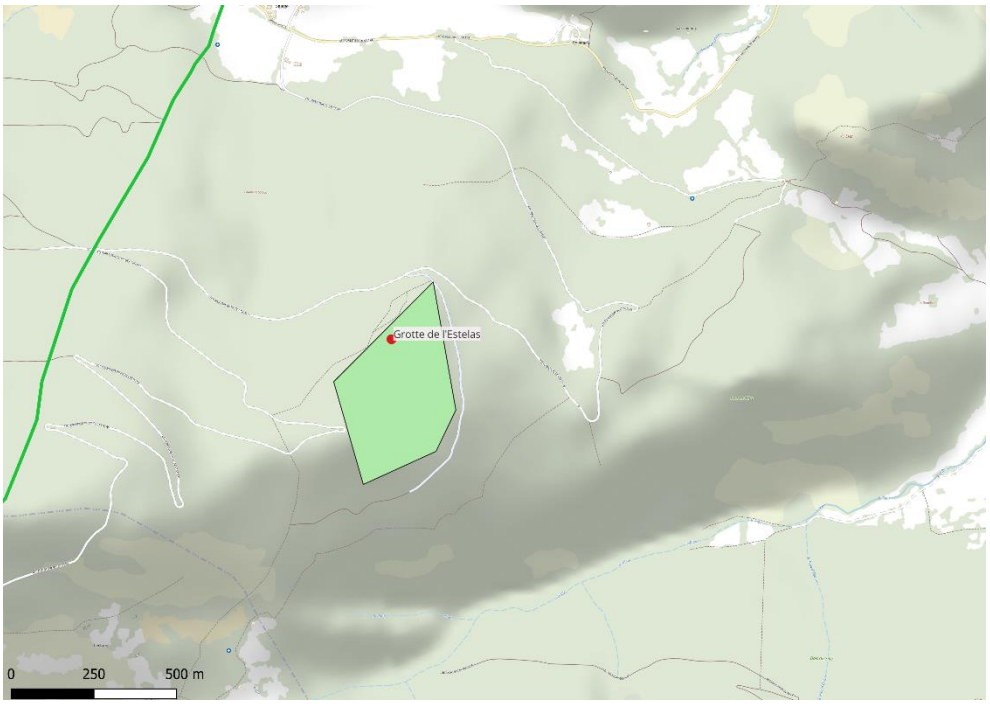
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	CAZAVET	**Ensemble géographique**	Massifs de l'Estelas, Ballaguer, Sérau
Parcelles concernées	1 parcelle découpée pour correspondre au topo. Parcelle en forêt domaniale.	**Superficie planimétrée estimée**	13 ha

Localisation du site

(IGN 1 :10 000), en vert, limite de département



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

La grotte de l'Estelas est située sur le versant nord-est du massif de l'Estelas-Balagué, à l'ouest de Saint-Girons, dominée par le pic de l'Estelas qui culmine à 1 247 m d'altitude. Elle s'ouvre dans un massif forestier de 58 km². « Les reliefs les plus importants sont situés dans la partie sud-ouest du massif le long de la crête de l'Estrouède (Tuc de Graué 1 417 m, Tuc aux Pentières 1 321 m) alors que les exutoires principaux, Las Hountas, Aliou, Cazaux, Cassagnous, Saleich et Ayguo Becht sont localisés aux extrémités orientale et septentrionale aux environs de 400 m d'altitude pour déboucher dans les vallées du Lez ou du Salat » (MNHN & OFB, 2003-2023).

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

La grotte de l'Estelas est située sur le versant nord du Pic de L'Estelas, à 935 m d'altitude, en pleine forêt domaniale de hêtres, gérée par l'ONF (Bertrand, et *al.*, 2002). La forêt est sillonnée de pistes forestières et de sentiers et est pratiquée par les visiteurs pour la cueillette de champignons et la promenade.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique	Estelas Balaguer			**Système karstique**	Cassagnous
Altitude entrée	935 m	**Développement**	300m	**Profondeur**	50m

Description du milieu souterrain

Il s'agit d'une cavité à deux entrées. La première est un large porche présentant les vestiges d'un habitat préhistorique donnant sur une grande galerie, légèrement remontante de 10 à 20 m de large et de hauteur pour une longueur de 275 m. Celle-ci présente plusieurs morphologies

karstiques et concrétions comme des gours[38] ou des stalactites et stalagmites. Au-delà du lac temporaire, situé à 200 m de l'entrée, la grotte se termine sur une grande coulée stalagmitique et une trémie[39] d'où s'exhale un courant d'air (Bertrand, et *al.*, 2002 ; BRGM, 2017a ; SMSP, 1963). La fin de la cavité a été décrite comme obstruée par un éboulis provenant d'une cheminée verticale (SMSP, 1963). Au-dessus de la cavité, les prospecteurs de la SMSP ont remarqué un indice karstique pouvant correspondre à la seconde entrée de cette cavité (SMSP, 1963). Cela expliquerait la présence de racines (au plafond) et de débris végétaux (retrouvés parfois dans les gours).

Hydrogéologie / substrat

Le massif de l'Estelas-Balagué se développe dans des dolomies du Jurassique et des calcaires (marmoréens) du Crétacé inférieur (MNHN & OFB, 2003-2023 ; Bertrand, et *al.*, 2002 ; BRGM, 2017a) entouré de lithologies imperméables : « […] *le Flysch noir ardoisier albo-cénomanien de la Ballongue, au sud, puis, d'ouest en est, les flyschs cénomaniens à sénoniens inférieur d'Arbas, les schistes paléozoïques puis le Trias supérieur au nord* ». Le massif contient l'essentiel des caractéristiques morphologiques du karst : lapiaz[40], vallée sèche, poljé (de Balagué), dolines, gouffres, réseaux de galeries, drains souterrains et résurgences (MNHN & OFB, 2003-2023). Les eaux souterraines rejoignent soit le bassin-versant de l'Arbas et celui du Salat au nord, soit le bassin-versant du Lez, à l'est. Les exutoires principaux sont : Las Hountas, Aliou, Cazaux, Cassagnous, Saleich et Ayguo Becht (MNHN & OFB, 2003-2023). Le système karstique de Cassagnous est unaire dans un massif dont l'activité karstique semble faible. Son exutoire présente des cycles d'étiages conséquents avec de faibles oscillations de débit (BRGM, 2017a).

Biocorrosion

L'équipe de recherche sur la biocorrosion (dir. L. Bruxelles) a visité cette grotte en juin 2023. De belles formes de biocorrosion (conques, peau d'éléphant) dues à des occupations anciennes sont observées et des clichés ont été réalisés à cette occasion.

Usages

La suite de la galerie est criblée de trous de fouilles anciennes pour rechercher les dents *d'Ursus spelaeus* (Bertrand, et *al.*, 2002). La grotte de l'Estelas est très visitée par les habitants, visiteurs occasionnels, grand public de manière générale, et subit alors les impacts d'un piétinement important : le sol concrétionné s'en trouve dégradé, mais des efforts sont faits pour les restaurer et les maintenir. Cette cavité présente un certain intérêt spéléologique, d'autant que le courant d'air au fond de la grotte laisse à supposer l'existence d'un prolongement d'envergure.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	11	Moyen	
Crustacés	2		(Bertrand et *al.*, 2002)
Araignées	11	Bon	
Myriapodes	>1		*voir dernières données publiées*
Groupes	**Espèces connues**	**Niveau de connaissance**	**Commentaires**
Oligochètes	1		(Bertrand et *al.*, 2002)
Fonge	2		(Bertrand et *al.*, 2002)
Coléoptères	9	Bon (cavité), Ancien (MSS)	(rapport CEN / Occitanie)
Mollusques			

[38] Dépôts de calcite

[39] Éboulis provenant d'un orifice communiquant avec la surface ou un étage supérieur

[40] Forme mineure la plus caractéristique du karst, rainure plus ou moins profonde résultant de la dissolution du calcaire en surface et se présentant en groupement dense

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION. La grotte de l'Estelas est connue depuis de longues années pour son intérêt biologique, mais ce n'est qu'assez récemment (2014) que des suivis sur les chiroptères sont faits régulièrement. Les suivis concernent uniquement l'hibernation. Pour l'instant, aucun suivi n'a été effectué en dehors de ces périodes si ce n'est une capture en septembre 2016.

❖ **Les suivis de cavités**

- **Suivi de l'hibernation** : les suivis d'hiver ont commencé en 2014 et sont réalisés chaque hiver depuis 2014 (excepté 2018). Ces suivis sont réalisés lors des comptages hivernaux bénévoles mis en place par l'ANA-CEN Ariège.
- **Suivi du transit** : pas de suivi
- **Suivi de la reproduction** : pas de suivi

❖ **Les opérations de captures au filet**

Une seule capture s'est déroulée à la grotte de l'Estelas le 16/09/2016 afin de vérifier si le site pouvait être caractérisé de site de « swarming ». 63 individus de 10 espèces différentes ont été capturés ce qui est une information importante pour le site : cela signifie qu'il y a une grande diversité qui fréquente ce site durant les nuits automnales. Sans pour autant avoir réussi à mettre en évidence un phénomène de swarming, le sex-ratio était largement à la faveur des mâles. Parmi les espèces et les effectifs les plus remarquables, notons 4 Murins de Bechstein, 24 Pipistrelles communes, 8 Minioptères de Schreibers (seule mention de l'espèce pour ce site) ou encore 13 Grands rhinolophes.

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous, la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2014 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Barbastelle d'Europe	***Barbastella barbastellus***	**x**	**x**	**2 (capture)**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**x**	**x**	**8 (capture)**
Murin de Bechstein	***Myotis bechsteinii***	**x**	**x**	**4 (capture)**
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	**x**	**1**	**2 (capture)**
Grand murin	***Myotis myotis***	**x**	**1**	**2 (capture)**
Murin à moustache	*Myotis mystacinus*	**x**	**1**	
Murin de natterer	*Myotis nattereri*	**x**	**1**	**1 (capture)**
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	**x**	**x**	**24 (capture)**
Oreillard roux	*Plecotus auritus*	**x**	**x**	**2 (capture)**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**x**	**33-44-81**	**13 (capture)**
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**x**	**15-22-32**	**2 (capture)**
Nombre d'espèces	11	0	6	10

*les chiffres mentionnés avec « capture » correspondent aux effectifs capturés dans les filets le 16/09/2016.

PHENOLOGIE. L'occupation du site par les chiroptères semble être majoritairement hivernale. Les faibles traces de guano au sol ne montrent pas de fréquentation en effectifs conséquents de chiroptères. Pour autant, la capture de 2016 met en avant une richesse spécifique importante en une seule capture de quelques heures. Il se pourrait donc que la fréquentation en période de transit puisse être intéressante d'un point de vue richesse spécifique d'une part, et que cette cavité dans ce contexte forestier puisse servir de lieu d'accouplement pour un nombre important d'espèces.

TENDANCES. Vu le peu de recul sur ce site, il est impossible de tirer des conclusions robustes sur l'évolution des effectifs dans cette grotte. En tout état de cause, les seules espèces présentes chaque hiver sont le Grand et le Petit rhinolophe, dont les effectifs semblent être en diminution pour le Grand rhinolophe et stable pour le Petit rhinolophe.

MENACES. Cette cavité répertoriée sur les cartes IGN est largement fréquentée. Des vestiges de fouilles demeurent présents. Par ailleurs, les vestiges d'une ancienne grille sont encore en place, certainement pour protéger les fouilles et vestiges archéologiques (un écriteau ancien juste au-dessus de l'entrée rappelle l'interdiction d'entrer). Il serait intéressant de mieux évaluer la fréquentation de ce site et, parallèlement, de continuer les suivis hivernaux afin de renforcer les tendances d'effectifs notamment sur le Grand rhinolophe.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Le site est connu pour sa richesse arachnologique depuis les années 1910, période à laquelle Racovitza et Jeannel ont visité de très nombreuses cavités et en particulier dans les Pyrénées. Les premières grandes découvertes ont été faites à l'époque (Simon, 1911). Dix ans plus tard, Fage (1931) revient sur quelques localités pour mettre à jour les inventaires. Enfin, Dresco et Denis se sont succédés entre les années 1940 et 1960. Le cortège des espèces troglobies était dès lors déjà bien connu. Les recherches récentes initiées en 2014, ont permis de retrouver ces espèces et de compléter le cortège troglophile.

RICHESSE SPECIFIQUE. De cette grotte ont été décrits (localité-type*) une araignée et un opilion troglobies, respectivement *Leptoneta microphthalma* et *Ischyropsalis pyrenaea*, tous deux déterminants ZNIEFF en Occitanie. Si l'opilion a une répartition plus étendue vers l'ouest de la chaîne, la leptonète est une endémique anophtalme d'un secteur assez restreint de 160 km² qui s'étend de Moulis en Ariège jusqu'à Boutx en Haute-Garonne. Le cortège, comme dans toutes les grottes, montre des espèces communes aux entrées avec les Méta et d'autres espèces plutôt forestières qui trouvent localement des conditions stationnelles très favorables, mais ne pénètrent pas plus loin dans la cavité. Plus troglophiles, on notera la tégénaire (*Eratigena inermis*) commune sur la chaine des Pyrénées, ainsi que *Chorizomma subterraneum* et *Leptoneta infuscata*. Cette dernière est étonnamment peu commune localement, surement dominée par la grosse population de l'espèce endémique qui est aussi bien plus grande en taille. Enfin, on mettra l'accent sur une minuscule espèce troglobie, citée comme déterminante ZNIEFF en Occitanie, *Birgerius microps,* connue çà et là dans les grottes d'Ariège, jusque vers l'ouest de la chaîne, toujours rare et en faibles effectifs. Sa taille ne facilite assurément pas son observation.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Agelenidae	*Eratigena inermis*				Pyrénées et Cantabriques	2016	Déjean
	Dictynidae	*Chorizomma subterraneum*		X		Sud-Ouest	2014	Déjean & Brustel
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X		Pyrénées	2016	Déjean
		*Leptoneta microphthalma**	X			Ouest de l'Ariège et Est de la Haute-Garonne	2017	Déjean & Brustel
	Linyphiidae	*Birgerius microps*	X			Pyrénées	2014	Déjean & Brustel
		Tenuiphantes zimmermanni			X		2016	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta menardi*		X			2015	Déjean et Baillat
		Metellina merianae		X			2014	Déjean et Baillat
Opilions	Ischyropsalidaae	*Ischyropsalis pyrenaea**	X			Pyrénées centrales et occidentales	2016	Danflous & Brustel
	Phalangodidae	*Scotolemon sp.*		X		Pyrénées	2016	Déjean & Brustel
	Travuniidae	*Arbasus caecus*	X			Massif d'Arbas		Bertrand et *al.*, 2002

Dans le dossier de 2002, il est mentionné une observation d'*Arbasus caecus*. Cet opilion très rare et endémique du massif d'Arbas, ne semble pas connu de cette grotte et aucun recueil bibliographique n'en fait mention. Si cette détermination est exacte, la présence de cette espèce apporterait un enjeu supplémentaire à cette cavité, mais des recherches spécifiques devront y être menées dans ce sens. L'espèce ayant pu être confondue avec des individus juvéniles de *Scotolemon*, déjà connu localement.


Leptoneta microphthalma © B. Baillat

DISCUSSION. Le site présente une succession de conditions micro-stationnelles propices à un cortège diversifié (grande salle, parois sèches, terres, rochers, gours, parois humides…). De plus, sa situation forestière génère l'intrusion d'espèces plus sciaphiles[41] qui y trouvent aussi refuge ; on notera rapidement *Labulla flahaulti, Eratigena* picta et *Nemesia simoni* chez les araignées et *Mitopus morio* et *Nelima gothica* chez les opilions. La grotte ne présente pas un fort développement mais la faune troglobie s'y observe assez tôt, dès que les galeries deviennent plus étroites et les conditions plus humides et obscures.

Le site a fait l'objet de visites assez régulières (1 à 2 par an). La faune typique et remarquable semble s'y observer régulièrement, montrant ainsi des populations bien établies. D'autres espèces sont plus rares et demandent des prospections plus ciblées. C'est le cas pour quelques espèces déjà citées précédemment. Il convient de mieux étudier les éléments tels que les *Scotolemon* peu fréquents dans cette cavité et d'avérer la présence d'*Arbasus caecus.*

- LES COLEOPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION. Le site est très anciennement connu pour sa richesse en coléoptères (richesse objective en espèces mais très relative si on compare à certaines autres grottes du Massif de l'Estelas-Arbas qui présentent une richesse spécifique similaire mais dont les représentants sont parfois bien plus faciles à observer). Marquet (1873), aux côtés du fameux guide Brunet qui fut un grand pourvoyeur d'insectes cavernicoles pour les collectionneurs de l'époque, y capture le deuxième *Hydraphaenops elhersi* connu, les communs *A. cerberus et S. infernus, et « Adelops clavatus » (= Speonomus stygius)* ce qui est sans doute une erreur (Marquet, 1873).

Cette grotte est très facile d'accès et à visiter ; son esthétisme et sa réputation ont dû attirer les naturalistes davantage qu'en d'autres lieux du massif, ce qui en conséquence a permis un effort de prospection supérieur et le bon niveau de connaissance actuel, autant que quelques données surprenantes et peut-être erronées. La relativement bonne actualisation des données est également liée au passé de ce site puisque les récentes prospections répétées avaient pour objectif de retrouver l'opilion *Arbasus caecus* (en vain) et des individus frais de *Trechinae* dont l'Estelas est la localité typique pour affiner des études phyllogénétiques actuelles (matériel acquis, analyses en cours). La connaissance de nombreux groupes a bénéficié de ces prospections récentes (Crustacés, Arachnides, Myriapodes…)

RICHESSE SPECIFIQUE. La grotte de l'Estelas est la localité typique (par ordre chronologique des descriptions) d'*Aphaenops bucephalus*, de *Speonomus infernus,* d'*Aphaenops ehlersi* (Abeille de Perrin, 1872), d'*Aphaenops cerberus bruneti* (Jeannel, 1926). *Speonomus normandi bergesi* (Coiffait, 1959) a été décrit du gouffre de l'Haïaou tout proche (Coiffait, 1959). Neuf espèces de coléoptères « cavernicoles » sont connues à l'Estelas :

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Coléoptères	Carabidae	*Hydraphaenops elhersi*	x		Massif-L'Estelas Arbas	2014	Brustel x1, Cally x1
		Aphaenops cerberus bruneti	x		Massif-L'Estelas Arbas	2019	Brustel
		Aphaenops bucephalus	x		Ouest de l'Ariège et Est de la Haute-Garonne	2019	Brustel
		Aphaenops tiresias	x		Ouest de l'Ariège et Est de la Haute-Garonne	2014	Brustel x1

41 Qui recherche l'ombre

		Geotrechus trophonius		x	Ouest de l'Ariège et Est de la Haute-Garonne	< 2000	?
		Geotrechus orpheus consorranus		x	Massif-L'Estelas Arbas	2001	Faille
	Catopidae	*Speonomus infernus*	x		Ouest de l'Ariège et Est de la Haute-Garonne	2019	Brustel
		Speonomus normandi bergesi	x		Ouest de l'Ariège	< 2000	?
		Speonomus ehlersi		x	Ouest de l'Ariège et Est de la Haute-Garonne	< 2000	?

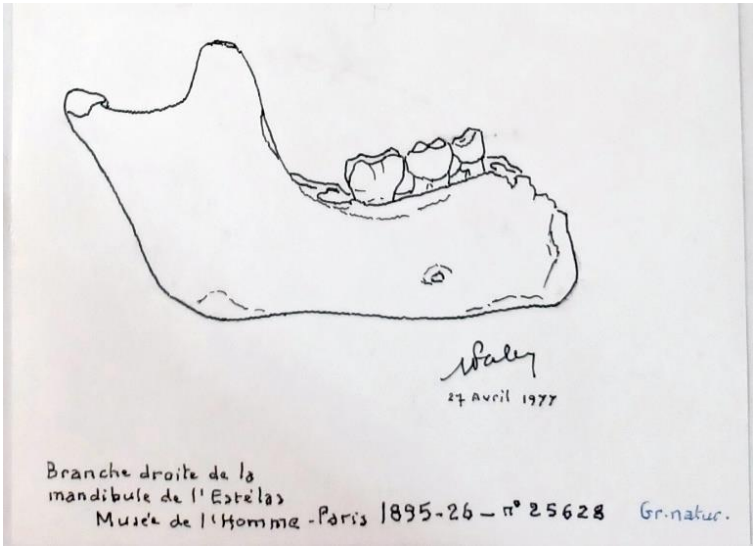
DISCUSSION. A l'Estelas, comme dans d'autres grandes cavités, la diversité des coléoptères observés est faible. *Speonomus infernus* et *Aphaenops cerberus* y sont systématiquement abondants mais pas les autres espèces citées. *A. bucephalus* s'y rencontre approximativement une fois pour 5 visites et *A. elhersi* et *A. tiresias* y sont exceptionnellement visibles. Les deux espèces de *Geotrechus* n'ont pas été revues récemment dans le secteur car ils nécessitent ici des efforts importants de recherches intrusives par piochage du sol de l'entrée de la cavité. *Speonomus ehlersi* n'a semble t'il pas été retrouvé dans le massif longtemps et seule une population du Comminges est récemment observée par piégeage profond dans le MSS au moyen d'un dispositif Owen (Brustel, obs. pers.), technique peut-être jamais utilisée à l'Estelas. *Speonomus normandi bergesi* (cité aussi du massif sous le nom de *Speonomus hydrophilus*) n'a pas été confirmé récemment du secteur peut-être par défaut d'étude systématique des *Speonomus* spp observés *in situ*.

Enjeux de conservation. Pour les Arthropodes, les fréquences et abondances des espèces présentes, détaillées et publiées par les plus anciens entomologistes (Abeille de Perrin, 1872 ; Jeannel, 1926) sont identiques aux observations actuelles. Rien ne semble avoir perturbé les populations présentes, pas même les prélèvements répétés depuis plus de 150 ans.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

« La grotte de L'Estelas fait partie des premières grottes des Pyrénées explorées pour rechercher la faune souterraine, en particulier les Coléoptères souterrains, ce dès 1868 par le zoologiste danois Dieck, puis en 1872 par les membres de la Société Entomologique de France lors de leur première expédition (Abeille de Perrin, Piochard de la Brûlerie et Elhers). C'est l'une des mieux connues et des plus visitées. C'est probablement dans l'éboulis d'entrée qu'a été récolté en 1872 le gros Coléoptère troglobie *Speonomus elhersi* qui, bien que connu par un seul exemplaire, est une bonne espèce, une seconde espèce proche ayant été découverte récemment dans le M.S.S. de la forêt d'Orgibet ». (Bertrand, et al/ 2002).

La grotte de L'Estelas fait l'objet de fouilles pour la première fois en 1870. Tout d'abord dans le porche par d'Ernest-Marie-Jules Jeanbernat. (Jeanbernat, 1871). Les fouilles sont reprises en 1876 par la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse avec Félix Régnault et David Sua. En 1884, l'abbé Cau-Durban et Félix Pasquier complètent les fouilles. Ils déposent le mobilier préhistorique et les ossements d'animaux au musée départemental de l'Ariège. En 1894, Harlé, paléontologue, s'intéresse au site dont les restes de marmottes qu'il compare aux vestiges de Montoussé, Hautes-Pyrénées (Harlé, 1894). Félix Régnault revient avec Louis Roule à la même période. Ils y découvrent « *dans une couche profonde de l'assise argileuse avec des ossements de grand ours, un maxillaire inférieur humain entier* ». C'est



DESSIN DE LEON PALES EN 1977

un sujet d'environ 10 ans avec d'autres restes humains. Ils attribuent les ossements à *Homo Neandertalensis* comme pour Malarnaud (Roule, 1895). En 1977, Léon Pales complète la liste faunique avec le bouquetin. La même année, une découverte isolée est signalée : une perle biconique. Un procès a lieu fin des années 1970 après des fouilles clandestines, encore regrettées, par Jean Clottes dans les années 1980 (Documentation du Service Régional de l'Archéologie, Cazavet).

Découvertes paléontologiques *:*

- Restes de renne, d'ours des cavernes, petit ours, cerf, bœuf, marmottes, panthères, cerf élaphe, bison, cheval…
- Les parois d'une grande partie de la grotte montrent des griffades d'ours.

Découvertes archéologiques :

- Des poteries à pâte grossière (4 fragments dans des foyers), dix os de ruminants cassés, dents de sanglier *Sus scrofa* (dans les foyers), dent de bœuf, humérus de blaireau, sabot de ruminants...
- Des sépultures (d'où présence d'ossements humains) sont signalées par le service régional de l'archéologie. Elles auraient été découvertes par Georges Jauzion. Elles pourraient dater de l'âge des métaux ou de l'antiquité.
- Outils d'industrie lithique préhistorique (paléolithique supérieur), ossements humains attribués en premier lieu à Néandertal mais plus vraisemblablement Sapiens.
- Jean Clottes signale en 1982 lors de fouilles clandestines de l'outillage paléolithique moyen, moustérien inédit. Il n'est pas impossible que ce mobilier soit aussi du macro-outillage néolithique.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION

Ce site étant largement fréquenté car répertorié sur les cartes IGN, la protection du patrimoine archéologique, paléontologique et le suivi des chiroptères sont à privilégier.

VOLET CONNAISSANCE

Les recherches archéologiques et spéléologiques sont à poursuivre sur ce site.

VOLET VALORISATION

Le massif contient l'essentiel des caractéristiques morphologiques du karst : lapiaz, vallée sèche, poljé, dolines, gouffres, réseaux de galeries, drains souterrains et résurgences, permettant d'appréhender l'organisation d'un réseau souterrain. En surface de la grotte de l'Estelas, l'observation d'un karst actif sous couvert végétal ainsi que ses morphologies de surface est d'un intérêt pédagogique important pour tout public (étudiants, scolaires, grand public…). L'inventaire départemental du patrimoine géologique publié par la DREAL Occitanie (DREAL Occitanie, 2016) indique qu'il existe un projet d'itinéraire pédagogique sur le karst en Pays du Couserans. Le site de la grotte de l'Estelas montre un bel exemple de karst actif sous couvert végétal. Néanmoins, la sensibilité du site en hibernation et période de reproduction doit être pris en considération si cette piste de valorisation est entamée.

LA GROTTE DE L'ESPIOUGUE

ID = 9

Patrimoine naturel - intérêt		+++	++	++	+++	
Menace et/ou Vulnérabilité Responsabilité	**oui** -------	**X** nationale				MPY 1501
Valorisation et pédagogie scientifique	**Intérêt potentiel**					
Science et recherche	**Intérêt fort**					



Entrée de la grotte de l'Espiougue ©T. Cuypers



Panneau à l'entrée de la grotte de l'Espiougue (Bertrand, et al., 2002)

APPB

FR3800357 – 1993

Réseau souterrain de la Grotte d'Espiougue

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012056
Massif de l'Arize, versant nord

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012054
Massif de l'Arize

Site en propriété et gestion

ANA-Conservatoire d'Espaces Naturels d'Ariège

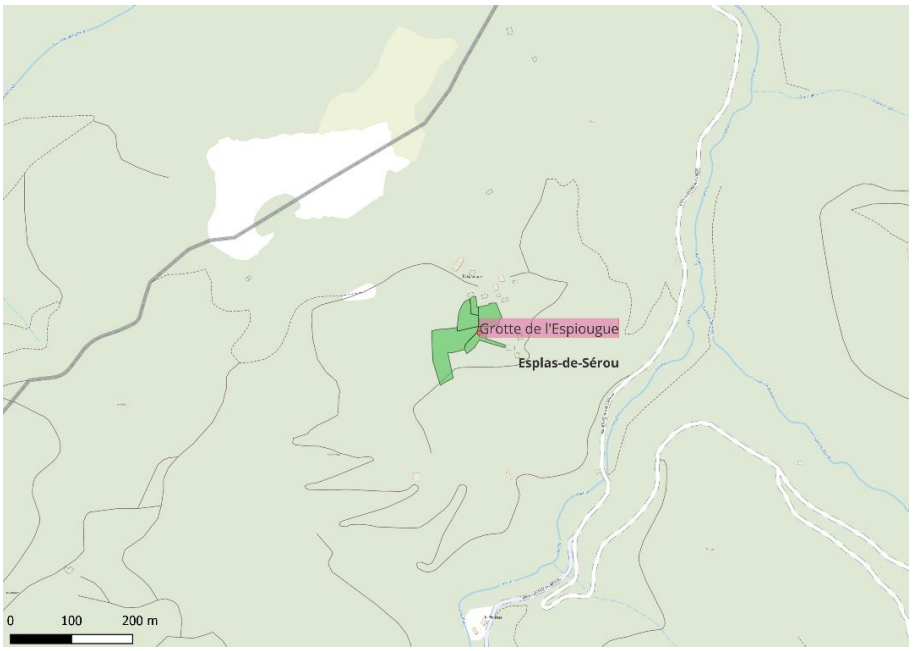
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	ESPLAS DE SEROU	**Ensemble géographique**	Les avants monts, zone de Lescure et Cadarcet
Parcelles concernées	5 parcelles	**Superficie planimétrée**	0,7 ha

Localisation du site

(IGN 1 : 5 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux et usages en surfaces

La grotte de l'Espiougue se situe dans la commune de l'Esplas de Sérou, à une altitude moyenne de 620 m, dans la vallée de l'Artillac à quelques mètres de l'ancien village de carriers de l'Espiougue (ou Lespiogi) (Cuypers et *al.*, 2023). Au-dessus de celui-ci, il y a des vestiges d'exploitation d'une carrière de marbre. Deux infrastructures ont servi de gîte de mise-bas pour les colonies de Rhinolophes, entre 1987 et 1991 (Bertrand, et *al.*, 2002). Ce village fut abandonné avec la fermeture des carrières de « marbre rose » par la famille Delqué en 1962. Actuellement, les anciennes prairies laissent place à de jeunes boisements de feuillus en mélange entrecoupés de prairies fortement ourléifiées. Quelques patchs de forêts montrent un niveau de maturité intéressant. De nombreux ruisseaux s'écoulent des différents talwegs de cette vallée humide.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

La grotte de l'Espiougue est située sur le hameau en ruines de l'Espiougue. Ce hameau est inhabité depuis une 60aine d'années lorsque la famille Delqué a mis fin à l'exploitation du marbre. Le chemin balisé des marbriers passe à proximité du site, permettant une boucle au départ de Castelnau-Durban. Il est possible que la pratique de la chasse soit exercée en surface.

Le site est la propriété de l'ANA-CEN Ariège depuis 2020. Un périmètre grillagé a été mis en place à la fin de l'année 2021.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique	Massif de l'Arize				
Altitude entrée	600m	**Développement**	190 m	**Profondeur**	13m

Description cavité

Il s'agit d'une petite cavité d'un développement total de 190 m et d'une dénivellation de 13 m. Partiellement concrétionnée, elle comporte deux galeries parallèles séparées par une grande salle et un petit boyau descendant (Cuypers et *al.*, 2023, Bertrand, et *al.*, 2002, Cabrol, et *al.*, 2002).

Hydrogéologie / substrat

Elle se situe à cheval entre une formation du Viséen supérieur et Namurien (pélites à débit schisteux) au sud-ouest et une formation du Dévonien supérieur (calcschistes et calcaires « griottes ») au nord-est (Bilotte, at *al.*, 1988b). Cependant, ce karst actif est creusé principalement dans les calcaires à griottes du Dévonien supérieur (Cuypers et *al.*, 2023). Ces derniers sont appelés « marbrelits calcaires micritiques rosés et de lits argileux rougeâtres à violacés rose » par leur faciès à oxyde de fer, dont l'origine est probablement bactérienne (Barrouquere, et *al.* 1969 ; Croisiers de Lacvivier, 1884 ; Gosselet, 1884 ; Mettrier, 1893). Ils présentent une alternance irrégulière de lits calcaires micritiques rosés et de lits argileux rougeâtres à violacés qui sont recoupés de filons de calcite blanche.

La base de la cavité est parcourue par un ruisseau souterrain qui prend sa source au fond de la grotte et se jette, après avoir traversé la galerie ouest, dans un puits de 3 m creusé dans le remplissage. Ce remplissage est composé d'éléments insolubles qui ont permis le développement de la cavité par paragénétisme et la formation de pendants de roche. Ils sont aujourd'hui dégagés par la baisse du niveau du ruisseau qui a évacué une partie du colmatage. À l'origine, il déversait ses eaux à l'entrée de la grotte. Gênant pour l'activité d'extraction, les exploitants ont choisi de le dévier pour le faire ressortir 20 m plus bas, en bordure du chemin (Bruxelles, 2021).

Biocorrosion

Avec la présence des chauves-souris, il est possible d'observer des modifications des états et des formes de parois, de la voûte et du sol. Ainsi, des indices d'hydroxyapatite en plafond (anciens), de corrosion sous guano sur les blocs extraits et des traces noires dans la calcite (issues du jus de guano déversé dans le ruisseau) ont été décelés dans quelques salles. Cet ensemble montrent une occupation de la cavité par les chiroptères après la fermeture de la carrière (Cuypers et *al.*, 2023, Bertrand, et *al.*, 2002, Cabrol, et *al.*, 2002 ; Barrouquere, et al, 1969).

Climatologie

Une étude climatologique menée par l'ANA est en cours avec la pose de 4 sondes de température et d'aérologie dans la cavité afin d'évaluer les modifications environnementales engendrées par la présence des chiroptères (com. Perso. O. Guillaume et T. Cuypers).

Usages

Cette cavité fut l'objet d'une exploitation de calcaire intense qui a laissé de nombreuses traces (de débitage, d'aménagement). Il est probable que le porche originel ait entièrement disparu à cette époque. Il en résulte un grand porche où la présence d'imposantes concrétions à l'air libre suggère une ouverture artificielle (Cuypers et *al.*, 2023, Bertrand, et *al.*, 2002).

L'accès au réseau souterrain est interdit à toute personne du 1er mars au 30 septembre.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	11	Assez bon	
Arachnides	9	Assez bon	2 espèces non revues
Coléoptères	3	Moyen	D'autres endogés peuvent exister, *Aphaenops cerberus* aussi
Myriapodes			
Crustacés	1		(Bertrand, et *al.*, 2002)

LES CHIROPTERES





Essaim de parturition mixte de Rinolophes euryales et Minioptères de Schreibers (à gauche) et essaim de juvénies de Rinolophes euryales © B. Baillat

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ **Les suivis de cavités**

Les suivis chiroptérologiques de la grotte d'Espiougue se basent sur les périodes d'occupation principales depuis 1988. Oubliée durant de longues années, ce n'est qu'à partir de 2015 que les suivis reprendront plus ou moins régulièrement. Depuis 2020, l'ANA-CEN Ariège effectue des suivis beaucoup plus régulièrement afin de préciser la phénologie de fréquentation annuelle de la cavité.

- **Suivi de l'hibernation** : irrégulier depuis la reprise des suivis sur ce site en 2015. Réalisé dans le cadre des suivis bénévoles par l'ANA-CEN Ariège entre janvier et février.
- **Suivi du transit** : irrégulier depuis la reprise des suivis sur ce site en 2015, ce n'est qu'en 2020 où la pression d'observation a été plus importante sur ces périodes. Le suivi nécessiterait d'être approfondi afin d'affiner les enjeux sur cette période.
- **Suivi de la reproduction** : systématique depuis quelques années. Un comptage en sortie de gîte est réalisé bénévolement par les salariés de l'ANA-CEN Ariège généralement première quinzaine de juillet.

❖ **Les opérations de captures au filet**

Une capture a été réalisée en 2020 durant le transit automnal par l'ANA-CEN Ariège, afin de connaitre le statut des espèces fréquentant la cavité durant le swarming. Cette capture s'est tenue le 11/09/2020, où plus de 40 Minioptères de Schreibers ont été capturés. Parmi les individus capturés de Minioptère, le sex-ratio est largement favorable aux femelles post allaitantes avec seulement 5 mâles.

Les autres espèces capturées étaient la Barbastelle d'Europe (N=3), le Rhinolophe euryale (N=6) et le Grand rhinolophe (N=3).

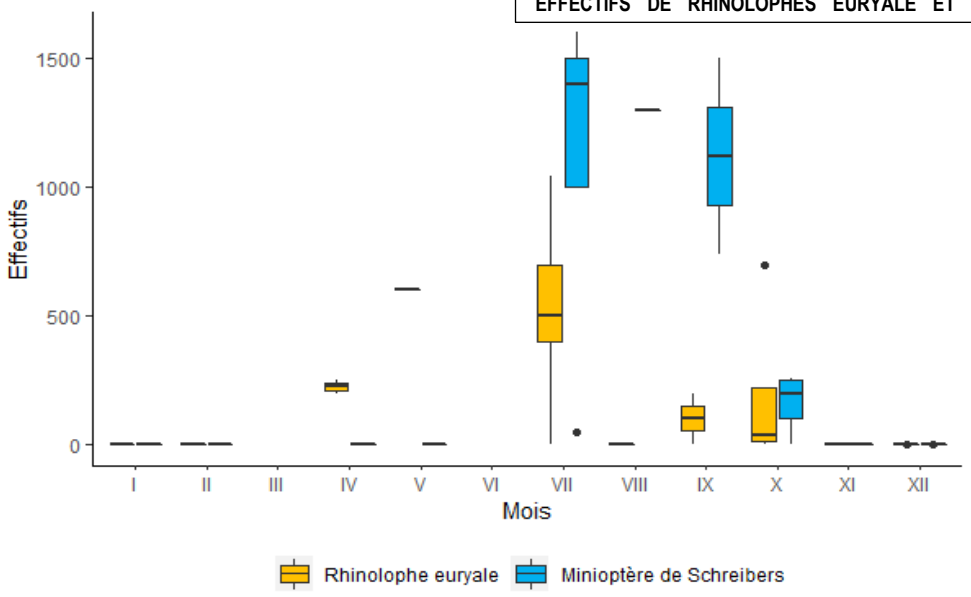
RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous, Liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2015 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Barbastelle d'Europe	***Barbastella barbastellus***	**X**	**X**	**3 (capture 2020)**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**10-10-50**	**0-7-14**	**0-2**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***		**1**	**1**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**1000-1175-1700**	**X**	**0-336-1500**
Murin à moustache	*Myotis mystacinus*	**X**	**X**	**1 (1991)**
Murin à oreilles échancrées	***Myotis emarginatus***	**2**	**X**	**X**
Murin de natterer	*Myotis nattereri*	**1**	**X**	**2**
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**1**	**6-12**	**1-7**
Pipistrelle.sp	*Pipistrellus.sp*	**X**	**6**	**X**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**0-487-1040**	**X**	**0-245-700**
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	**X**	**X**	**1**
Nombre d'espèces	**11**	6	4	9

PHENOLOGIE. La grotte d'Espiougue est avant tout connue pour la fréquentation des chiroptères en période de mise-bas, et plus récemment avec le renforcement des observations, un site de transit printanier et automnal important. Souvent en essaim mixte entre le Rhinolophe euryale et le Minioptère de Schreibers, il peut y avoir plus de 2 000 individus dans cette cavité.

Historiquement un site de mise-bas pour le Minioptère de Schreibers et le Rhinolophe euryale, ces dernières années, malgré une fréquentation importante par le Minioptère (Nmax=1 700 en 2019), il semblerait ne pas (ou peut-être plus) y avoir de mise-bas pour cette espèce. Pour autant, la capture réalisée en septembre 2020 mentionne la présence en grand nombre de femelles post-allaitantes alors même que la visite de juillet 2020 ne mentionne pas de présence de juvéniles.

GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE RHINOLOPHES EURYALE ET DE MINIOPTERES DE



Le Rhinolophe euryale, est toujours présent de façon certaine en mise-bas avec des effectifs moyens de 487 individus et un maximum de 1040 chauves-souris en 2020.

Le transit printanier semble être moins important dans cette cavité que le transit automnal, avec une colonie de Rhinolophe euryale présente dès avril (N=160 en 2020). Par ailleurs, les effectifs à l'automne sont sensiblement plus élevés avec une moyenne de 600 individus, et ponctuellement beaucoup plus (>2000). En hiver, peu de chauves-souris fréquentent la grotte d'Espiougue.

TENDANCES. Les tendances sur un site tel qu'Espiougue ne sont pas faciles à mettre en avant vue la reprise récente des suivis. Depuis 2016, les données semblent mentionner une augmentation des Rhinolophes euryales pendant la mise-bas et le transit automnal, alors que les fluctuations importantes du Minioptère de Schreibers ne peuvent permettre de conclure à quoi que ce soit.

MENACES. Malgré la protection réglementaire dont dispose ce site (APPB en période de mise-bas), il est localisé près d'un sentier qui reste fréquenté (vers la carrière de marbre) et près d'un hameau habité. La mise en défens par périmètre grillagé a permis de supprimer la fréquentation en période sensible. La perméabilité de l'aménagement demande un suivi puisque la pénétration dans le site peut vite engendrer d'importantes perturbations.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Aucun matériel arachnologique ne semble avoir été récolté avant les années 1950, par les naturalistes Bouillon et Denis. Le site était peut-être peu remarquable pour sa faune souterraine et peu connu à l'époque.

L'inventaire initial du cortège a été mené en 2015 et 2017, mais des découvertes de l'époque n'ont pas été encore retrouvées. Les prospections ont été menées rapidement lors de comptage chauves-souris, ce qui laisse peu de latitude aux prospections d'invertébrés, afin de ne pas déranger les chauves-souris. Des inventaires plus spécifiques restent à mener en période d'absence des chiroptères. La propriété et la gestion du site étant désormais aux mains du CEN Ariège, même si aucun inventaire ciblé n'a été mené, quelques collectes supplémentaires ont lieu.

RICHESSE SPECIFIQUE. Avec 7 araignées et 2 opilions cette grotte propose, en l'état de nos connaissances, un cortège troglophile classique. Il est original cependant d'y trouver les 3 espèces de Méta communes de grottes avec donc la présence de *M. bourneti*, identifiée dans les années 1950, mais non revue encore, qui affectionne des cavités plus sèches que *M. menardi*, d'où sa répartition plus méridionale. Les entrées de grottes sont colonisées par *Eratigena inermis* et *Nesticus cellulanus* dans les secteurs plus humides. Si les opilions comme *Scotolemon lespesi* cité dans le premier dossier de Réserve a été recapturé, ce n'est pas le cas d'une espèce *Ischyropsalis* qui reste indéterminée ; selon l'espèce, un intérêt plus fort pourrait être identifié dans cette cavité.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	**Agelenidae**	*Eratigena inermis*	X		Pyrénées et Cantabriques	2017	Déjean
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*	X		Pyrénées	1948	Denis, 1967
	Linyphiidae	*Saaristoa abnormis*		X		2017	Déjean
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*	X			2017	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta menardi*	X			2017	Déjean
		Meta bourneti	X			?	Bouillon
		Metellina merianae	X			2017	Déjean
Opilions	**Ischyropsalidae**	*Ischyropsalis*	X				Bertrand et *al.*, 2002
	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*	X		Pyrénées	2017	Danflous et Déjean

L'espèce *Leptoneta infuscata*, commune dans tout le département de l'Ariège mais rare au-delà de ses frontières, a été notée en 1948. Les prospections à venir mettront sans aucun doute à jour cette observation.

A ce jour, aucune espèce troglobie n'est identifiée au sein de la cavité.


Nesticus cellulanus © B. Baillat

COMMENTAIRE. La cavité est assez courte ; elle présente des grands volumes d'entrée très éclairés et des galeries plus petites, courtes et plus isolées. C'est aussi là que sont situées les chauves-souris. La combinaison des conditions stationnelles dans cette partie peut engendrer la présence d'autres espèces plus lucifuges.

Les parois plus sèches, l'écoulement d'un petit ruisselet, les roches au sol et les secteurs plus isolés engendrent une diversité de micro-habitats favorables mais peut-être atténuée par une entrée assez grande et un faible développement.

Des recherches plus spécifiques et systématiques doivent être menées dans cette cavité peu étudiée jusque-là afin de voir le réel potentiel d'accueil de cette faune arachnologique. La grotte est située dans une partie moins riche de l'Ariège, mais *Troglophyphantes marqueti* pourrait y être trouvée.

- LES COLEOPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION. Trois espèces de coléoptères à affinités cavernicoles sont connues de cette grotte en lien avec des prospections entomologiques récentes et peu poussées. L'humidité constante liée aux écoulements pérennes, l'abondance de guano et les zones terreuses et d'éboulis peuvent encore abriter une faune non connue. Le site pourrait donc encore réserver quelques surprises.

RICHESSE SPECIFIQUE.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Leiodidae	*Speonomus hydrophilus*	X		Massif	4/02/2021	Hervé BRUSTEL et Thomas CUYPERS
Carabidae	*Laemophloeus oblongus*		X	/	4/02/2021	Hervé BRUSTEL et Thomas CUYPERS
	Geotrechus saulcyi ssp. ?	X		Massif	4/02/2021	Hervé BRUSTEL

COMMENTAIRES. Le *Geotrechus* récemment découvert (3 exemplaires) mérite une étude poussée (génétique et morphologique) pour le situer par rapport aux autres populations du Serronais et des Monts de l'Arize. La pose d'appâts, voire de pièges (pitfall et pièges Owen) est à envisager au même titre que des prospections directes des endogés au moyen de techniques adaptées (tamisages, lavages de terre).

- LES CRUSTACES

Deux crustacés sont connus de la cavité : *Stenasellus virei* (Isopode) et *Niphargus vandeli* (Amphipode), tous deux strictement souterrains. On les trouve dans les zones d'infiltrations que constituent les flaques de la grotte. La grotte de l'Espiougue représente la seule station et la localité-type de l'Amphipode stygobie *Niphargus vandeli* (Barbé) (Bertrand, et *al.*, 2002).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION

Il s'agit d'une cavité à fort enjeu chiroptèrologique.

VOLET CONNAISSANCE

Lié à la présence de chauves-souris d'une part. D'autre part, cette cavité pourrait avoir un potentiel archéologique, dès le Paléolithique, mais aussi pour les aménagements liés à l'exploitation de la carrière (Lebas, 1984). Une évaluation complémentaire est préconisée par la DRAC Occitanie, notamment pour dater les vestiges de l'exploitation minière.

De plus, dans la carrière toute proche Richard Danis a découvert un puits conservant de la faune ancienne : renne, cerf, bison, *Bos*, cheval, *Ursus spelaeus*, *Canis lupus*, lapins, oiseaux non identifiés… (Documentation Service Régional de l'Archéologie, Esplas-de-Sérou).

VOLET VALORISATION

Une valorisation sur la géologie du calcaire à griottes du Dévonien supérieur et les aménagements anthropiques liés à l'exploitation de la carrière de l'Espiougue pourrait être réalisée. Bien qu'abandonné depuis une cinquantaine d'années, le site a conservé divers vestiges de l'exploitation : maison à étage en griotte (linteau daté de 1912), bâtiments en brique abritant diverses machines, transformateur, câbles de sciage et de transport des blocs de marbre, poulies, aire de stockage des blocs, plan incliné permettant la descente des blocs vers la route du fond de la vallée (Inventaire Nationale du patrimoine Naturel : fiche MPY1501).

FONTAINE INTERMITTENTE DE FONTESTORBES

ID = 10

Patrimoine naturel - intérêt	+++	
Menace / Vulnérabilité	Non	MPY0980
Valorisation et pédagogie scientifique	Intérêt fort	
Science et recherche	Intérêt fort	



Résurgence de Fontestorbes ©*V. Leenknegt-PNRPA*

SITE NATURA 2000

Directive "Oiseaux"

FR7312008 - Gorges de la Frau et Bélesta

Arrêté ministériel

du 10 février 1921 portant classement parmi les sites et monuments naturels de caractère artistique de la fontaine intermittente de Fontestorbes

Type de zone : 1

ZNIEFF 730006765

Montagnes de Bélesta, de la Frau, de l'Ordat et de Prades

Type de zone : 1

ZNIEFF 730011993

Roc des Caoujous et Fontaine de Fontestorbes

Type de zone : 2

ZNIEFF 730011915

Montagnes d'Olmes

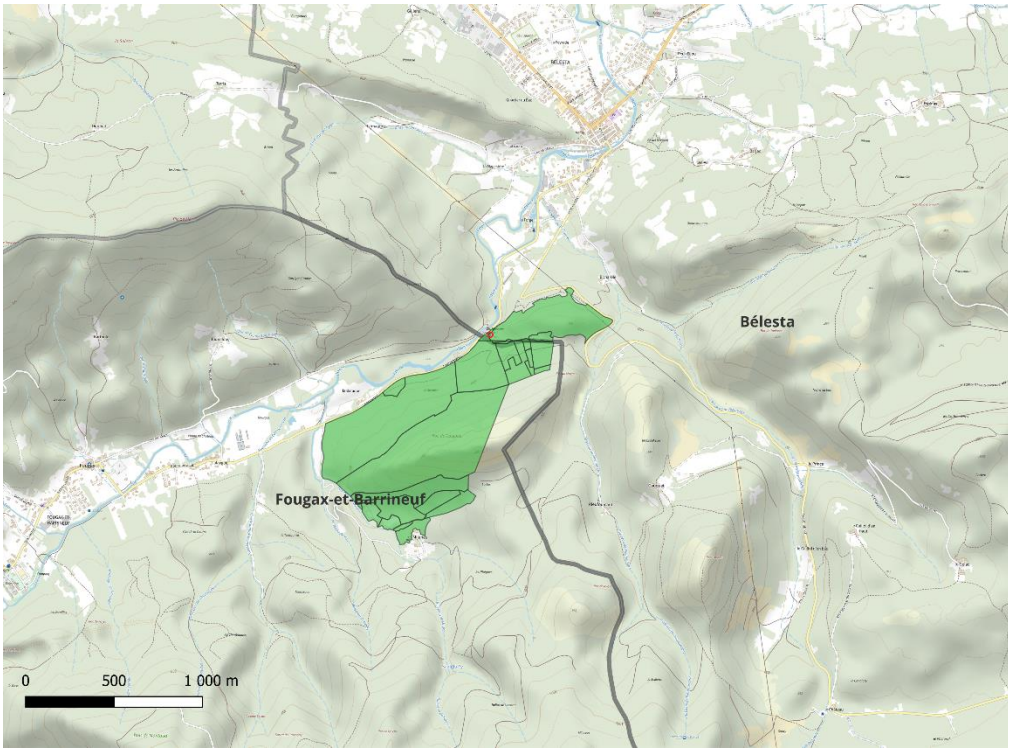
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	BELESTA, FOUGAX ET BARRINEUF	**Ensemble géographique**	Plateau de Sault
Parcelles concernées	30 parcelles, privées et collectivités territoriales	**Superficie planimétrée**	87.4 ha

Localisation du site

(IGN 1 : 20 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

Localisée à côté de Bélesta à une altitude moyenne de 1 000 m, la fontaine intermittente de Fontestorbes fait partie des rares (une trentaine dans le monde) présentant des cycles de variation du débit en période d'étiage. Celle-ci est exceptionnelle du fait de la grande amplitude de son débit : « […] d'un minimum de 20L par seconde à un maximum de 1 800 L par seconde, le débit suit un cycle très régulier d'environ une heure. »[42] (Cabrol et Mangin, 2008, p. 90). De juin à septembre, cette source est intermittente, c'est-à-dire qu'elle s'arrête de couler pendant 32 minutes et l'écoulement dure entre 36 et 37 minutes. Ce temps est rallongé pendant les saisons pluvieuses (Dégousée, 1847).

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

La source intermittente de Fontestorbes est un lieu touristique, dont l'accueil est géré par l'Office du tourisme de Bélesta. Une personne est employée en période estivale.

La source intermittente de Fontestorbes est dans les limites d'une zone Natura 2000 sous la directive « Oiseaux », dont l'animation est assurée par la Communauté de Communes du Pays d'Olmes. L'animation est en partie déléguée à l'ANA qui travaille sur des mesures de gestion pastorale et d'entretien des milieux, des pratiques sylvicoles pour l'amélioration d'habitats de l'avifaune, de mise en défens pour la protection du tourisme et de la sensibilisation.

[42] Texte original : « […] with a minima of 20 litres per second up to a maxima of 1800 litres per second following a very regular periodicity of about an hour. »

L'AAPPMA « La truite de Fontestorbes » propose différentes cartes à destination des pêcheurs, et notamment un site de handipêche. (Office National de Forêts, 2010).

Un site archéologique, situé sur l'éperon rocheux, l'oppidum de Mayne, surplombe la fontaine intermittente. Il s'agit d'un site patrimonial fort par son phénomène d'intermittence, connu depuis l'Antiquité. Parmi la trentaine de sources semblables au monde, elle est la plus spectaculaire. De ce fait, elle a été classée parmi les sites et monuments naturels de caractère artistique par arrêté ministériel (Bertrand, *et al.* 2002).

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Sault, système karstique de Fontestorbes

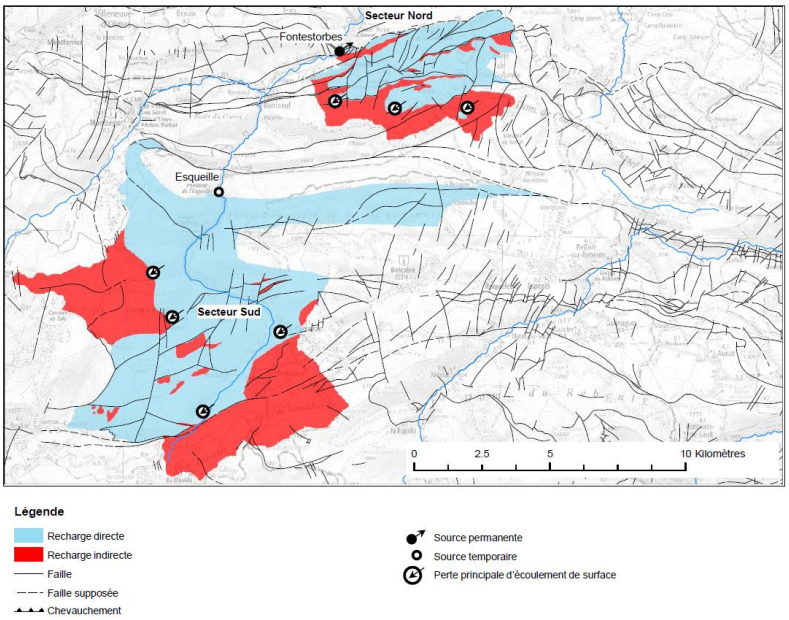
Altitude entrée 510 m **Développement** **Profondeur**

Description cavité La source de Fontestorbes est une source karstique constituée d'un porche ouvert d'où sort une rivière souterraine de 5 m de large, qui parcourt 50 m à l'air libre avant de se jeter en rive droite dans l'Hers. C'est l'exsurgence reliée par une galerie ennoyée (Bertrand, *et al.*, 2002 ; MNHN & OFB, 2003-2023).

Géologie / substrat Le système karstique de Fontestorbes a une grande hétérogénéité lithologique : terrains cristallins et paléozoïques, formations mésozoiques (calcaires métamorphisés et non métamorphisés) ; 17% du bassin n'est pas karstique (SIGES, 2022).

Cette résurgence est située en zone de rupture tectonique correspondant au chevauchement du pays de Sault avec les terrains au nord, plus récents (Bertrand, *et al.*, 2002). La source émerge au pied d'une falaise de calcaires urgoniens du Barrémien. Son encaissant, constitué de masses de calcaires récifaux (faciès urgonien) et de marnes du Crétacé (urgo-barrémien), repose directement sur les dolomies jurassiques (Bailly-Comte, *et al.* 2018, Roche et Soulé, 1982). Les masses calcaires donnent lieu à des dépôts où il y a de forts phénomènes de karstification. Ces formations carbonatées karstifiées ont donné lieu à l'émergence de Fontersorbes (Roche et Soulé, 1982).

Hydrogéologie La source de Fontestorbes est l'exutoire principal du système, avec des réserves de tarissement estimées à 25 millions de m^3 (SIGES, 2022). Son bassin versant, de 85 km^2, draine la partie orientale du massif de Saint-Barthélémy. Il est divisé en deux parties séparées par le synclinorium de Fougax et Barrineuf. Localisée au nord-ouest de ce système, l'exurgence de Fontestorbes est alimentée par le ruisseau du Balagué en période de crue. Les plans de drainages verticaux les plus marqués sont N40°E et N160°E (Bailly-Comte, *et al.* 2018).



Carte de l'impluvium de la source de Fontestorbes (Monod, *et al.*, 2016)

Depuis 1965, elle est équipée d'une station hydrométrique et appartient au réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines (RCS). Le débit moyen du système pour ces 47 années de mesures est de 2,05 m^3/s, le module spécifique de 24,1 $l/s/km^2$ et la lame d'eau moyenne écoulée de 761 mm. Le débit maximal enregistré a été de 15,20 m^3/s (en décembre 1966) et le débit le plus faible de 0,61 m^3/s (en novembre 1973) (BRGM, 2017e). Sa température est de 8,8°C en période de crue et 9,6°C en étiage (Bertrand, *et al.* 2002) et sa précipitation annuelle moyenne est de 1,178 mm (Bailly-Comte, *et al.* 2018). En période d'étiage conséquent, cette source fournit 90 % du débit de l'Hers vif, au niveau de la station du Peyrat (BRGM, 2012). Les données recueillies par le laboratoire du CNRS de Moulis et en particulier par A. Mangin montrent qu'il s'agit d'un système inertiel avec une très grande réserve (BRGM, 2017e).

Cette source d'eau peut être fragilisée : « dans ces systèmes aquifères caractérisés par des chenaux à écoulement préférentiel, les pollutions se propagent très rapidement. Les expériences de coloration réalisées sur le système de Fontestorbes ont ainsi mis en évidence des vitesses de 136 m/h. Ce milieu est d'autant plus vulnérable que les pollutions peuvent avoir une origine lointaine et l'ensemble du bassin hydrogéologique est en fait concerné. » (Roche et Soulé, 1982)

Entre les mois de juillet et de décembre se produit le phénomène d'intermittence. En cas de fortes pluies, plusieurs interruptions de ce système ont été relevées. Sur une période de 60 à 90 min, le débit oscille entre un minimum de 500 à 20 l/s et un maximum de 1 800 l/s (Bailly-Comte, *et al.* 2018). Son fonctionnement s'explique par la mise en relation du réservoir et de la conduite de vidange par des appels d'air (ou conduite de prise d'air) (figure ci-dessous de Bertrand *et al.*, 2002). En période d'intermittence, le débit maximal enregistré est de 1,8 m^3/s puis redescend à 0,02 m^3/s (Bertrand *et al.*, 2002). Ce phénomène est expliqué en faisant intervenir deux conduits en relation avec le réservoir, dont un aspirant l'air à l'origine de l'intermittence par le passage à un écoulement diphasique (Mangin, 1975). D'autres études plus récentes expliquent les phénomènes d'intermittence par un apport d'eau indépendant du système de Fontestorbes. La variabilité des valeurs observées menées sur les périodes de 2006-2008 et de 2016-2018 montrent que la relation entre le débit à la source et le déclenchement des intermittences n'est pas univoque (Bailly-Comte, *et al.* 2018).

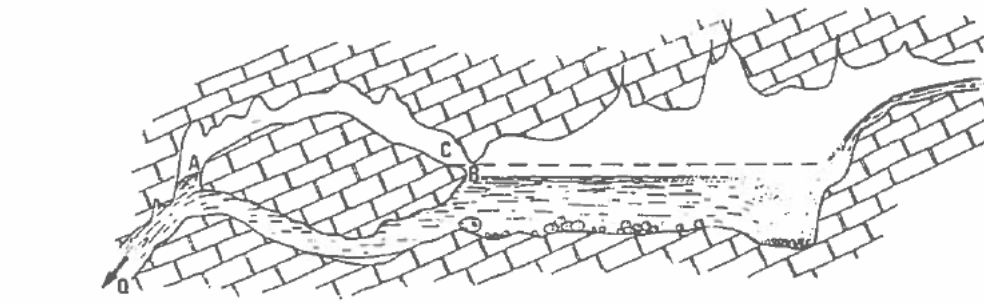
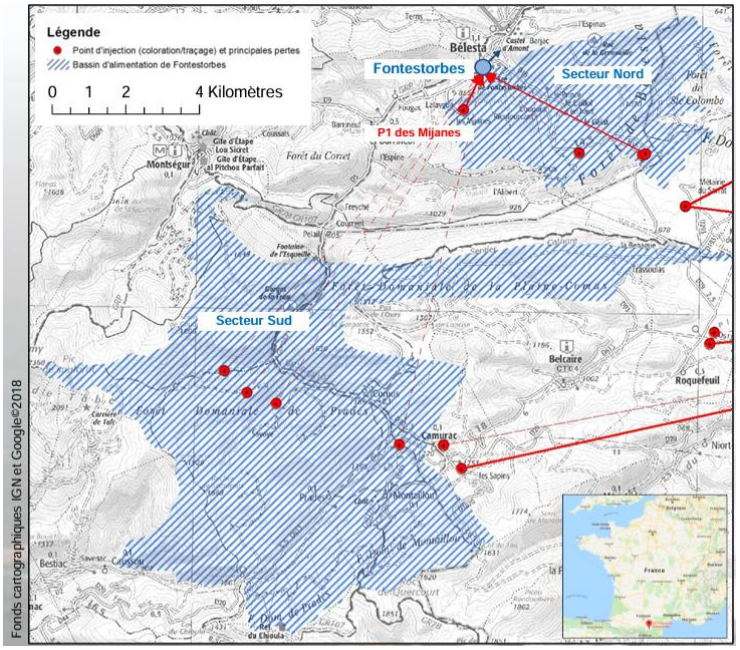


Figure 2 - *Schématisation du dispositif responsable du mécanisme d'intermittence :* q = débit d'alimentation - Q = débit de vidange - Galerie AB = conduite de vidange – Galerie AC = conduite de prise d'air
Lors de l'intermittence, la variation de niveau dans le réservoir s'effectue entre B et C.

Les nouvelles observations réalisées sur le système intermittent de Fontestorbes au niveau du puits P1 des Mijanes et à la source permettent de revoir le modèle de fonctionnement du mécanisme intermittent, ainsi que l'organisation du drainage à proximité de l'exutoire :

« Le débit est maximum à la source lorsque le niveau P1 est au plus bas. Certaines crues provoquent un pic unique de conductivité au P1 et un doublie pic à la source. Enfin, la relation entre le débit à la source et l'arrêt de l'intermittence n'est pas parfaitement univoque » (Bailly-Comte, *et al.*, 2019).



Bassin d'alimentation de la source de Fontestorbes (Bailly-Comte, *et al.*, 2019)

La traduction de ce nouveau modèle conceptuel en un modèle numérique basé sur une succession de 2 réservoirs linéaires et un fonctionnement à hystérésis permettent de reproduire la dynamique des observations au pas de temps de 2 min. Une nouvelle relation analytique est proposée pour comparer la période du phénomène au débit d'alimentation du réservoir à partir de ce modèle. Si ces nouvelles observations permettent de préciser la structure et le fonctionnement de ce système karstique en complément des autres études récentes basées sur la modélisation géologique 3D (Bailly-Comte *et al.*, 2023a), il reste à considérer ce mécanisme d'intermittence comme un phénomène hors du commun et évidemment bien plus complexe. Dans l'état actuel des connaissances, le principe de fonctionnement intermittent peut être reproduit par une approche conceptuelle simplifiée, mais de futures observations pourront préciser et peut-être corriger ce modèle de fonctionnement (Bailly-Comte *et al.*, 2023b).

Usages

Plusieurs aménagements ont été réalisés (muret, plate-forme goudronnée, panneaux d'information) afin de permettre un accès facile au porche de la source, dans le cadre d'un usage touristique, notamment (MNHN & OFB, 2003-2023).

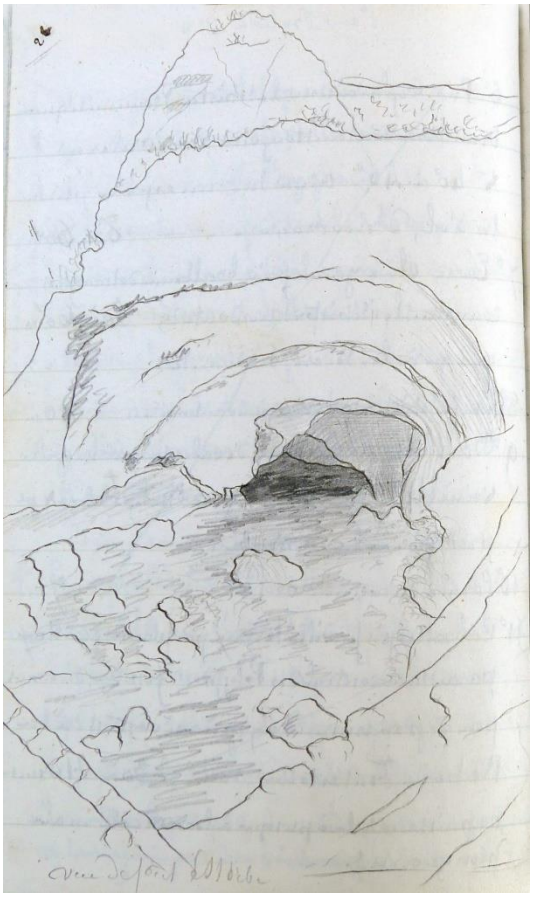
Dès les années 60, Fontestorbes a été l'objet de plusieurs études par le BRGM et le laboratoire CNRS de Moulis, notamment pour évaluer le potentiel d'exploitation de son aquifère karstique. Par exemple, l'étude sur « les possibilités de surexploitation d'aquifères karstiques pour soutenir en période d'étiage les débits de certains cours d'eau en Midi-Pyrénées » (1988) englobe Aliou et Fontestorbes. Elle est réalisée par le BRGM de Toulouse et le laboratoire CNRS de Moulis, sur une commande de l'Agence de l'eau Adour-Garonne en 1987. Étant donné l'étendue de sa réserve, l'aménagement proposé fut un pompage à fort débit positionné à l'amont du karst noyé (Astruc, *et al.* 1988).

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

La fontaine intermittente de Fontestorbes est connue depuis l'Antiquité par les textes. Il serait nécessaire d'étudier la bibliographie du site. En 1780, le père Planque de l'Oratoire de la Société des sciences de Toulouse publie « Observations sur la fontaine de Fontes-Orde, accompagnées de l'explication de tout ce qu'elle a de remarquable » (père Planque, 1780). Plusieurs figures y sont associées. L'abbé Pouech se rend à la fontaine de Fontestorbes en 1855. Il réalise un dessin de la source et en fait une description géologique.

La source est également utilisée dans la fabrication de la « limonade de Fontestorbes » depuis 1885.

L'oppidum du Mayné est connu par les recherches et travaux successifs de Jean Tricoire, puis de M. Mazon et de J.-l. Hygounet (Hygounet, 1984 ; Hygounet ey Rancoule, 1983 ; Rancoule, 1976 ; Trivoire, 1948). Situé sur un éperon rocheux surplombant la fontaine de Fontestorbes, cet habitat en terrasses du second Âge du Fer (450/50 avant JC.) semble correspondre à un relais commercial. Le mobilier archéologique comprend une très grande quantité d'amphores italiques à vin notamment de type " Dressel 1 ", des céramiques communes et d'importation, ainsi que de nombreux objets en fer et en bronze (armes, outils, monnaies, objets de parure, etc.). Son étude indique une occupation relativement courte, autour du début du I^er^ siècle avant notre ère (Gardes et Le Dreff, depuis 2016).



DESSIN DE LA SOURCE PAR JEAN-JACQUES POUECH, CARNET CONSERVE AUX ARCHIVES DEPARTEMENTALES DE L'ARIEGE (71 J 243), P. 28.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION

« La capacité du réservoir souterrain du système karstique de Fontestorbes permet d'envisager son exploitation pour l'alimentation en eau potable. La mise en place d'ouvrages de captages constitue un risque non négligeable pour le maintien du phénomène d'intermittences, en fonction de leur zone d'implantation. Dans ce contexte, la protection du site se révèle nécessaire pour conduire de tels aménagements et rendre compatible l'exploitation des réserves d'eaux souterraines avec le maintien d'un site unique en Europe. » (Bertrand, *et al.*, 2002, p. 80).

VOLET CONNAISSANCE

Selon le premier rapport sur la création de la RNNS (Bertrand, *et al.* 2002), l'intérêt scientifique est avant tout dans le phénomène d'intermittence de la fontaine. Cette source est utilisée comme référence pour son fonctionnement et sa régularité unique au monde (MNHN & OFB, 2003-2023). Les travaux de Bailly-Comte *et al.* émettent des pistes pour poursuivre la compréhension de ce réseau.

VOLET VALORISATION

Du point de vue de l'hydrogéologie, il s'agit d'un exemple de source intermittente majeure dans la compréhension du fonctionnement d'un système karstique. Elle constitue aussi un support pédagogique important dans la gestion des ressources en eau (MNHN & OFB, 2003-2023).

Du point de vue de l'archéologie, l'oppidum du Mayné pourrait faire l'objet d'une valorisation pédagogique.

LA GROTTE DE ROC SAINT MARTIN

ou grotte de L'Herm

ID = 11

							
Patrimoine naturel - intérêt		+++	++	+	+	++	+
Menace et/ou Vulnérabilité Responsabilité	oui ---- --	X Internationale					
Valorisation et pédagogie scientifique		Intérêt fort					
Science et recherche		Intérêt fort					



Entrée inférieure de la grotte de l'Herm © PNRPA



Intérieur de la grotte, à l'entrée de la cavité © PNRPA

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

APPB

FR3800250 -1991

Réseau souterrain de la grotte de l'Herm

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1

ZNIEFF 730014019
Le Plantaurel entre Foix et Lavelanet

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012019
Le Plantaurel

NATURA 2000

Site NATURA 2000

Directive "Habitats, faune, flore"

FR7300842 - Pechs de Foix, Soula et Roquefixade, grotte de l'Herm

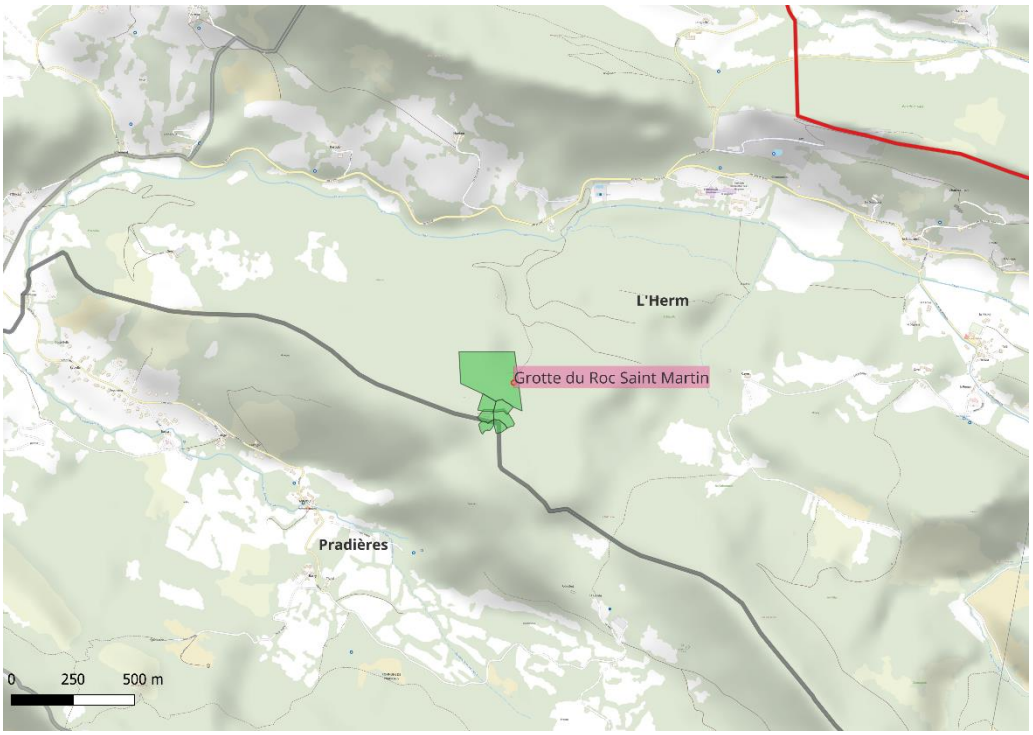
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	L'HERM et PRADIERES	**Ensemble géographique**	Les Petites Pyrénées et le Plantaurel
Parcelles concernées	6 parcelles toutes appartenant au même proriétaire privé.	**Surperficie planimétrée**	6 ha

Localisation du site

(IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux & usages en surface

La grotte de l'Herm est située sur le versant nord de la vallée de l'Herm à l'ouest du village de l'Herm et au sud de la ferme de St Bernard. Elle se situe en milieu boisé : la hêtraie-sapinière est entretenue par le propriétaire privé. Un sentier mène aux deux entrées de la grotte : aux deux entrées des panneaux d'interdiction d'entrée sont installés depuis l'APPB. La forêt est parcourue par les promeneurs, chasseurs et pour la cueillette de champignons, lorsqu'elle est autorisée par le propriétaire.

Gestion existante et enjeux connus en surface

La mise en protection par arrêté préfectoral de protection de biotope depuis 1991 a été partiellement suivie d'effet. A ce jour, deux panneaux sont installés et, dans le cadre d'un chantier bénévole sous l'impulsion du nouveau propriétaire M. Ridoire, des travaux pour rehausser le mur principal et ainsi limiter un peu les entrées inopinées ont été effectués. Malgré ces travaux, les suivis réalisés actuellement par l'OFB démontrent que la cavité reste fréquentée en période d'interdiction alors même qu'il s'agit d'une propriété privée. Ainsi, le mur d'entrée a été en partie délité, de nombreuses atteintes à la grille et sa chaine ont été perpétrées et les panneaux d'information arrachés. Des marqueurs de feux (anciens foyers) sont régulièrement observés devant le porche ou dans le site. Une grille de mise en défens a été installée en 2021 pour renforcer la sécurité du site. Le site est en gestion Natura 2000 « Pechs de Foix, Soula et Roquefixade, Grotte de L'Herm », de la Directive Habitats de 1992. La gestion en a été confiée à l'ANA-CEN Ariège.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif Plantaurel

Altitude entrée 660 m **Développement** 700 m **Profondeur**

Description cavité

Avec un développement d'environ 700 mètres, la grotte de l'Herm présente de vastes salles et un réseau de galeries plus ou moins labyrinthiques. Deux entrées permettent d'y accéder (Bertrand, et *al.*, 2002) ; les entrées sont fermées par un portail pour l'une, un muret et une grille pour l'autre.

Les galeries présentent des formes spéléogéniques de type paragenèse qui témoignent d'un creusement des conduits du bas vers le haut. Cela peut résulter de l'évolution tectonique du massif ou de l'histoire polyphasée du réseau hydrographique de surface.

La présence de colonies de chauves-souris se remarque dans la grotte par la présence de guano et des phénomènes de biocorrosion dans la cavité qui se manifestent par la présence de coupoles atteignant parfois plusieurs mètres de diamètre et 1m de profondeur.

Géologie Calcaire

Hydrogéologie / substrat

La description géologique détaillée la plus récente est celle fournie par l'abbé Pouech en 1862 (Pouech, J 71). L'auteur décrit la cavité dans un karst de « calcaire marin, gris roux, compact rempli de madrépores, de spongiaires, et autres corps marins silicifiés et appartenant à l'avant-dernier étage de la formation crétacée ». La feuille de Foix n°1075 (Bilotte, et *al.*, 1988b) confirme cette identification du substrat avec la description de calcaires à faciès urgonien (Albien moyen). Pour l'abbé Pouech, elle représente un accident tectonique (Pouech, J 71). Aujourd'hui fossile, ce réseau ferait partie du système karstique unaire de Busca. Ses réserves, ne semblant pas être très conséquentes, n'ont fait l'objet d'aucune étude hydrogéologique (Salic, 1895). La présence de gours témoigne d'une circulation d'eau d'infiltration, provenant de la galerie pentue. Dans cette même galerie, un remplissage de gélifracts témoigne d'une intrusion de cailloutis calcaire provenant d'une ancienne entrée (Cuypers, et *al.*, 2021).

Sédimentologie

L'équipe du musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco (Patrick Simon et Suzanne Simone) a réalisé 10 prélèvements : dans le secteur N du réseau, à l'entrée principale et dans le secteur S du réseau. Dans le détail, on peut noter que le plancher C1n les concrétions O1 et O3 et la brèche O2 sont fortement carbonatés, les limons argileux B, C, C2 et S1 ont des taux moyens à faibles. Valeurs quasiment nulles des niveaux D et S1 sont dues à des phénomènes locaux (lessivage par eaux météoriques, décarbonatation…). La granulométrie a été faite sur le résidu siliceux après décalcification. Les sédiments sont dans l'ensemble des limons argileux peu sableux.

Trois types de sédiments sont présents dans la grotte du Roc Saint Martin :

- Faiblement classés, à asymétrie négative, mal triés, très platykurtiques et à facteur hydrodynamique absent : sédiment non réglé
- Moyennement classés, asymétrie très négative, mal triés, platykurtiques et à facteur hydrodynamique absent : sédiment caractéristique d'un limon de grotte remaniée
- Bien classés, à asymétrie très négative, très bien triés, leptokurtiques et à facteur hydrodynamique certain : sédiment fin montrant des indices de classement hydrodynamique.

La diversité sédimentologique de ces différents échantillons révèle que la grotte du Roc Saint Martin a dû subir une évolution longue et complexe (Simon et Simone, 1995-1996).

Biocorrosion

La grotte du Roc Saint Martin a un fort potentiel dans l'étude du phénomène de la biocorrosion : des observations de « flûtes » (cylindres creux témoignant d'anciens essaims), des concrétions (gours, piliers stalagmitiques, etc.) réduites par l'attaque chimique du guano, des alvéoles issues de la corrosion. Les phénomènes de biocorrosion semblent se manifester encore aujourd'hui mais de manière plus localisée (Cuypers, et *al.*, 2021). Plusieurs études et analyses ont été engagées :

1. Prélèvements d'une carotte sur les guanos anciens et plus « modernes » pour faire des analyses de pollens, de biomarqueurs lipidiques et d'isotopes en le 23 septembre 2022 ;

2. Sujet de master 1 par L. Bianchi sur biomarqueurs lipidiques de la carotte de guano ;
3. Analyse des biomarqueurs moléculaires préservés dans les accumulations de guano par J. Jacob (LSCE) pour extraire des informations paléoenvironnementales ;
4. Analyse des biomarqueurs et isotopes des tas de guano pour reconstituer la variabilité climatique récente sur la grotte de l'Herm (régimes des précipitations, changements de températures etc.) (Bruxelles, dir., 2022).

Usages

La grotte est fermée d'accès par l'APPB compte tenu de la présence de chauves-souris. La pratique sportive de la spéléologie et tout autre accès à la cavité n'y sont autorisés que du 16 au 31 mars et durant le mois de septembre.

La grotte est cependant victime de fréquentation sauvage. On relève d'ailleurs au niveau de l'entrée inférieure des traces de feu récent.

La grotte présente aussi des gisements préhistoriques (squelettes humains et outils) et paléonthologiques (squelettes d'Ursus et autres animaux) et elle est ainsi suivie par les archéologues.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

La grotte de l'Herm renferme une faune d'invertébrés souterrains abondante et diversifiée, composée notamment d'espèces endémiques caractéristiques de la partie orientale de l'Ariège. Deux milieux sont présents dans cette grotte :

- Milieu terrestre, très diversifié : éboulis, concrétions, planchers stalagmitiques.
- Milieu aquatique, limité à des suintements et des petits gours temporaires dans l'ensemble de la cavité.

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	12	Bon	
Arachnides	9	Assez bon	Ne sont traitées que les araignées, les autres ordres ne sont pas connus du site.
Coléoptères	6	Bon	D'autres endogés peuvent exister aux entrées
Myriapodes	1	Faible	(Bertrand et *al.*, 2002)
Crustacés	2		(Bertrand et *al.*, 2002)

ENJEUX NATURALISTES

LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ **Les suivis de cavités**

La grotte de l'Herm est une des grottes historiques d'Ariège pour le suivi des chiroptères. Elle a été très étudiée notamment par le célèbre biologiste Norbert Casteret qui y a bagué nombre d'individus de plusieurs espèces entre 1939 et 1966.

D'autres suivis chiroptérologiques ont été mis en place à partir de 1986, en été et en hiver durant une dizaine d'années, puis, comme beaucoup d'autres sites d'Ariège, ces suivis ne reprendront de façon répétée qu'à partir du début des années 2010 jusqu'à aujourd'hui.

- **Suivi de l'hibernation** : chaque année, entre mi-janvier et mi-février, ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie, bien souvent en partenariat avec l'OFB.
- **Suivi du transit** : pas de suivi durant cette période alors que l'on sait que les chauves-souris sont encore bien présentes en septembre/octobre dans la cavité. Il serait important d'instaurer des passages pour effectuer des suivis à cette période, ainsi qu'au printemps.

- **Suivi de la reproduction** : le suivi est effectué par les membres de l'ANA-CEN Ariège et du CEN Occitanie à la faveur de deux comptages en période de mise-bas (pour les Murins de grande taille et les Minioptères de Schreibers).

❖ Les opérations de captures au filet

Si ce n'est les opérations historiques de baguages des années 1950 disponibles dans les registres du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), la seule capture à notre connaissance vient d'être réalisée en aout 2020 dans le cadre du programme mené par le Labex ECOFECT (programme d'épidémio-toxicologie sur les chiroptères) suite à des mortalités anormales en période de mise-bas. Les résultats sont en attente.

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 1986 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

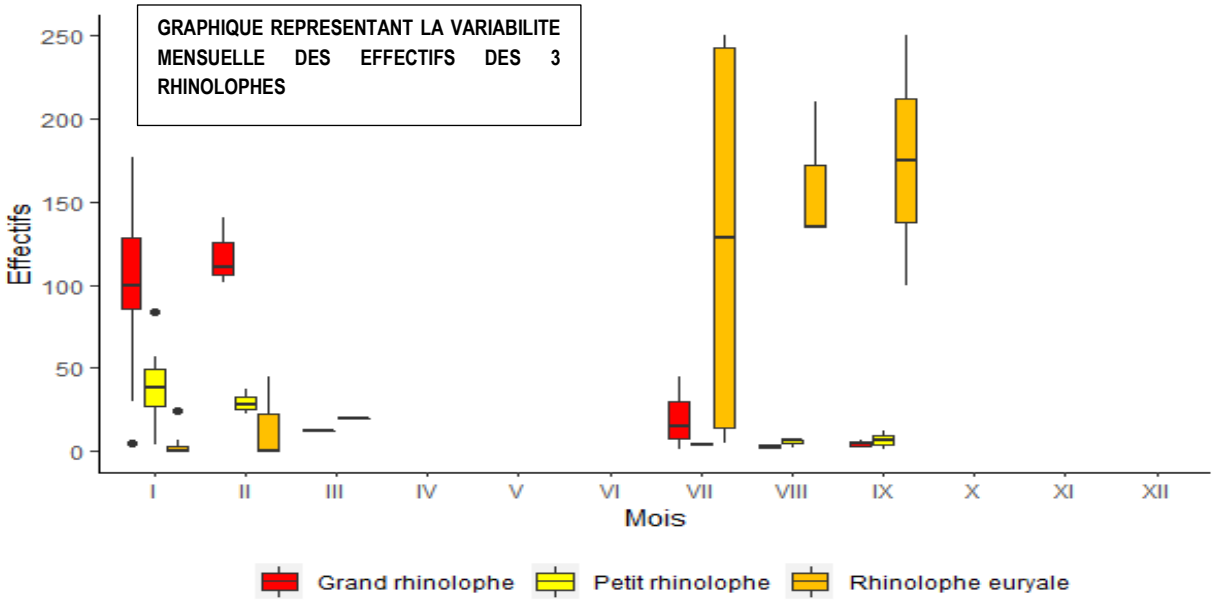
Nom vernaculaire	Nom scientifique	D	R / E	H	T
Barbastelle d'Europe	***Barbastella barbastellus***		**X**	**0-2**	**X**
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***		**0-7**	**4-35-84**	**(1-6-12 ; 1986/1987)**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***		**0-45**	**5-97-178**	**(2-4-7 ; 1986/1987)**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***		**0-250**	**1-6-45**	**(100-175-250 ; 1986/1987)**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***		**2000-5005-10000**	**16-4673-10000**	**(10000 ; 1987)**
Murin à oreilles échancrées	***Myotis emarginatus***		**X**	**0-3**	**(1 ; 1987)**
Murin à moustache	*Myotis mystacinus*		X	**0-7**	
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***		**0-1185-3500**	**0-10**	**(1300-1900-2500 ; 1986/1987)**
Murin de Capaccini	***Myotis caaccinii***	(1;12/1939)	?	?	?
Murin de natterer	*Myotis nattereri*		X	**0-3**	X
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*		X	0-4	X
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*		X	0-1	X
Nombre d'espèces	12	1	5	11	6

PHENOLOGIE. La grotte de l'Herm est utilisée par les chiroptères durant toute l'année. Les périodes principales d'occupation sont l'été et l'hiver, mais les informations recueillies, notamment par le CDS09 durant les périodes d'autorisation de pénétration (APPB) soulignent la présence d'un grand nombre d'individus à l'automne.

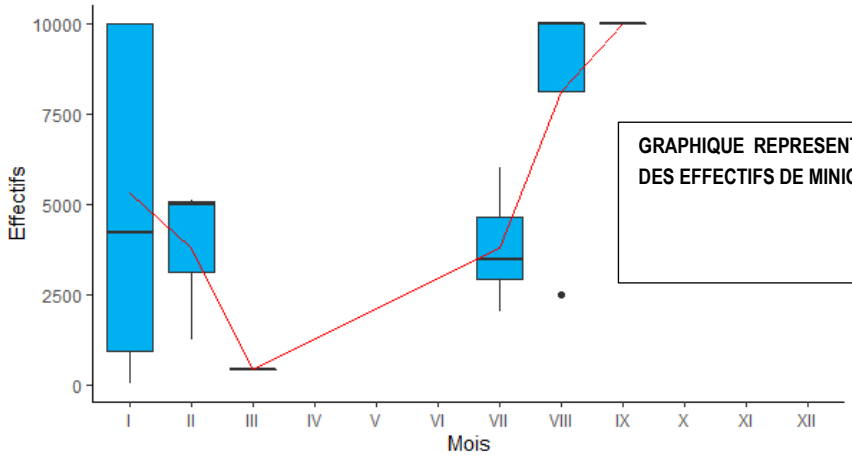
Durant l'été, la plus importante colonie cavernicole de mise-bas du département séjourne dans la grotte de l'Herm, avec environ 3 800 Minioptères de Schreibers, 900 Murins « de grandes tailles » et plusieurs centaines de Rhinolophes euryales. Concernant le Rhinolophe euryale, même si nous comptons des individus en sortie (notamment par la sortie du haut), le statut reproducteur n'est pas connu et il sera important de savoir s'il y a bien mise-bas dans la cavité. A cette période, la colonie est souvent située dans la grande salle après le rappel mais s'est trouvée en 2020 au milieu du réseau « horizontal », entre les deux entrées.

Comme sur beaucoup de sites, la fréquentation par les espèces durant les périodes de transit est très mal connue et il est donc difficile d'évaluer l'importance du rôle de la grotte au printemps et à l'automne.

En hiver, le porche d'entrée, plutôt froid et bien concrétionné, offre un refuge pour une diversité intéressante d'espèces. Plus loin dans la cavité, le plus souvent dans la partie inférieure (après le rappel), hiberne une importante colonie de Minioptères de Schreibers, mais dont la présence ces dernières années semble assez fluctuante. On y trouve aussi un essaim de Grands rhinolophes et quelques dizaines de Rhinolophes euryales ces deux dernières années.



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DES 3 RHINOLOPHES



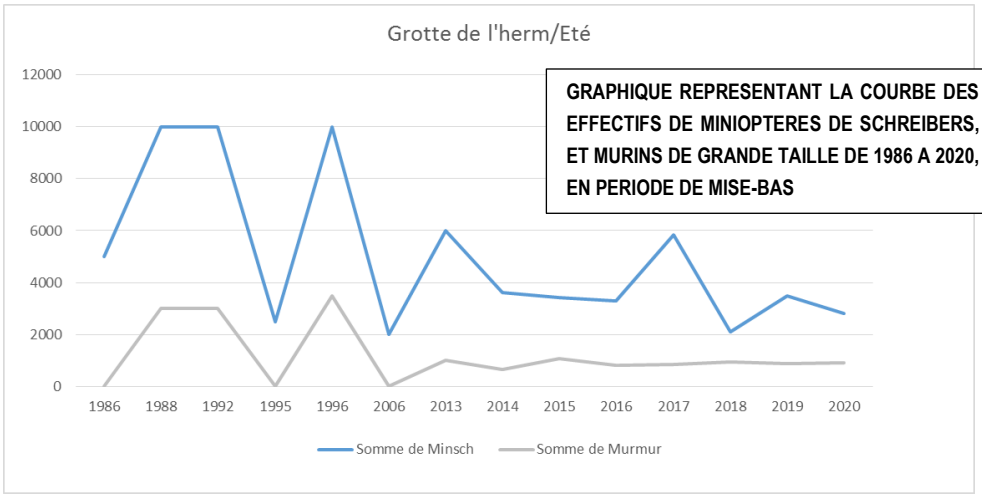
GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS

TENDANCES. Il s'agit probablement du site de mise-bas le plus important du département pour le Minioptère de Schreibers avec des effectifs moyens les 35 dernières années de 5 005 individus reproducteurs et 4 600 hibernants (entre 2013 et 2020, la moyenne s'établit à 3 800 reproducteurs et 2 225 hibernants).

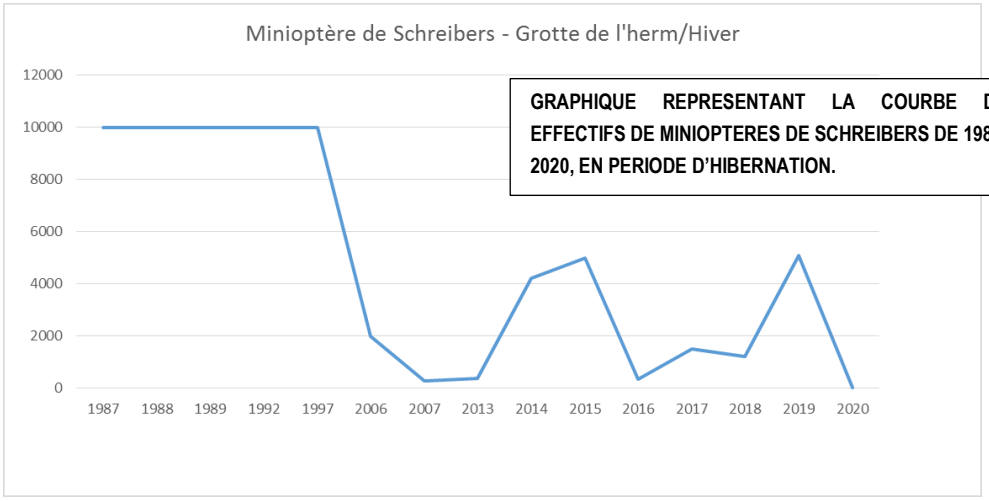
Pour cette espèce, les suivis dans la grotte de l'Herm réalisés depuis plusieurs décennies montrent que le Minioptère y est en diminution nette et constante. Par ailleurs, les fluctuations hivernales interannuelles sont très importantes allant jusqu'à l'absence totale de l'essaim d'hibernation certaines années (2016, 2020).

Concernant les Murins de grande taille, il semblerait, malgré des effectifs moyens plus élevés durant les années 80 et 90, que les effectifs soient plutôt stables en période de mise-bas (autour de 900 individus).

Dans cette cavité en été, il est difficile d'estimer les effectifs de Rhinolophes euryales qui sont pourtant bien présents mais dont les chiffres ne permettent aucune évaluation des tendances.

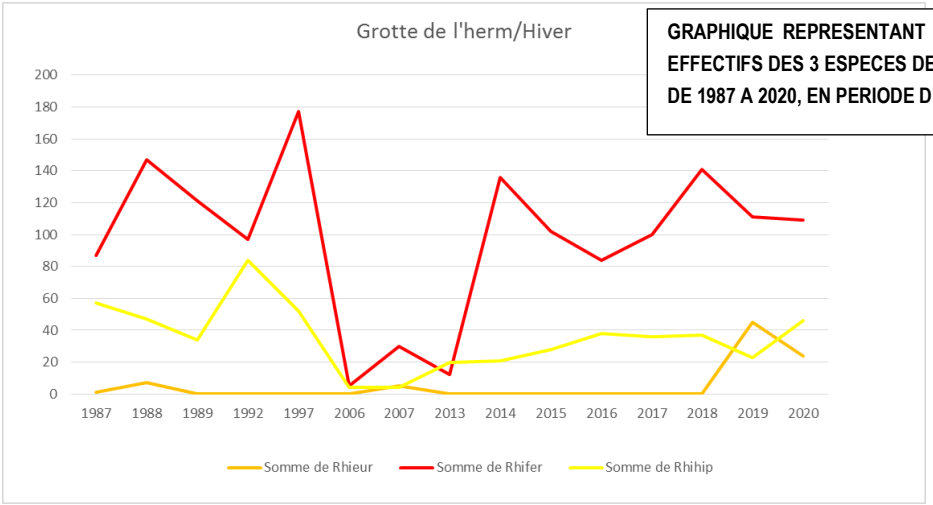


GRAPHIQUE REPRESENTANT LA COURBE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS, ET MURINS DE GRANDE TAILLE DE 1986 A 2020, EN PERIODE DE MISE-BAS



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA COURBE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS DE 1987 A 2020, EN PERIODE D'HIBERNATION.

En hiver, les effectifs de Rhinolophes semblent globalement stables, à quelques détails près. Certaines fluctuations importantes (G. rhinolophe entre 2006 et 2013) peuvent venir d'un biais majeur : les observateurs n'ont pas systématiquement descendu le ressaut de 10m en rappel, et c'est en bas que se trouve normalement une partie importante des Grands rhinolophes. Ces dernières années, le Petit rhinolophe semble être en légère augmentation, et un petit nombre de Rhinolophes euryales y hibernent depuis deux ans.



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA COURBE DES EFFECTIFS DES 3 ESPECES DE RHINOLOPHIDES DE 1987 A 2020, EN PERIODE D'HIBERNATION.

MENACES. La grotte de l'Herm est une cavité bien connue des spéléologues et des habitants du secteur. La fréquentation *a minima* en période d'autorisation (hors APPB) est assez importante et demeure la menace principale pour les chiroptères sur ce site.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. La cavité est connue de longue date par Racovitza et Jeannel qui ont récolté des arachnides pour Eugène Simon. Les premières récoltes datent de 1906 (Simon, 1910) et les principales espèces ont été identifiées. Dans les années 1920, c'est Louis Fage qui revient sur les échantillons et parfois sur les traces des deux célèbres biospéléologues. Enfin, entre 1950 et 1960, ce sont Denis et Dresco qui à leur tour mettent à jour l'inventaire. Les récoltes récentes remontent à 2014. Depuis, des captures régulières ont lieu lors de chaque suivi et comptage des chiroptères, sans avoir mis en place un inventaire spécifique pour autant. Des données anecdotiques sur les Pseudoscorpions ou Acariens sont aussi disponibles ; ces espèces semblent à large répartition et non liées au milieu souterrain.

RICHESSE SPECIFIQUE. Avec 9 espèces dont 3 opilions, on obtient un cortège moyen d'espèces troglophiles, généralement assez communes localement et pour certaines à plus large répartition. Citons simplement les espèces de *Tetragnathidae* et la classique *Nesticus cellulanus*. *Leptoneta infuscata* présente une très forte population, de tous âges et toute l'année. Elle se maintient en nombre surtout dans la partie amont de la grotte (vers la sortie haute) qui est plus sèche. Cette espèce a été très étudiée pour ses populations lucifuges, ce qui est le cas à l'Herm avec des individus récoltés à plus de 500m de l'entrée et ses populations sub-lucicoles, qui s'accommodent d'une semi-obscurité. La transition et l'adaptation des individus a occupé un certain nombre de naturalistes (Simon, 1910 ; Fage, 1913).

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X		Pyrénées	2019	Déjean
		Birgerius microps	X			Pyrénées	2019	Déjean
	Linyphiidae	*Diplocepalus lusiscus*	X				1906	Simon, 1910
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X			2015	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta menardi*		X			2015	Déjean
		Metellina merianae		X			2015	Déjean
Opilions	Ischyropsalidaae	*Ischyropsalis luteipes*		X		Pyrénées et Massif central	2019	Déjean et Danflous
	Nemastomatidae	*Nemastomella bacillifera*		X		Sub-endémique	1906	Simon, 1910
	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*		X		Pyrénées	2019	Déjean et Danflous
Pseudo-scorpion	Chthoniidae	*Chtonius tenuis*					1905	Simon, 1907
Mesostigmata (Acarien)	Parasitidae	*Pergamasus crassiper*						(Bertrand et *al.*, 2002)

L'opilion *Nemastomella bacillifera* n'a pas été revu depuis 1906, mais il est assez commun dans toute la chaîne des Pyrénées pour y être retrouvé à l'avenir, sans trop de doute.


Diplocephalus lusiscus © P. Oger

Les deux dernières espèces du tableau sont remarquables et de plus grand intérêt. *Birgerius microps*, toujours rare en individus propose une répartition décousue. Sa taille le rend difficile à observer, depuis le début des prospections, il n'a été noté qu'en 1919 sur une seule femelle (Fage, 1931). Nos prospections récentes n'ont permis de le contacter qu'une seule fois en 6 ans, là aussi par 2 femelles. L'espèce affectionne les grosses pierres stables très humides au contact du sol ; la grotte de l'Herm montre peu de zones inondées : hormis des suintements, elle est globalement assez sèche.

Enfin, il faut évoquer la présence d'une autre espèce aux yeux réduits, bien adaptée à la vie souterraine, *Diplocephalus lusiscus.* Elle a été découverte lors des premières visites en 1906 (Simon, 1910), puis jamais retrouvée depuis. Des recherches poussées et minutieuses pourraient permettre de le recontacter, peut-être aux alentours des tas de guano qui attirent d'autres invertébrés, mais ces recherches devront être menées en dehors des périodes de présence des chauves-souris.

COMMENTAIRE. Comme évoqué, le site présente de nombreuses conditions de vie et micro-habitats favorables à un cortège diversifié d'espèces. Son développement d'environ 700m laisse une grande place à la diversité, mais ses volumes sont difficiles à prospecter. Entre obscurité totale et porche d'entrée, suintements et parties plus sèches, parois et rochers au sol, d'autres espèces doivent pouvoir exister dans cette grande grotte.

Les espèces troglophiles sont facilement observées à chaque sortie, mais les plus lucifuges sont anecdotiques. Elles représentent cependant les enjeux les plus forts en ce qui concerne les arachnides. Il est impossible à l'heure actuelle de connaître les tendances de ces espèces étant donné les rares observations qui en sont faites.

- LES COLEOPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION. Cette grotte est très anciennement connue des entomologistes en raison de son accès aisé et de sa proximité de Foix. Abeille de Perrin (1872) par exemple cite déjà des récoltes dans la « Grotte de l'Hern » notamment « *Adel. Saulcyi n.sp. Pholeuon Querilhaci ; devant l'entrée Scotodipnus Pandellei Saulcy* » (*comprendre Speonomus longicornis hermensis, Anthrocharis querilhaci* et *Hypotyphlus pandellei*). Elle est aujourd'hui assez peu visitée par les entomologistes car la grotte est habituellement fermée et la faune présente semble bien connue et visible, quoi que peu abondante, en une seule visite avec un effort de prospection adapté.

RICHESSE SPECIFIQUE. En rouge, les localités type.

Six espèces sont signalées dont les deux espèces les plus remarquables sont *Speonomus longicornis hermensis* et *Geotrechus vulcanus hermensis* dont des sous-espèces sont décrites de cette grotte.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Leiodidae	*Speonomus longicornis hermensis*	X		grotte	20/03/2018	Cédric Alonso
	Bathysciola ovata		X	Pyrénées	3/09/2014	Olivier Courtin
	Anthrocharis querilhaci	X		Ariège	? < 2010	(Déliot, s.d)
Carabidae	*Geotrechus vulcanus hermensis*	X	X	grotte	20/03/2018	Cédric Alonso
	Hypotyphlus pandellei		X	Pyrénées	? < 2010	(Abeille, 1872)
	Laemostenus oblongus		X	/	20/03/2018	Cédric Alonso

En rouge : grotte dont c'est la localité type

COMMENTAIRE. Anthrocharis querilhaci mérite d'être confirmé car il ne semble pas avoir été mentionné récemment, peut-être par manque d'intérêt des prospecteurs. *Laemostenus oblongus*, guanophile, et *Bathysciola ovata*, humicole, sont fréquents et probablement aussi abondants dans la forêt adjacente. *Hypotyphlus pandellei* est à rechercher par

tamisage de litière aux entrées de la grotte pour rafraichir sa donnée de présence et approfondir la connaissance des arthropodes humicoles du secteur.

- LES CRUSTACEES ET MYRIAPODES

Le projet de RNNS de 2002 (Bertrand, et *al.*, 2002) mentionne deux espèces présentes dans la grotte de l'Herm, notamment dans les zones d'infiltration d'eau que constituent les flaques :

Myriapodes - Diplopodes : *Blaniulus lorifer consoranensis*

Crustacés : Cyclopide (Copepodes) : *Speocyclops racovitzai* * *(stygobie)*

- LES ISOPODES TERRESTRES

Données récentes : *Phymatoniscus tuberculatus tuberculatus*

Mentions historiques : *Trichoniscoides modestus* Racovitza, 1908, *Trichoniscus provisorius* Racovitza, 1908

Deux espèces patrimoniales sont citées, *T. modestus* n'ayant pas été revu de manière certaine sur la période récente. Son maintien serait à confirmer par des inventaires plus poussés.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Cette cavité est connue depuis le XIXe siècle pour son patrimoine archéologique et paléontologique, même si elle a beaucoup souffert des exploitations de phosphates à la fin du XIXe siècle. Elle fait partie du patrimoine historiographique de la discipline préhistorique (Noulet, 1874)

L'abbé Pouech s'est rendu à de très nombreuses reprises dans la grotte de l'Herm de 1847 à 1861 et y engagea des fouilles (Pouech, J 71). Dès 1847, il trouve un squelette humain entier couché le long de la paroi de la grotte. En parallèle, D'autres fouilles y ont lieu (M. Alzieu, Médecin de Foix , Félix Garrigou, Henri Filhol et M.Rames en 1862 ; . Jean-Baptiste Noulet entre 1862 et 1865). En 1992, le musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco entreprend des sondages avec l'accord du Ministère de la Culture sous la direction de fouilles de Patrick Simon et Suzanne Simone (Simon et Simone, 1995-1996). Marc Comelongue, archiviste aux archives municipales de Toulouse, est le spécialiste de l'historiographie de la grotte. Il a une connaissance précise de toutes les interventions et de la localisation d'une partie des collections éparpillées partout dans le monde.



Entrée de la grotte de l'Herm, par Jean-Jacques Pouech, carnet conservé aux archives départementales de l'Ariège (71 J 246), p. 38.

En 1894, Arthur Caussou commence l'exploitation du remplissage (phosphates) comme engrais. Des marqueurs de cette ancienne exploitation sont encore visibles : le sentier qui mène à la grotte se situe sur l'ancien chemin de fer, et le mur bloquant partiellement l'accès à la grotte tient son origine de cette ancienne exploitation minière (Cuypers, et *al.*, 2021). Des galeries ont ainsi été décaissées sur au moins 1 m d'épaisseur. De plus, le plancher de la salle de l'Ossuaire (ou

Ovale) a été défoncé pour en extraire les phosphates. Les gours présentent également des traces d'incision, réalisées quand ils étaient encore en eau. Ces entailles peuvent être le témoin d'un usage de la grotte comme une réserve d'eau (citerne).

Robert Simonnet réalise plusieurs opérations de terrain entre 1961 et 1970. Il mentionne une probable exploitation de guano au XIXe siècle : « Diverses sources indiquent qu'au XIXe siècle, les paysans retiraient des grottes des matières enrichissantes pour leurs terres. Avant 1840, on allait chercher du guano de chauve-souris dans les galeries de l'Herm, assez loin dans la grotte si l'implantation des essaims était la même qu'aujourd'hui. » (Simonnet, 1980).

Archéologie

La grotte de l'Herm a livré deux phases d'occupations bien distinctes :

- Phase moustérienne de tradition acheuléenne avec une industrie extrêmement rare au regard de la faune (Documentation Service Régional de l'Archéologie, l'Herm)

Pendant l'exploitation de phosphates, Arthur Caussou découvre une sépulture avec du mobilier funéraire : collier de perles plates en os, 5 bracelets, massifs dont 4 à décor gravé, racloir triangulaire, perles en bronze. Il prélève les « beaux objets » comme des quartzites taillés dont deux bifaces aujourd'hui disparus.

Jean Guilaine détaille le dépôt : 5 bracelets liés à une sépulture d'une femme, les bras et les chevilles et un collier, un grand nombre de perles en os et une perle globuleuse blanche, ne bague en bronze (Documentation Service Régional de l'Archéologie, l'Herm).

Au muséum d'histoire Naturelle de Toulouse sont conservés un chopper, un biface et un hachereau. Sans doute ceux découverts par Emile Cartailhac en 1894 : pierre en quartzite noir finement taillé de type classique 3 pièces + un éclat (grattoir ?).

La collection de Robert Simonnet se compose de racloir double retouche, de grattoir caréné, de racloir à retouche biface, d'éclats de galets, de fragment de nucleus…

- Phase d'occupation de l'âge du Bronze avec une fonction funéraire (Documentation Service Régional de l'Archéologie, l'Herm)

Noulet découvre 300 pièces osseuses homo sapiens (30 individus enfants à adultes), tessons de poteries, anneau, canines percées de bœuf, sanglier, ours brun, poinçons, ciseaux, aiguilles en os, navette en os, perles en calcaire, tessons cannelés, lissoirs, haches polies en jade ou jadéite, grosses perles, fragments de quartzites (Noulet, 1874).

Paléontologie :

La grotte a également livré un important patrimoine paléontologique, notamment d'ours des cavernes *(Ursus speleaus)* qui en font une référence pour l'étude de ces grands mammifères contemporains de la Dernière Glaciation.

L'inventaire du muséum d'Histoire naturelle de Toulouse liste les espèces suivantes : *Homo sapiens* en quantité*, Ursus spéleaus, Ursus arctos, Felis spelaea* (lion des cavernes), *felis antiqua,* Hyène (beaucoup), renard, cheval, *coelodonta antiquitais* (rhinocéros laineux), loup, Bovidé : *ovis* ou *capra*, Léopard (*felis pardus*), Canis sp., Lapin (*leporidae*), Chat *felis catus*, martes, *Lepus* sp. Lièvre, Renne, cerf, *sus scrofa*.

La littérature très riche mentionne également le chien domestique, loutre, bœuf ordinaire (*taurus*), Auroch (*pricus*).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION

Site à fort enjeu chiroptère, avec de nombreuses perturbations liées à la fréquentation du site en période d'interdiction. Un arrêté préfectoral viendra prendre la place de l'APPB actuel lors de la création de la réserve, afin d'interdire l'accès de la cavité en période de présence des chauves-souris.

VOLET CONNAISSANCE

En lien avec le volet protection, un suivi des populations de chiroptères en période de transits permettrait d'évaluer l'importance du site.

VOLET VALORISATION

Des visites sont déjà organisées en partenariat avec le CDS09 en période autorisée et non sensible pour les chiroptères. Elles pourront se poursuivre si le propriétaire le permet. Le site reste d'une grande sensibilité ; un centre d'interprétation pourrait servir de base de sensibilisation au public.

L'HYPORHEIQUE RUISSEAU DU NERT

ID = 12

		
PATRIMOINE NATUREL - INTERET		+++
MENACE ET/OU VULNERABILITE	non	
VALORISATION ET PEDAGOGIE SCIENTIFIQUE	Intérêt fort	
SCIENCE ET RECHERCHE	Intérêt fort	

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012903
Massif de l'Arize, zone d'altitude

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012054
Massif de l'Arize

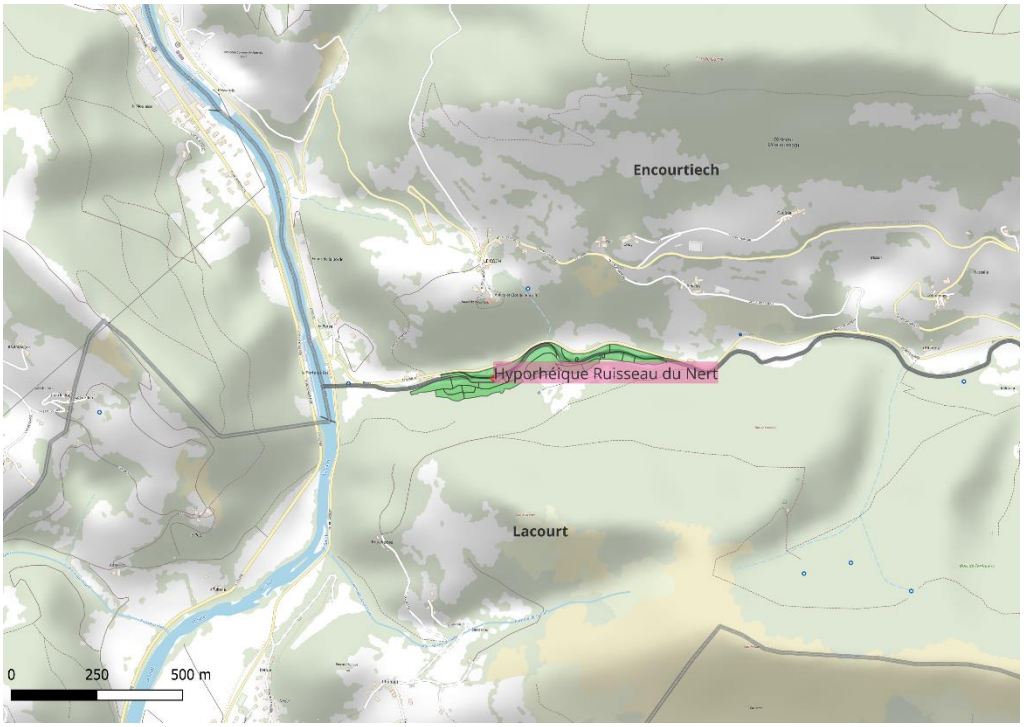
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Communes	LACOURT et ENCOURTIECH	**Ensemble géographique**	Sourroque et Arize
Parcelles concernées	25 parcelles	**Superficie planimétrée**	3.9 ha

Localisation du site

(IGN : 1 :8000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux et usages en surface

Le Nert est un ruisseau de classe 4 qui prend sa source sur la commune de Rivèrenert, dans les Pyrénées et rejoint le Salat, en rive gauche d'Encourtiech (EauFrance, 2017c). Il fait ainsi frontière entre les communes d'Encourtiech et celle de Lacourt. Il est alimenté par plusieurs affluents : le ruisseau de Fontaine Sainte, de la Coume d'Engat, de Rougé, d'Illas et des Touasses) (EauFrance, 2017c). Pour que l'ensemble du ruisseau soit compris dans la RNNS, il est nécessaire de tenir compte des parcelles cadastrales de chaque côté du ruisseau, sur Encourtiech en rive droite et sur Lacrout en rive gauche.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Aucune gestion n'est connue en surface.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Sourroque

Altitude	425 m	**Développement**	330 m	**Profondeur**	

Description site

Portion du linéaire du ruisseau du Nert de 330 m de longueur dont le sous-écoulement renferme le biotope hyporhéique, avec la station de référence n°16 la plus riche et étudiée durant une année, de

laquelle ont été extraits 21 668 crustacés et renfermant 20 espèces stygobies[43]. De plus, la nappe alluviale prospectée dans l'une des prairies a donné 14 espèces stygobies.

Des prospections en 2018 avec la méthode de sondage Bou-Rouch ont confirmé la présence du milieu hyporhéique et de sa faune à la station n°16 et ddes points de faune hyporhéique le long de la portion du ruisseau proposée en RNN.

Hydrogéologie / substrat

Le ruisseau du Nert coule sur un substrat dolomitique dénovien favorable aux circulations karstiques. Les eaux de surface sont la ressource importante du territoire de la région (Barrouquère, *et al.*, 1962). Entité hydrogéologique affleurante : calcaires du Dévonien moyen et supérieur du massif de l'Arize (EauFrance, 2017c)

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance
Crustacés	31	bon

ENJEUX NATURALISTES

- LES CRUSTACES

Efforts de prospection. A 0,6 m et 1 m de profondeur dans les sédiments du lit du ruisseau ont été collectés : Crustacés, Copépodes, Cyclopides ; Copépodes Harpacticides, 5 Amphipodes, des Isopodes, 1 espèce de Syncaride, des Ostracodes. D'autres groupes augmentant la biodiversité sont présents, mais les espèces n'ont pas été déterminées. Des espèces sont également présentes dans la nappe alluviale sous la prairie longeant le ruisseau. Les stygobies représentent 82% des espèces dans l'hyporhéique et 87% dans la nappe alluviale

Richesse spécifique (Claude Bou).

Groupe zoologique	Nom espèces	Auteur description	Localité type	Captures déterminations	Bibliographie
Cyclopide	*Eucyclops serrulatus*			LS-NG,FLM,RR,AP	
	Paracyclops fimbriatus			LS-NG,FLM,RR,AP	GOURBAULT,
	Acanthocyclops stammer westphalicus	KIEFER, 1931		LS-NG,FLM,RR,AP	LESCHER-MOUTOUE, 1968
	Diacyclops bisetosus			LS-NG,FLM,RR,AP	
	Diacyclops languidoides			LS-NG,FLM,RR,AP	
	Graeteriella rouchi	LESCHER-MOUTOUE, 1968	Localité typique	LS-NG,FLM,RR,AP	ROUCH, DANIELOPOL 1999
	Speocyclops kieferi	LESCHER-MOUTOUE, 1968		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Speocyclops racovitzai	(CHAPPUIS, 1923)		LS-NG,FLM,RR,AP	DANIELOPOL, ROUCH,
	Microcyclops sp.			LS-NG,FLM,RR,AP	BOU, 1999
Harpacticide	*Parapseudoleptomesochra subterranea*	(CHAPPUIS, 1928)		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Nitocrella gracilis	CHAPPUIS, 1955		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Moraria pectinata			LS-NG,FLM,RR,AP	

[43] Qui habite exclusivement en eau souterraine

	Bryocamptus zschokkei			LS-NG,FLM,RR,AP	
	Bryocamptus pygmaeus			LS-NG,FLM,RR,AP	
	Bryocamptus minutus			LS-NG,FLM,RR,AP	
	Bryocamptus echinatus			LS-NG,FLM,RR,AP	
	Paracamptus schmeili	(MRAZEK, 1893)		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Parastenocaris dianae	CHAPPUIS, 1955		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Parastenocaris nertensis	ROUCH, 1990	Localité typique	LS-NG,FLM,RR,AP	
	Parastenocaris fontinalis meridionalis	ROUCH, 1991	Localité typique	LS-NG,FLM,RR,AP	
Isopode	*Microcharon rouchi*	COINEAU, 1968		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Stenasellus virei boui	MAGNIEZ, 1968		LS-NG,FLM,RR,AP	
Amphipode	*Salentinella petiti*	COINEAU, 1963		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Salentinella gineti *	BALAZUC,1957		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Parasalentinella rouchi	BOU, 1971		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Niphargus pachypus	SCHELLENBERG, 1933		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Niphargus gineti	BOU, 1965		LS-NG,FLM,RR,AP	
	Ingolfiella thibaudi	COINEAU, 1968		LS-NG,FLM,RR,AP	

Commentaires. Ci-dessous, la proposition d'évaluation de Claude Bou pour l'hyporhéique du ruisseau du Nert

STYGO - BIOTOPE	Espèces aquatiques	**Espèces stygobies**	**Localité typique**	**déterm. ZNIEFF**	**biodivers.**	**endém.**	**biotope**	**biosp.. Hist.**	**état conserv.**	**menace**
			nb. espèces		**proposition évaluation C.BOU (9/2018)**					
Hyporhéique	**29**	**18**	**3**	**16**	**xxx**	**xx**	**xxx**	**xxx**	**xx**	**x**

- AUTRES ESPECES

Trois vers ont été trouvés sur ce site : *Plagnolia vandeli* (de BEAUCHAMP & GOURBAULT, 1964), *Phagocata* sp., *Atrioplanaria* sp.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Afin de conserver les habitats des espèces trouvées dans le lit du ruisseau, les travaux sur les 6 parcelles en bordure de ruisseau seront interdits. Des préconisations de gestion des berges seront proposées dans le futur plan de gestion de la RNNS.

VOLET CONNAISSANCE.

Il parait essentiel de retrouver une excellente station de crustacés sur le linéaire du cours d'eau, ce qui tient à l'importance et la structure des sédiments du sous-écoulement.

VOLET VALORISATION.

L'accessibilité au site en fait un objet de valorisation pour le grand public ou bien les scolaires.

LA PERTE DU PORTEL

ID = 13

Patrimoine naturel - intérêt		+++	+	+	+
Menace et/ou Vulnérabilité Responsabilité	Oui ----	X Nationale			MPY1714 MPY1598
Valorisation et pédagogie scientifique	Intérêt potentiel				
Science et recherche	Intérêt fort				

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012905

Le Plantaurel : du Mas d'Azil à l'Ariège

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012019

Le Plantaurel

Site en gestion

ANA-CEN- 09

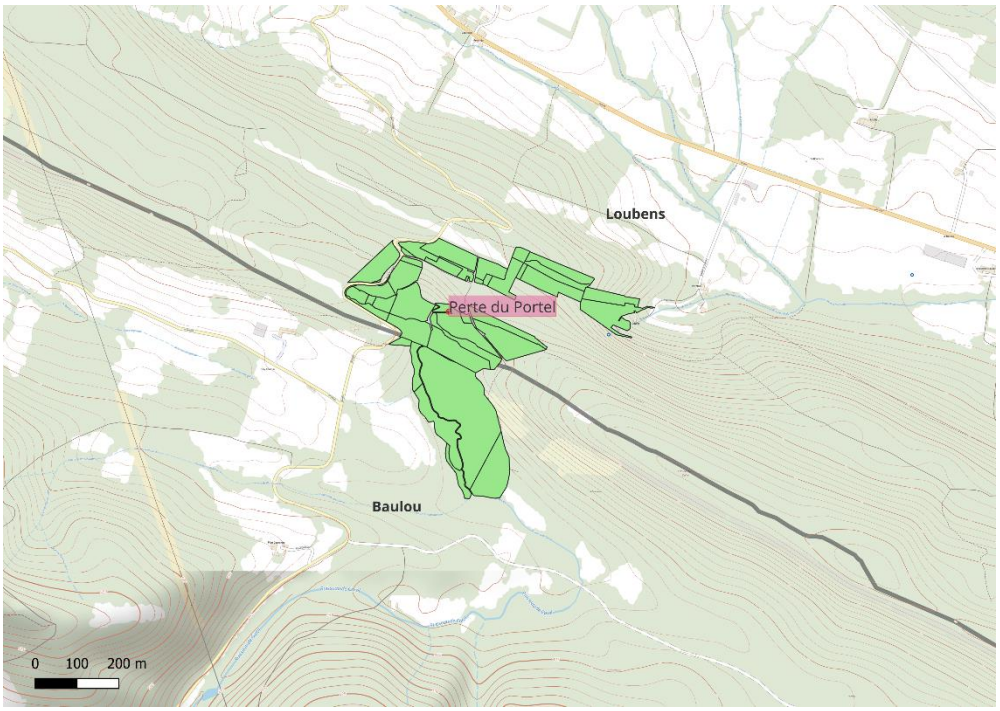
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	LOUBENS et BAULOU	**Ensemble géographique**	Petites Pyrénées et Plantaurel
Parcelles concernées	47 parcelles dont 2 découpées	**Superficie planimétrée**	14.3 ha

Localisation de l'entrée du site

(IGN 1 : 8 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

La Perte du Portel s'ouvre dans une cuvette creusée par le ruisseau de Carol, au pied d'une falaise calcaire. Le contexte est boisé par la hêtraie mésophile, issue d'une déprise récente montrant un abandon de la fauche et/ou du pâturage au cours des années 80. Le site est principalement fréquenté par les promeneurs ou les chasseurs.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Sylviculture extensive avec débardage à cheval. Enjeux archéologiques majeurs à proximité, aux grottes du Portel Ouest et Est. La Perte du Portel, site conventionné avec l'ANA-CEN Ariège, bénéficie d'un diagnostic naturaliste du site et de ses abords disponible à la fin d'année 2021.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique

Plantaurel

Description cavité

La Perte du Portel est une cavité plutôt rectiligne, en pente douce, qui se développe sur environ 250 m de long. Elle est traversée par un cours d'eau très actif en hiver et parfois à sec en été, laissant quelques vasques où se trouve une faune charriée depuis l'extérieur. La hauteur de la voûte offre un volume important. La progression est stoppée par un siphon terminal.

Elle est identifiée par l'inventaire du patrimoine géologique d'Ariège (DREAL Occitanie, 2016) comme la « Percée hydrogéologique du Portel à Loubens (MPY1598) ». Des extraits de ce document sont mentionnés ci-dessous.

« Crêt boisé de direction sud-est – nord-ouest, percé par un réseau karstique où se perd un ruisseau. A l'ouest, l'entrée dans le réseau se fait par la perte du Pesquié qui mesure 15 m de hauteur et 5 à 6 m de large. Elle permet d'accéder à 300 m de galerie jusqu'à un siphon. Le réseau se développe sur environ 2 km et finit, plus à l'est, par la résurgence du Coufet dont le porche mesure environ 2 m de hauteur et 3 m de large. Cette dernière présente un barrage qui devait servir à alimentation d'un moulin. Le site englobe également le réseau supérieur présentant 2 grottes (Portel et Portel-Ouest) dont une ornée, fermée par une porte, est composée d'une série de cinq longues galeries parallèles reliées entre elles par des diaclases. »

Géologie / substrat

Le chainon du Plantaurel qui borde les Pyrénées sur près de 60 km de l'Aude à la Haute-Garonne est un relief jurassien de la zone sous-pyrénéenne. Cette série monoclinale est composée des terrains marno-calcaires, lacustres et marins, du Crétacé supérieur au Paléocène. Ces marnes et calcaires témoignent d'une régression se matérialisant par une mégaséquence de comblement au Maestrichtien marin à margino-littoral, précédant l'émersion traduite par une mégaséquence lagunolacustre au début du Paléocène puis d'une transgression au Thanétien avec dépôts de plate-forme marine carbonatée. A Portel, la barre calcaire thanétienne (calcaires à Milioles, formation de 130 m d'épaisseur qui constitue la crête du versant nord du Plantaurel) est traversée par un réseau karstique quaternaire d'environ 2 km de développement. Dans ce réseau actif coule le ruisseau de Carol. L'eau du ruisseau provient du massif du Montcoustan, au sud. Elle se perd une première fois au niveau de la Ginébrède dans les calcaires jurassiques puis une seconde fois au niveau de la barre calcaire du Plantaurel. Après avoir passé cette barre, le ruisseau qui coulait du sud au nord, part à l'est pour aller se jeter dans l'Ariège.

Cavité récente à l'échelle géologique, elle est encore active du fait de la perte de la rivière qui la traverse. Le réseau a été creusé dans les bancs redressés du calcaire de la chaîne du Plantaurel. Malgré son « jeune âge », elle montre des remplissages scellés par des coulées de calcite et de grands gours incisés par la rivière.

Un réseau karstique supérieur, 50 m au-dessus du ruisseau souterrain, s'est formé auparavant. A l'est de cette cavité, en partie comblé, se trouve la grotte ornée magdalénienne du Portel et à l'ouest une autre grotte (Portel-Ouest) au remplissage du Würm ancien. Cette morphologie particulière et ces différentes phases de creusement à Portel sont à relier au rythme du creusement quaternaire des vallées de la Garonne et de l'Ariège (Cuypers, *et al.*, 2022).

Biocorrosion

Les indices de biocorrosion sont assez maigres dans cette cavité à cause des crues de la rivière, hormis un tas de guano situé dans les plafonds de la grotte (Bruxelles, *et al.*, 2021) Une carotte sédimentaire doit être réalisée dans ce guano et apportera des informations sur les paléoenvironnements et l'anthropisation récente de ce secteur (com. L. Bruxelles).

Climatologie

Une sonde climatique a été installée dans cette cavité en 2023. Le suivi est assuré par l'ANA-CEN.

Usages

Le porche d'entrée semble être ponctuellement utilisé pour l'escalade. Les abords de la grotte sont prisés des locaux pour la promenade. Le site est principalement fréquenté par le « grand public », étant signalé par une icône « curiosité » sur l'IGN. Des clubs locaux fréquentent le site très occasionnellement, n'offrant aucun défi technique à l'exception du siphon terminal qui n'aurait jamais été franchi.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	7	Bon	
Araignées	8	Moyen	
Coléoptères	3	Moyen	

Lépidoptères	2	Faible	
Amphibien	1	Faible	

ENJEUX NATURALISTES

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ Les suivis de cavités

Les suivis chiroptérologiques de la Perte du Portel remontent à 1989. La cavité est régulièrement suivie en hiver depuis 2006. A l'été 2018, la présence d'un essaim mixte de Minioptères de Schreibers et Rhinolophes euryales attire l'attention sur la possibilité de reproduction sur ce site. La mise en place d'un suivi à toutes les saisons a permis d'affiner l'occupation du site par toutes les espèces :

- Suivi de l'hibernation : chaque année, entre mi-janvier et mi-février ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont actuellement effectués par l'ANA – CEN09 et le CEN Occitanie.
- Suivi du transit : des visites opportunistes et bénévoles sont effectuées sporadiquement par l'ANA – CEN09, particulièrement depuis 2019.
- Suivi de la reproduction : un comptage visuel en journée est de rigueur sur ce site en période de reproduction, durant la première quinzaine de juillet du fait de la taille du porche qui rend un comptage en sortie de gîte non réalisable. Il est habituellement effectué par l'ANA – CEN09.

❖ Les opérations de captures au filet

Une capture au filet est mentionnée dans la base de données du GCMP, le 22 septembre 2008 par Marie-Jo Dubourg-Savage et Dave Savage. Suite aux précisions qui leur ont été demandées, la capture ne s'est pas déroulée au niveau de l'entrée même du gîte mais dans les bois à proximité.

RICHESSE SPECIFIQUE. Liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2014 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**x**	**0 - 1**	**0 - 1**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**X**	**0 - 24**	**0 - 29**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**100 - 250**	**0 - 1**	**0 - 200**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**4000**	**0 – 6000 - 8000**	**0 – 2500 - 16000**
Murin de Bechstein	***Myotis bechsteinii***	**X**	**0 - 1**	**x**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**X**	**0 - 1**	**0 - 20**
Murin à moustaches	*Myotis mystacinus*	X	0 - 1	**x**
Nombre d'espèces	7	2	7	5

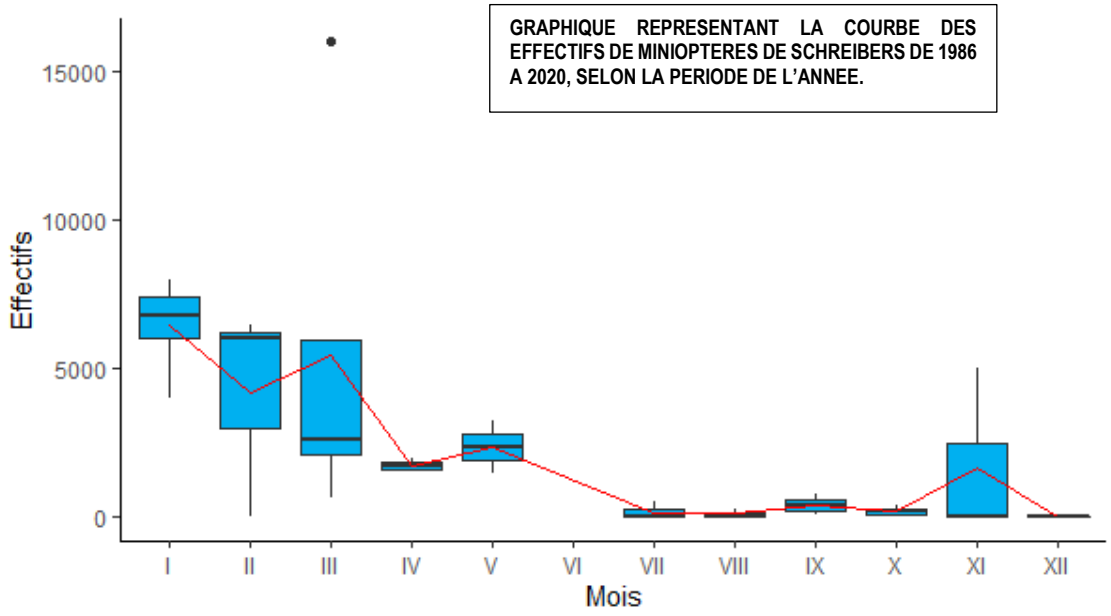
PHENOLOGIE. Le Minioptère de Schreibers est l'espèce principale du cortège des chiroptères. Ses effectifs sont importants contrairement aux autres espèces à l'exception du Rhinolophe euryale. Ce dernier est essentiellement présent du mois de mai à août pour la reproduction. Il n'est pas exclu que le site soit ponctuellement utilisé en transit par le Rhinolophe euryale ou encore le Grand rhinolophe par exemple.

Le Minioptère de Schreibers est lui présent tout au long de l'année dans le site. La compilation des données disponibles nous permet de visualiser la variabilité mensuelle des effectifs de Minioptères.

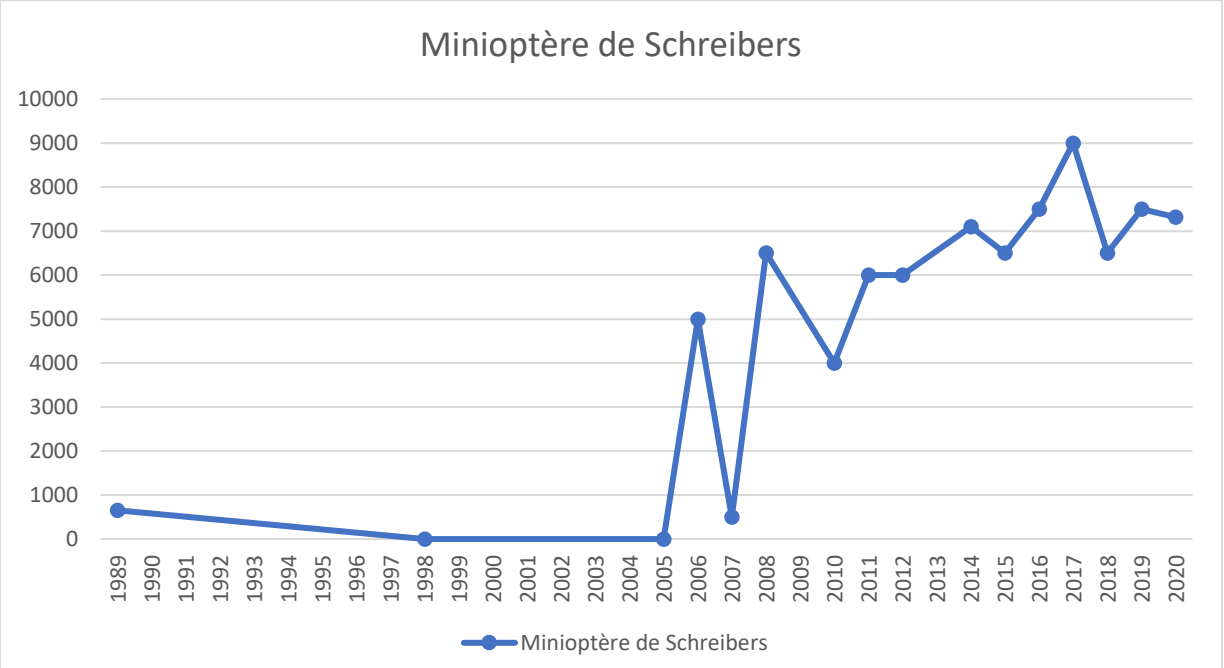
Le peu de données disponibles en novembre ou décembre ne permet pas de préciser la période à laquelle s'installent les effectifs hivernants. Il est cependant possible d'affirmer que, de la fin de l'automne à la fin du printemps, les effectifs de Minioptères se comptent très rarement en dessous du millier d'individus. Les effectifs hivernants sont très élevés et permettent d'inclure la Perte du Portel parmi les 20 sites majeurs pour l'hibernation de l'espèce en France.

A noter, en mars 2019, la présence de 16 000 Minioptères. Les suivis hivernaux montrent qu'il s'agit d'individus en transit. A cette période, le froid se réinstallait après une fenêtre météo exceptionnelle en février en France et dans la Péninsule ibérique, pouvant expliquer une fin d'hibernation précoce et des mouvements migratoires dès ce mois de mars.

GRAPHIQUE REPRESENTANT LA COURBE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS DE 1986 A 2020, SELON LA PERIODE DE L'ANNEE.



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS



TENDANCES. Seuls les effectifs hivernants de Minioptères sont intéressants à analyser car ce sont ceux suivis depuis le plus longtemps ainsi les plus significatifs d'un point de vue quantitatif.

Ces tendances peuvent être globalement considérées à la hausse depuis 2005, date à partir de laquelle les suivis ont été plus réguliers. Se posent quelques questions sur la méthode des suivis antérieurs :

- L'intégralité du réseau a-t-il été systématiquement prospecté ?
- Les essaims d'hibernation étant au fond de la cavité, un suivi partiel sous-estimerait largement les effectifs.
- Ou l'occupation hivernale du site par le Minioptère est-elle récente ?

MENACES. La Perte du Portel figure sur les cartes IGN sous le symbole « curiosité ». Cela attire donc un nombre important de personnes sur le site qui viennent voir l'impressionnante entrée de la cavité comme le montre une étude en cours dans le cadre de la gestion du site par l'ANA-CEN09 (Cuypers, données non publiées). La plupart des visiteurs n'entrent pas dans la cavité, ce qui est plutôt rassurant.

Néanmoins, des groupes non équipés pour la spéléologie s'aventurent dans le réseau. Le bruit et l'éclairage direct peuvent représenter une menace forte pour les chiroptères. Le site offre heureusement quelques protections aux colonies de chiroptères :

- Le régime torrentiel de la rivière dans la perte en hiver protège les essaims d'hibernation d'un dérangement par le bruit. Cette protection faiblit en période d'étiage ;
- La hauteur de la voûte permet une protection par l'éloignement (éclairage et bruit) à certains emplacements affectionnés par les chauves-souris, notamment les Minioptères en hibernation et les Rhinolophes euryales en reproduction ;
- Une certaine technicité en fin de réseau qui empêche la progression d'un public « familial » et protège donc les essaims d'hibernation ;
- Enfin, la question de la fermeture du milieu est une piste d'étude qui semble intéressante à mener et à rapprocher d'un autre site du projet de Réserve : la grotte de Sendé. Ces deux sites étaient ouverts sur des prairies qui se sont largement boisés en 30 ans. A Sendé, la reproduction y était présente mais ne l'est plus. A la Perte du Portel, aussi nommée « grotte du Pesquié » dans le premier projet de Réserve, y étaient mentionnés d'importants effectifs en reproduction. Nous n'avons pas de trace de ces données mais aujourd'hui, le Minioptère ne s'y reproduit pas ou très exceptionnellement. En l'absence de suivi des facteurs microclimatiques de ces sites, il s'avère donc impossible d'établir la moindre relation de causalité mais le boisement de l'entrée d'un site peut avoir des incidences sur les transferts de chaleur qui, eux, jouent pour la sélection des sites de mise-bas des espèces.

• LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Le secteur est connu depuis le début du XIX° siècle, avec des visites de Jeannel et Racovitza au moins dans la grotte ornée, aujourd'hui fermée. Les espèces identifiées à l'époque ayant été retrouvées récemment dans la Perte du Portel, située dans le même massif karstique. Plus récemment, en 1960, d'autres visites ont été réalisées par Denis (1967) avec de nouvelles observations de *Leptoneta infuscata*, puis en 1978 une donnée ponctuelle de *Meta menardi* (Ledoux, com. pers.). Les données les plus récentes s'échelonnent de 2008 à 2016, avec des données éparses réalisées lors des comptages chiroptères.

RICHESSE SPECIFIQUE. Huit espèces au minimum, composent ce cortège arachnologique. La physiologie de la cavité, avec une rivière souterraine rend l'inventaire de la faune terrestre plus compliqué, mais de nombreuses parties topographiquement plus hautes permettent à cette faune d'exister. L'espèce la plus hygrophile est l'opilion *Ischyropsalis luteipes* dont la population est assez grande, puisque systématiquement observé et ce dès les premières prospections du siècle dernier. Le cortège troglophile est bien représenté avec les trois espèces de *Meta* spp., ainsi que *Nesticus cellulanus*. L'espèce *Leptoneta infuscata* est peu présente dans cette cavité très humide, d'ailleurs un seul individu a été noté en 2016 ; cette espèce est largement répartie mais affectionne des habitats assez « secs ». Enfin, on notera dans une partie localisée assez loin de l'entrée une population de *Palliduphantes alutacius* bien installée dans cette cavité. L'espèce plutôt forestière a trouvé des conditions édaphiques idéales. L'espèce était classée parmi les espèces déterminantes ZNIEFF étant donné sa rareté et son caractère troglophile, dans sa première version ; en réalité, l'espèce est plus largement répartie et vit en extérieur.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglophile cavernicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio

Araignées	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*	X	Pyrénées	2018	Déjean
	Linyphiidae	*Palliduphantes alutacius*	X		2016	Déjean
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*	X		2011	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta bourneti*	X		2009	Déjean
		Meta menardi	X		2018	Déjean
		Metellina merianae	X		2009	Déjean
Opilions	Ischyropsalidaae	*Ischyropsalis luteipes*	X	Pyrénées et Massif central	2018	Déjean
	Phalangodidae	*Scotolemon* sp.	X	Pyrénées	2009	Déjean et Brustel
		Scotolemon lespesii	X	Pyrénées	1908	Simon, 1911

COMMENTAIRE. Les premières données font état de la présence de *Scotolemon lespesii* ; une donnée collectée en 2009, est restée sans détermination spécifique, vu les critères ténus de distinction avec *S. lucasi* ; les deux espèces sont possibles localement état donné leur répartition centre-pyrénéenne.

D'autres espèces peuvent peupler cette cavité, comme *Diplocephalus protuberans* qui recherche ce type de cavité très humide. Des recherches complémentaires seront donc à mener.



Ischyropsalis luteipes © S. Déjean

- LES COLEOPTERES

La Perte du Portel est bien moins réputée que la grotte ornée du Portel qui la surplombe et qui est la localité typique de *Speonomus longicornis* et *Geotrechus vulcanus* et où l'on rencontre également : *Choleva angustata, Bathysciola meridionalis*, *Antrocharis querilhaci querilhaci, Laemostenus oblongus, Anilius caecus* et *Aphaenops cerberus inaequalis*.

Pour le moment, seules 3 des 8 espèces connues de la grotte ornée ont été formellement observées au niveau de la perte.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Leiodidae	*Speonomus longicornis longicornis*	X		massif	19/01/2022	Thomas CUYPERS
	Choleva angustata		X	/	4/02/2021	Hervé BRUSTEL Thomas CUYPERS
Carabidae	*Laemostenus oblongus*		X	/	4/02/2021	Hervé BRUSTEL Thomas CUYPERS

Un effort de prospection entomologique reste à conduire au niveau de la perte mais on peut d'ores et déjà conclure que la faune y est bien moins abondante et riche que juste au-dessus dans la grotte ornée.

- AUTRES ESPECES

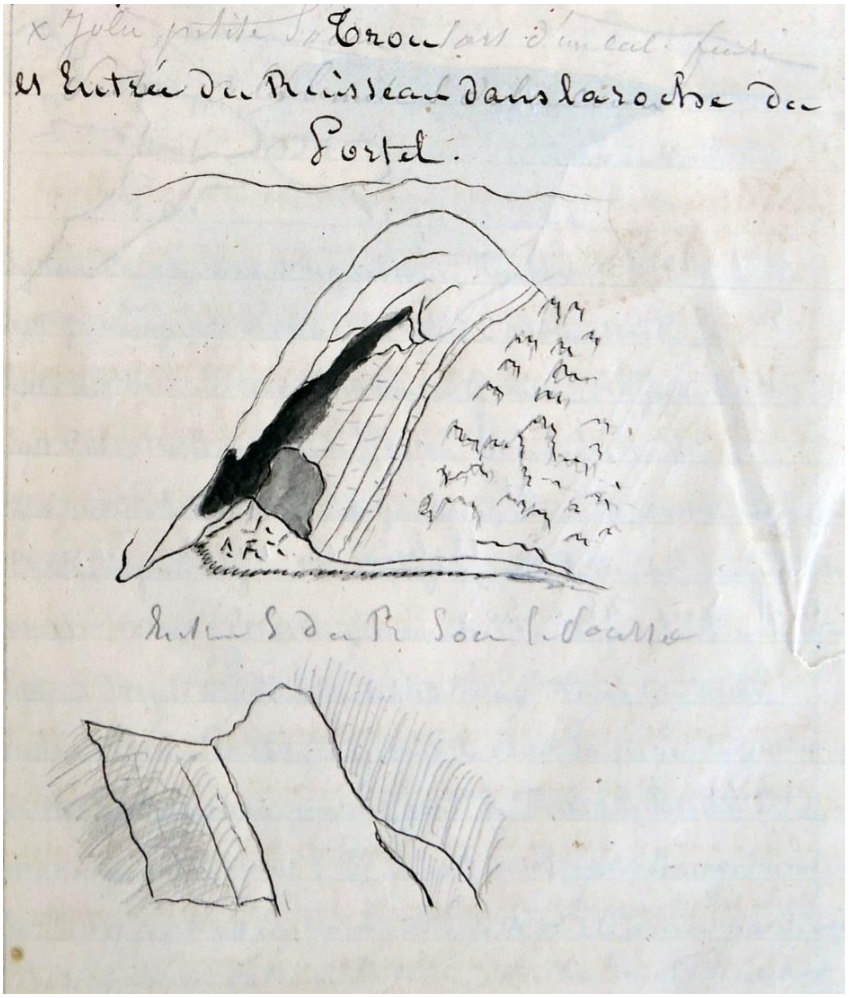
Il est à noter la présence de deux papillons hétérocères communs en grotte, *Scoliopteryx libatrix* et *Triphosa dubitata*.

ENJEUX ARCHEOLOGIGIQUES ET HISTORIQUES

L'abbé Pouech visite l'entrée du ruisseau dans la roche du Portel en août 1856. Il réalise deux croquis, les premiers de la perte (Pouech ; 71 J 246, p.49-50).

Le réseau inférieur de la perte du Portel est une cavité active où la probabilité d'une présence de vestiges archéologiques est minime (seule la présence de massifs stalagmitiques de date inconnue a pu sceller et protéger des niveaux sédimentaires mais ils semblent s'être mis en place directement sur l'encaissant). La perte du Portel se situe en dessous d'un site archéologique majeur pour la Préhistoire. Elle est connue pour son occupation moustérienne et magdalénienne. Une occupation à l'âge des métaux n'est pas à exclure.

Les œuvres d'art rupestre (Portel-Est ou Portel orné, non inclues dans le projet de Réserve) sont découvertes et inventoriées à partir de 1908 par Jeannel, Jammes et Régnault puis par l'abbé Breuil en avril de la même année (Breuil, *et al.*, 1908 ; Jeannel, 1908). C'est une grotte ornée du Paléolithique supérieur (Gravettien à Magdalénien final). On y compte près de 140 figures d'art magdalénien complétées par des éléments plus anciens. La grotte ornée du Protel (non concernée par le projet de Réserve) est classée Monument historique depuis 1969. Des sondages sont effectués par Vézian dans la galerie d'accès et la grande salle. Il révèle un important matériel archéologique du magdalénien moyen.



Croquis de l'abbé Pouech, Trou et entrée du ruisseau dans la roche du Portel, août 1856, carnet conservé aux archives départementales de l'Ariège (71 J 246), p.49.

Le secteur dit du Portel-ouest (non concerné par le projet de Réserve) a livré une stratigraphie illustrant la transition entre le Paléolithique moyen et le Paléolithique supérieur (Moustérien, Châtelperronien et Gravettien). Cette séquence est très importante dans les Pyrénées. Le gisement moustérien est découvert en 1919 par l'abbé Breuil et Vézian au fond de la galerie principale. Les fouilles ont lieu de 1920 à 1949 par les Vézian. Des fouilles systématiques avec enregistrement fin des vestiges sont entreprises au Portel-ouest entre 1949 à 1986 sur une stratigraphie de près de 5 m, comprenant 21 couches regroupées en 4 ensembles stratigraphiques. 200 000 éléments sont mis au jour (Fourvel, *et al.*, 2021). Le Portel-ouest, a révélé de nombreux restes humains (et en particulier pour l'Homme de Neandertal) et d'animaux sauvages. Cet abri moustérien fait encore l'objet de travaux de recherche sous la direction de Gaël Bécam (depuis 2019) (Becam, *et al.*, 2019 ; Becam, *et* al, 2020).

Paléontologie *:*

Moustérien : renne et cheval espèce dominante et Canidés, loup, renard, *Alopex lagopus* L, renard polaire), *Ursus spelaeus* Rosenmuller et Heinroth, *Meles meles* L., *Mustela putorius* L., *Crocuta crocuta spelaea* Gold., *Panthera leo spelaea* Gold, Grand *bos* ou bison, *Capra ibex*, *Rupicapra rupicapra*, *Rangifer tarandus* L, *Cervus elaphus* L., *Megaceros* sp. Owen, *Capreolus capreolus* L., *Equus caballus* cf. *germanicus* Nehring, helix, nombreux rongeurs dont des marmottes, fragments d'oiseaux (Gardeisen, 1994 ; Gardeisen, 1997 ; Vézian, 2014).

Magdalénien : renne, bovidé, cheval, rhinocéros laineux.

Archéologie *:*

Moustérien :

- Outils lithiques en silex et quartzite : racloirs, gratttoirs, pointes, perçoirs, lames, tranchets, burins, encoches, galets ; plaquette enduite d'ocre…
- Industrie osseuse : bois de cervidés, traces de percussion, objets en ivoire, bâton percé, rondelles en contours…
- Nombreux ossements et dents néandertaliens (Vézian, 1952-1953 ; Vézian, 1984).

Magdalénien :

- Outils lithiques (plus de 810 pièces) : lames, lamelles à dos (dominant), grattoirs, burins, perçoirs…
- Industrie osseuse : la moitie en bois de renne, sagaies, baguettes… (Baills, 1997)
- Très nombreuses œuvres d'art rupestres et mobiliers
- Ossements *d'Homo sapiens* (inventaire des collections, Muséum d'histoire naturelle de Toulouse).

Des opérations de relevés d'art ont lieu en 1980 puis 1989-1991 par Michel Dauvois et Michel Menu (Dauvois, *et al.* 1991). Des fouilles programmées sont lancées en parallèle par Jean Vézian en 1988 et 1989 et par Henri de Lumley et Paul Boutié (Vézian, 1990).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Ce volet est étroitement lié à l'enjeu chauves-souris, notamment par le référencement du site sur les cartes IGN, mais aussi du fait de la fermeture des milieux.

VOLET CONNAISSANCE.

En lien avec la protection, sur l'hypothèse que la fermeture des milieux rend le site moins intéressant pour la reproduction.

VOLET VALORISATION.

L'inventaire du patrimoine géologique d'Ariège (DREAL Occitanie, 2016) identifie un intérêt pédagogique important pour ce site, notamment pour l'observation d'une percée hydrogéologique importante, l'évocation de l'évolution des cours d'eau et des karsts au Quaternaire, l'observation de la série marno-calcaire du Danien au Thanétien, l'évocation des milieux de dépôt au passage Crétacé-Tertiaire. Ce site reste néanmoins très sensible du fait de la présence quasi-continue de chiroptères.

LA GROTTE DU MAS D'AZIL

ID = 14

PATRIMOINE NATUREL - INTERET		+++	++	+
MENACE ET/OU VULNERABILITE Responsabilité	Oui ----	X Nationale		MPY1435
VALORISATION ET PEDAGOGIE SCIENTIFIQUE	Intérêt fort			
SCIENCE ET RECHERCHE	Intérêt fort			



Le cours souterrain de l'Arize est aussi un site classé ©PNRPA

Site de la directive "Habitats, faune, flore"

FR7300841 - Queirs du Mas d'Azil et de Camarade, grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat

Type de zone : 1

ZNIEFF 730011977
Le Plantaurel occidental

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012019
Le Plantaurel

Arrêté ministériel

du 02 avril 1944 portant inscription, au titre des sites, de la partie à l'intérieur du tunnel de la route nationale n° 119

Arrêté ministériel

du 07 février 1944 portant inscription, au titre des sites, des débouchés nord et sud ainsi que de leurs abords du tunnel de l'Arize

Arrêté ministériel

du 02 décembre 1943 portant classement parmi les sites et monuments naturels de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque du cours souterrain de l'Arize

CARTE D'IDENTITE DU SITE

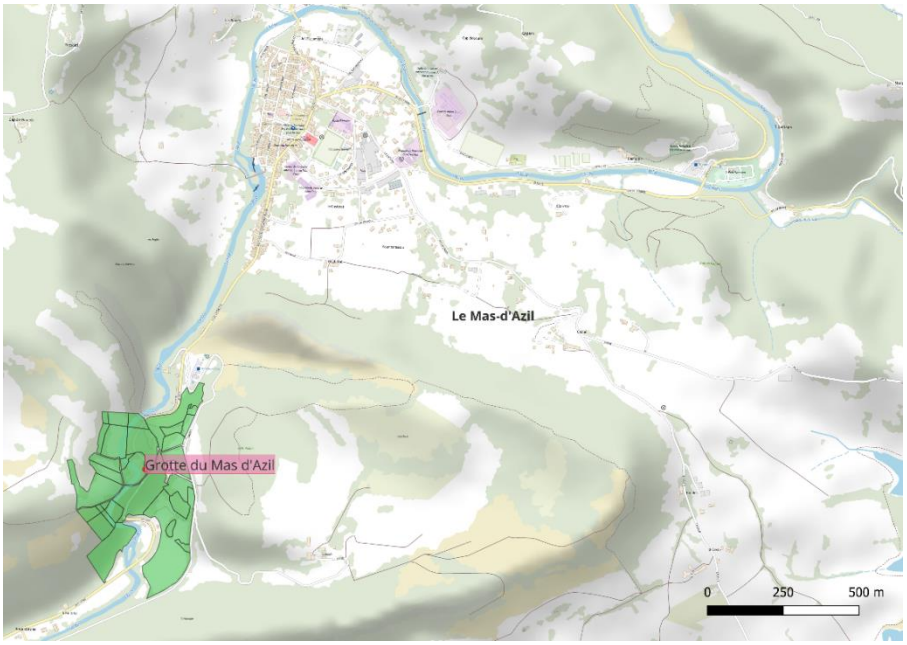
LOCALISATION

Commune(s)	LE MAS-D'AZIL	**Ensemble géographique**	Petites Pyrénées et Plantaurel
Parcelles concernées	30 parcelles	**Superficie planimétrée**	15.9 ha

Localisation du site

(échelle

1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux et usages en surface

Les parcelles 574-575 (feuille 2 section C, commune du Mas d'Azil) appartiennent à quatre co-propriétaires privés. Hormis ces parcelles, l'ensemble du site est géré sur bail emphytéotique par le SESTA (service d'exploitation des sites touristiques d'Ariège) et fait l'objet d'un parcours touristique.

La route passant dans la grotte est gérée par le service des routes du Département de l'Ariège.

Le cours d'eau souterrain est classé parmi les sites naturels de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque depuis 1943 ; les débouchés du tunnel de la grotte du Mas d'Azil ainsi que la route et le tunnel qui la traverse sont inscrits au titre des sites depuis 1944.

Elle se situe dans le périmètre Natura 2000 « Queirs du Mas d'Azil et de Camarade, grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat ». Outre l'exploitation touristique de la grotte, des animations sont organisées par la commune du Mas d'Azil et par le PNR, animateur du site Natura 2000.

Le site accueille une avifaune rupestre riche dont plusieurs espèces rares et menacées, certaines protégées (Grand-duc, Grand-corbeau, Pigeon colombin). C'est un site archéologique majeur.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

La grotte du Mas d'Azil est gérée par le SESTA (service d'exploitation des sites touristiques d'Ariège) dans le cadre de son exploitation touristique.

Elle se situe dans le périmètre Natura 2000 « Queirs du Mas d'Azil et de Camarade, grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat ». Le document d'objectifs sert de base à la gestion sur l'ensemble du périmètre. Du point de vue de la gestion agricole, des Mesures agroenvironnementales et Climatiques sont mises en œuvre sur le périmètre, concernant notamment le maintien des pratiques pastorales extensives sur les prairies et zones de pelouses, en périphérie de la grotte.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Plantaurel

Altitude entrée 325 m **Développement** **Profondeur**

Description cavité

L'Arize, au cours de sa descente des Pyrénées, traverse perpendiculairement les structures géologiques orientées est-ouest. Son tracé est donc en baïonnette, en fonction de la résistance des différentes roches recoupées. Elle contourne notamment par l'est le synclinal du Lézères-Pradals et passait initialement au niveau du col du Baudet où l'on retrouve les alluvions anciennes de la rivière. Au cours de son encaissement dans les calcaires thanétiens, l'Arize a été progressivement absorbée par des pertes pour résurger quelques centaines de mètres plus au nord, de l'autre côté du synclinal. Cette percée hydrogéologique correspond à une auto-capture souterraine de l'Arize. Elle est responsable du creusement de la galerie principale, celle qui est empruntée actuellement par la rivière et par la route départementale. La grotte, dans sa morphologie et ses dépôts, a ainsi pu enregistrer directement une partie de l'histoire de l'Arize. D'imposants remplissages d'alluvions siliceuses sont associés à des morphologies pariétales caractéristiques d'une évolution paragénétique. Au gré des variations climatiques quaternaires, le cours d'eau a connu plusieurs phases de remblaiement alluvial puis de recreusement. À chaque fois, la cavité en a préservé d'importants témoins reconnaîtssables par leur géométrie et leur succession.

Ces phases d'accrétions sédimentaires sont responsables du creusement des galeries latérales, creusées donc secondairement bien qu'elles soient situées altitudinalement plus haut. Des datations de ces principaux épisodes de sédimentation sont en cours. Elles permettront, au-delà du seul cadre de la grotte, de caler la mise en place des terrasses alluviales en aval mais aussi d'identifier des phases de sédimentation lacustre en amont, directement liées à l'obstruction de la cavité. Les premiers modèles 3D permettent d'ailleurs d'envisager que le Col du Baudet a pu être réutilisé, avant que la grotte ne soit à nouveau décolmatée (Jarry, *et al.*, 2022).

Géologie, substrat, hydrogéologie

Au sein du massif du Plantaurel dans la zone sous-pyrénéenne, le site correspond à la terminaison du synclinal de Pradals formé d'une série sédimentaire continue du Maestrichtien au Thanétien. Ces marnes et calcaires témoignent d'une régression se matérialisant par une mégaséquence de comblement au Maestrichtien marin à margino-littoral, précédant l'émersion traduite par une mégaséquence laguno-lacustre au début du Paléocène puis d'une transgression au Thanétien avec dépôts d'une plate-forme marine carbonatée. Cette terminaison est recoupée en surface et en souterrain par la rivière Arize. Tout d'abord, l'Arize s'est surimposée sur la terminaison synclinale thanétienne. A 400 m d'altitude, soit 80 m au-dessus de la rivière actuelle, une vallée morte correspond à un ancien écoulement subaérien de l'Arize. Puis, avec l'abaissement du niveau de base, l'Arize s'est progressivement enfouie dans les calcaires thanétiens jusqu'à l'assèchement définitif de la vallée subaérienne. Le tunnel, dont la formation est polygénique, s'est agrandi par érosions chimique, mécanique et par éboulement (DREAL Occitanie, 2016).

Climatologie, aérologie et biocorrosion

L'importance des phénomènes de corrosion liés à la condensation dans les évolutions des morphologies des galeries des grottes fait l'objet d'une prise en compte de plus en plus importante dans les études de cavité, et plus particulièrement dans les contextes archéologiques (pour des questions d'art pariétal, de conservation des contextes paléo environnementaux que la grotte a enregistrés).

Le suivi des flux aérologiques est entrepris pour améliorer la compréhension de la climatologie des différentes parties de la grotte. Pour cela, la mesure en continu des températures apporte des observations détaillées des phénomènes en jeu et permet un travail d'analyse et de modélisation des flux afin d'établir des profils thermodynamiques des parties de la grotte étudiées. Il a donc été installé 6 stations de mesure et d'enregistrement de la température dans la grotte afin de permette une approche par la thermodynamique, à partir du suivi de la climatologie, l'hydrologie, la biologie et la microbiologie pour identifier et quantifier les processus en jeu, et comprendre la manière plus ou moins importante dont ont évolué les morphologies de galeries et l'incidence sur les paysages du milieu souterrain.

L'analyse des données met en avant une grande disparité climatique entre les différents secteurs suivis. Le gros conduit entre les porches amont et aval, avec la circulation de la rivière va permettre des échanges importants entre le système climatique de la grotte et l'extérieur. Cela va influencer de manière relativement importante les parties hautes de la Salle du Théâtre. Les variations de température sont fréquentes et d'une amplitude marquée que ne peut pas tamponner la thermorégulation du système karstique.

Les autre points suivis sont plus fortement influencés de l'homéothermie karstique qui installe une dynamique climatique d'une très grande stabilité avec des très faibles variations de température et une déconnexion de la saisonnalité du milieu extérieur. Cela engendre des décalages parfois importants, des valeurs de minimum et de maximum des températures dans ces parties de la grotte avec la surface et les zones à fortes amplitudes. Ainsi, dans la partie basse de la galerie du Guano, une périodicité de basse fréquence centrée autour d'une tendance centrale stationnaire est nettement visible.

La relation de Choppy permet d'établir une relation entre température, altitude de l'entrée d'une grotte et latitude ou région considérée.

$T(°C) = 54,3 - 0,9\ L - 0,006\ h$

Dans cette relation L est la latitude du lieu exprimée en degrés et h est l'altitude exprimée en mètres.

Latitude : 43° - Altitude : 320 m NGF

Avec ces paramètres, la valeur calculée pour le Mas d'Azil est de 13,6 °C.

La grande galerie avec la rivière fonctionne comme un tube à vent soumis aux influences de l'eau et de l'air froid des périodes hivernales et printanières qui pénètrent dans la totalité de la galerie et contribuent ainsi aux fortes variations de température. Du fait de sa taille et de son profil descendant avec une forme de venturi, les flux d'eau et d'air qui circulent sont importants et constituent des dynamiques de transfert de froid dans le système spéléologique. C'est donc un système aérologique puissant qui fonctionne ici par advection pour influencer, en le refroidissant, l'ensemble du système karstique. Les galeries confinées sont en effet plus froides de l'ordre de 1,5°C que la température théorique du karst calculée d'après la relation de Choppy.

Malgré leur proximité avec le versant, la galerie du Guano et la salle des Chauves-souris présentent un confinement important qui installe une saisonnalité spécifique à ces parties de la grotte. Les décalages des températures maximales et minimales avec le milieu de surface sont importants et conditionnés par des relations d'échanges qui demanderaient à être documentées de manière plus précise. Il se pose en effet la question de l'influence des apports énergétiques de la galerie où coule la rivière et de l'advection qui affecte alors le système karstique.

Cette particularité de dynamique climatique, de confinement extrême et la configuration de la galerie du Guano (dimensions et structure rectiligne) va être influencée par les présences/absences de chiroptères à l'origine de processus de biocorrosion qui vont impacter les parois. Dans le système climatique presque fermé en place dans cette galerie, l'introduction de source d'énergie du fait de la présence des chiroptères en phase de vie active, va installer des processus de corrosion de condensation intense avec des aérosols d'acide carbonique, sulfurique et phosphorique issus du métabolisme des chauves-souris et de la dégradation vers des phases minérales de la matière organique du guano qui vont agir sur les parois et les voûtes.

Les mesures de température au niveau du sol montrent une très grande constance de la température, avec une infime variation saisonnière. Dans les voûtes, les présences-absences de groupes de chauves-souris vont contribuer à des augmentations ou des baisses de températures de quelques dixièmes de degrés. En revanche, dans la zone intermédiaire, à trois mètres du sol, des échanges thermiques nombreux se produisent liés aux apports de chaleur par les chiroptères et par les évolutions de la décomposition des tas de guano que ce soit en système aérobie ou anaérobie. Il en résulte des mouvements de convection qui vont faire circuler les aérosols plus ou moins acides et entrainer des variations du point de rosé à différents points des parois avec des phénomènes de corrosion des parois calcaires plus ou moins longs suivant la saison.

La grotte du Mas d'Azil présente une véritable opposition entre les parties ornées, où l'on observe encore les formes de creusement initiales, et celles sans art, où les formes de biocorrosion sont

manifestes, alors même que l'on sait que ces galeries ont été fréquentées par les hommes du Magdalénien. Par opposition, on ne trouve des œuvres peintes ou gravées que dans des petites galeries latérales, préservées à la fois des phénomènes de condensation-corrosion et des processus de biocorrosion (voir dossier scientifique, Partie 3, chapitre 2.3 : « Processus de formation et d'altération des parois dans une grotte », paragrahe sur l'influence du biologique sur les grottes, figure 52). Si cette exclusion systématique ne constitue pas une démonstration, il devient très pertinent de se poser les questions suivantes : cette opposition est-elle systématique dans les grottes ornées ? Si oui, cela s'explique-t-il parce que les galeries étaient insalubres, les parois peu propices à l'expression artistique ou simplement parce que les œuvres ont disparu depuis ? La climatologie et l'aérologie d'une cavité conditionnent les choix d'implantation des chauves-souris. *A contrario*, il serait intéressant de savoir si la présence d'art pariétal signifie que la cavité ou la galerie n'abritaient pas de colonies de chauves-souris. Les réponses à ces questions devraient permettre de fournir des informations concernant l'accessibilité de la cavité ou sa climatologie passée. À l'exemple de la grotte du Mas d'Azil, le concept de biocorrosion contribuera, en collaboration avec les archéologues, à mieux comprendre les pratiques artistiques des hommes du Paléolithique (Bruxelles et Jarry, 2016).

Climatologie de la grotte et contextes archéologiques

Les mesures de température à l'échelle du réseau spéléologique mettent en évidence des effets de sites importants et des écarts marqués entre la température dans les galeries et le milieu extérieur. Des écarts de 10°C à 17°C ont été mesurés avec les températures hivernales de l'extérieur de la grotte. La partie haute de la salle du Théâtre était un lieu intéressant lors des périodes froides du Pléistocène supérieur pour la vie quotidienne d'un groupe. La taille de la galerie et la proximité du porche sud apportent une partie de la lumière du jour. La morphologie de la galerie et la position du remplissage permet de bénéficier d'une partie de l'homéothermie du karst et de gagner près de 15°C à 17°C de température par rapport au milieu de surface. En rive gauche, juste à proximité du porche sud, le gain de température est de l'ordre de 7°C. Ces effets de site ont été bien perçus par les groupes humains qui ont fréquenté la grotte au cours du Paléolithique et pour les périodes suivantes, au niveau de la rive gauche notamment. Cette habitabilité spécifique a été un critère important pour les sociétés mobiles des chasseurs-cueilleurs qui trouvaient dans ces parties de la grotte des environnements plus tempérés que ce qui étaient les conditions climatiques de ces périodes glaciaires et interglaciaires (Cailhol, *et al*., 2024).

Usages

Cette cavité est peu fréquentée pour l'activité spéléologique, compte tenu notamment de l'activité touristique importante sur site. La grotte du Mas d'Azil fait l'objet de fouilles archéologiques programmées depuis 2013. Elle est exploitée par le SESTA pour des visites touristiques. En 2018, elle accueillait 35 470 visiteurs (Agence départementale du tourisme Ariège-Pyrénées, 2020). Elle fait aussi l'objet de nombreux suivis scientifiques (évolution de la température en souterrain, suivi des populations de chiroptères).

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance
Chiroptères	14	Bon
Coléoptères	5	Bon

ENJEUX NATURALISTES

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ Les suivis de cavités

La grotte du Mas d'Azil a été suivie anarchiquement depuis 1987 jusqu'en 2013 où l'ANA – CEN Ariège et le Parc naturel régional des Pyrénées Ariégeoises mettent en place des suivis pérennes jusqu'à aujourd'hui. Les suivis se basent sur les périodes d'occupation, à savoir majoritairement du printemps à l'automne pour la reproduction et, irrégulièrement, à l'hiver :

- **Suivi de l'hibernation** : chaque année, entre mi-janvier et mi-février ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont opportunistes à la grotte du Mas et sont effectués bénévolement par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.
- **Suivi du transit** : depuis les épisodes de mortalité au Mas d'Azil en 2013 et 2014, des suivis plus réguliers sont effectués entre mai et septembre. Depuis 2018, ces suivis sont effectués simultanément entre la grotte de la carrière de Sabarat et celle du Mas d'Azil.

❖ **Suivi de la reproduction** : une visite en journée de la grotte du Mas d'Azil est effectuée en juillet en compagnie du gestionnaire du site pour contrôler la mise-bas en même temps que les autres sites de parturition du département.

❖ Les opérations de captures au filet

La taille des entrées de la grotte ne facilite pas la réalisation de capture ce qui explique certainement qu'il existe très peu de données. Une récente capture a été réalisée en août 2019 au-dessus de l'Arize sur la partie amont de la grotte par Boris Baillat et Thomas Cuypers.

Une autre capture, cette fois-ci avec un « Harp Trap » vient d'être réalisée en aout 2020 dans le cadre du programme menée par le Labex ECOFECT (programme d'épidémio-toxicologie sur les chiroptères) suite aux mortalités anormales en période de mise-bas datant de 2013 et 2014. Nombre d'analyses sont en cours et seront prochainement publiées.

RICHESSE SPECIFIQUE. Liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2011 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**2 (1990)**	**1 (1989)**	**? (1990)**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**X**	**1 - 3**	**X**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**600 – 1200 - 2000**	**4 – 15 -26**	**0 – 365 - 1500**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**70 – 880 - 2000**	**0 - 16**	**20 – 560 - 1300**
Murin de Capaccini	***Myotis capaccinii***	**D**		
Murin à oreilles échancrées	***Myotis emarginatus***	**0 - 42**	**X**	**0 - 20**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**0 – 73 - 200**	**X**	**0 – 30 - 150**
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	1 - 10	?	1
Vespère de Savi	*Hypsugo savii*	20	?	?
Pipistrelle de Kuhl	*Pipistrellus kuhlii*	1 - 3	?	?
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	1 - 5	?	2 - 50
Pipistrelle indéterminée	*Pipistrellus* sp.	?	> 2	?
Oreillard gris	*Plecotus austriacus*	?	?	> 2
Molosse de Cestoni	*Tadarida teniotis*	?	?	15
Nombre d'espèces	14	8	5	9

PHENOLOGIE.

Les nombreux suivis ont mis en évidence des enjeux forts pour la mise bas et l'élevage des jeunes sur ce site pour le Minioptère de Schreibers, le Rhinolophe euryale ainsi que le couple Grand/Petit murin. Le site peut abriter de forts effectifs en période de transit, printanier ou automnal, probablement liés à la reproduction de l'espèce sur le site. De rares suivis hivernaux ne montrent que peu d'intérêt du site en hiver, en raison des conditions chaudes et sèches de la grotte. Cependant, de petits groupes de Rhinolophes euryales ont déjà été observés et il conviendrait de maintenir une pression d'observation régulière en hiver afin de soulever d'éventuels enjeux plus importants à cette saison.

Les essaims de mise-bas sont très mobiles au sein du site et ne sont pas toujours liés à la même partie de la grotte. Ils peuvent se placer salle Mandement, la salle suivant la salle Mandement, la Galerie des Silex ou encore au niveau du Pont du diable. Il arrive que les essaims se déplacent au cours de la période d'élevage des jeunes, ce qui est assez rare chez des colonies non stressées. Il est important de noter que les essaims de mise-bas/élevage des jeunes sont souvent situés à proximité des parcours visités continuellement en été, parfois même au sein de parties éclairées.

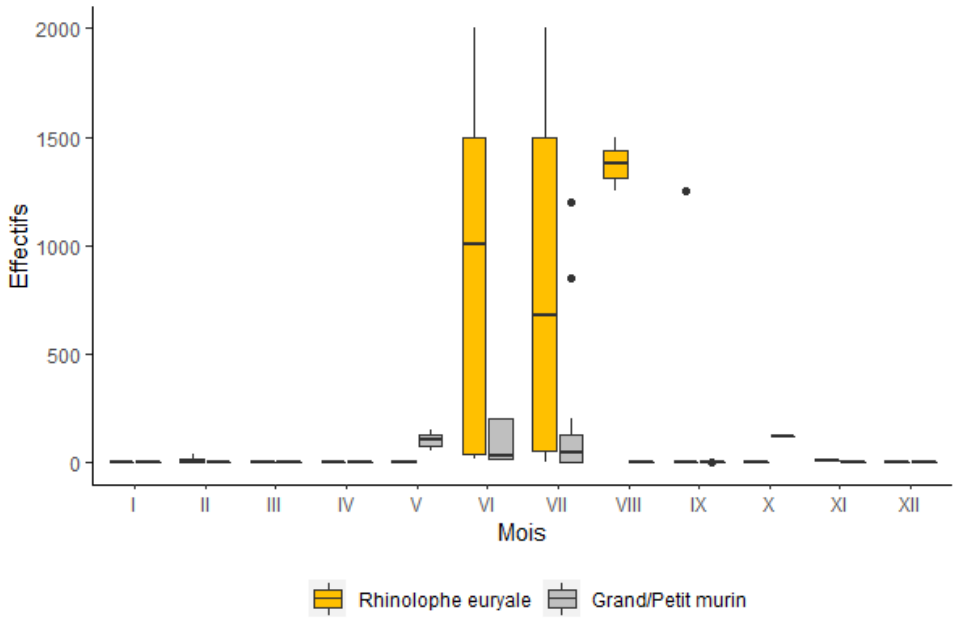
La mise-bas débutant entre fin-juin et la mi-juillet, les suivis ont pu avoir lieu à cheval sur ces deux mois. Cependant, comme les observations du mois de juin à la grotte de la carrière de Sabarat le montrent, des mouvements migratoires peuvent encore avoir lieu au cours de ce dernier mois, juste avant la mise-bas. D'ailleurs, les observations de Rhinolophes euryales sont rares dans la grotte avant juin. Il convient donc de pérenniser les suivis simultanés entre ces deux sites.

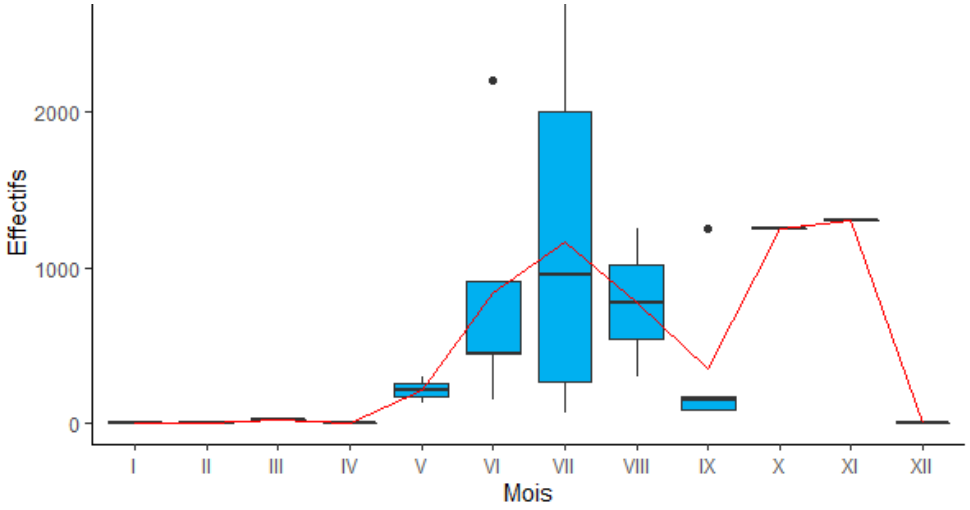
Après l'élevage des jeunes, les Murins de grande taille quittent rapidement le site dès le mois de juillet. Les Rhinolophes euryales et les Minioptères de Schreibers sont généralement présents jusqu'à la charnière entre août et septembre. Il arrive que d'importants essaims de Minioptères soient signalés tard en automne, possiblement lors de haltes en transit ou encore pour l'accouplement.

Le site offre un éventail d'habitats, en qualité et en quantité, très important. De fait, un nombre important d'espèces fréquente le site. Au-delà des cavernicoles évoqués précédemment, un grand nombre d'espèces plutôt fissuricoles sont aussi présentes en falaise comme à l'intérieur de la cavité. Tel est le cas du Molosse de Cestoni, du Vespère de Savi, des Pipistrelles communes et de Kuhl ou différents Murins de petite taille. L'Oreillard gris est aussi mentionné à la suite de plusieurs découvertes de cadavres en automne, de mâles présentant des signes d'activité sexuelle. Cela laisse penser que le site joue probablement un rôle important pour la phase d'accouplement de nombreuses espèces qui recherchent généralement de grands volumes à cette période.

Enfin, une mention du Murin de Capaccini par Alain Bertrand en septembre 1987 de deux individus (l'observateur précise que cette observation mériterait vérification par des pairs) n'a, malheureusement, jamais conduit à observer à nouveau l'espèce. La présence historique de l'espèce parait suspicieuse aujourd'hui compte tenu de la répartition strictement méditerranéenne de l'espèce, mais il n'est pas impossible que sa répartition passée ait été bien plus vaste comme en attestent d'autres mentions dans le département, notamment à la grotte du Ker de Massat où l'espèce fut citée à plusieurs reprises.

VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DU MINIOPTERE DE SCHREIBERS, MURIN DE GRANDE TAILLE ET RHINOLOPHE EURYALE

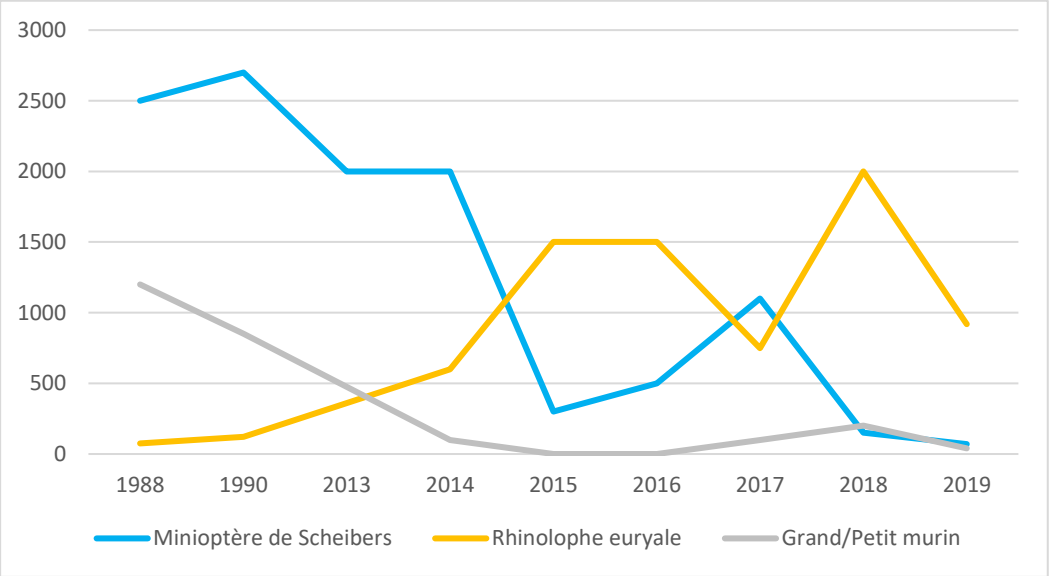




TENDANCES. La compilation des différentes sessions de suivi au mois de juillet permet d'identifier certaines tendances des principales espèces se reproduisant au sein du site :

- Le Minioptère de Schreibers subit une régression très importante et alarmante ;
- Les Grands/Petits murins subissent eux aussi une régression très importante et alarmante ;
- Le Rhinolophe euryale suit une tendance positive.

COURBE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERE DE SCHREIBERS, MURIN DE GRANDE TAILLE ET RHINOLOPHE EURYALE ADULTES DE 1988 A 2019 EN PERIODE DE REPRODUCTION (JUILLET).



MENACES. La chute des effectifs de Minioptères de Schreibers et des Grands/Petits murins semble récente mais, néanmoins, spectaculaire. Différents événements marquants ont eu lieu et pourraient expliquer, au moins en partie, les tendances observées :

- L'aménagement du site et notamment le blocage partiel de la salle Mandement par un mur de parpaing posé pour la conservation du patrimoine archéologique. Le Minioptère de Schreibers et les Grands/Petits murins sont de grands voiliers nécessitant de vastes volumes pour se déplacer, ce qui pourrait être incompatible avec ce mur, tandis que le Rhinolophe euryale a une écologie, elle, tout à fait compatible avec ce genre d'aménagement ;
- Deux épisodes de mortalités anormales, successifs, en 2013 et 2014. Des prélèvements de cadavres ont été faits pour analyse via le réseau SAGIR, mais sans résultat. Une forte sécheresse couplée à une forte fréquentation des automobiles dans la grotte aurait pu provoquer l'accumulation de gaz carbonique et l'empoisonnement des plus jeunes individus.

Ces théories ne sont que des hypothèses qui doivent être explorées à travers des études urgentes, permettant de démêler la répartition spatio-temporelle des colonies au sein du site, pour délier d'éventuelles exigences écologiques à des facteurs de stress. Cette étude pourrait être complétée par des études plus poussées de l'état de santé des populations, d'un point de vue sanitaire (virologie, métaux lourds).

Enfin, d'autres menaces existent via l'activité touristique et archéologique exercée au sein du site. En effet, l'éclairage et la fréquentation humaine au sein des secteurs utilisés par les chauves-souris peuvent avoir un impact significatif sur la reproduction. Cependant, du fait des liens tissés entre le SESTA (gestionnaire du site), le PNR et l'ANA-CEN Ariège, ces sources de dérangements sont maintenues à leur minimum grâce à la communication entre les structures et la prise en compte de la phénologie des espèces sensibles. L'intégration du site au sein du projet de Réserve naturelle nationale souterraine permettra d'accroitre cette communication afin d'amoindrir considérablement le niveau de menace sur le groupe des chiroptères.

- LES COLEOPTERES

Il s'agit d'une des plus célèbres grottes de l'Ariège, y compris sur le plan entomologique. Bien que très anciennement connue pour son entomofaune, elle n'a semble-t-il bénéficié d'aucunes prospections récentes pour rafraichir les données disponibles. Une sous-espèce y a été décrite. (*Aphaenops tiresias azilensis*) par Jeannel (1916) mais les entomologistes biospéléologues s'accordent pour ignorer ce taxon jamais repris d'une espèce très peu probable dans ce secteur. On peut supposer que la faune de la grotte du Mas d'Azil est la même que celle de Pérounard (ou Peyronnard) toute proche.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
COLEOPTERA	Carabidae	*Geotrechus trophonius*	X		Massif	< 2000	ABEILLE, 1872
		Cerbaphaenops cerberus inae qualis	X		Massif	?	ABEILLE, 1872
		Geotrechus orpheus doderoi		X	Massif	?	ABEILLE, 1872
	Leiodidae	*Speonomus abeillei*	X		Massif	?	ABEILLE, 1872
		Anthrocharis querilhaci	X		Massif	?	?

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

La grotte du Mas d'Azil est la grotte emblématique du territoire. Une concession pour l'exploitation touristique de la grotte a été conclue avec le Département de l'Ariège en 2020.

L'exploration de la grotte du Mas d'Azil débute en 1849 par l'abbé Pouech (Pouech, 71 J). Il s'engouffre dans les hautes galeries de la rive droite et contribue à révéler le potentiel paléontologique du site. La grotte est considérablement remodelée lors de la construction du premier tracé de la route en 1859 puis en 1876/1877 lors de sa reconstruction.

Garrigou, Filhol ou encore Régnault interviennent sur site. Piette dirige des fouilles entre 1887 et 1896 prolongées par l'abbé Breuil envoyé en 1901-1902. Piette dégage en rive gauche une séquence stratigraphique raccordant enfin le Paléolithique et le Néolithique via l'invention de l'Azilien. Breuil, ensuite accompagné de Cartailhac puis Bégouën, convertissent cette cavité en grotte ornée dans les premières années du XX^{e} siècle, lors du grand mouvement scientifique de reconnaissance de l'art quaternaire.

Joseph Mandement transforma la grotte en l'une des principales attractions touristiques de l'Ariège. En 1937, il enrichit de plusieurs galeries la grotte et met au jour la galerie ornée Breuil en hommage à l'abbé. Dès 1935, à l'instigation de Breuil, afin de conduire une comparaison de l'Azilien méridional avec le Mésolithique breton, les époux Péquarts fouillent la rive gauche. En rive droite, ils dégagent la galerie des silex. Bien d'autres encore comme Maurette, Miquel, Ladevèze, Cau-Durban, et Maury (qui finira par être l'un des principaux collaborateurs de Piette) et de nombreux chercheurs de trésors paléolithiques, plus ou moins clandestins, se succèdent dans la grotte. André Alteirac poursuit les recherches de 1961 à 1972. Il met au clair le potentiel archéologique du lieu, à commencer par les explorations pariétales de Denis Vialou, aidé de celles conduites à ses côtés par Leclercq. En 1990, Rouzaud dirige une vaste entreprise de levée topographique. Depuis 2011, les fouilles continuent sous l'égide de l'INRAP (2011-2013) dans un cadre préventif. Le TRACES est un laboratoire de recherche archéologique très actif sur ce secteur : la recherche archéologique est au cœur de l'histoire de la grotte du Mas d'Azil, depuis la construction de la D119 aux côtés de l'INRAP sur la partie archéologie préventive. En 2013-2023, Marc Jarry, Céline Pallier, François Bon et Laurent Bruxelles, regroupés dans un

Projet collectif de recherches, réalisent une synthèse historiographique, archéologique et géologique du site (Bon, *et al.*, 2023).



Plan de la grotte de Jean-Jacques Pouech, conservé aux archives départementales de l'Ariège, 71 J 107.

Paléontologie :

Rhinocéros laineux, mammouth, ours des cavernes, cheval, bouquetin, isard, cerf elaphe, chevreuil, renne, sanglier/porc, mégaceros, hyène des cavernes, lynx boréal, lion des cavernes, saumon, renard, grand canidé, blaireau, cétacés, auroch…

Micro-faune (Stoetzel, *et al.*, 2024) : une espèce de lagomorphe, neuf espèces de rongeurs, une espèce de taupe et une espèce de musaraigne et plusieurs chauves-souris non identifiées ont été reconnues. Des restes d'amphibiens (principalement des grenouilles) et de plusieurs espèces de petits passereaux (ainsi que trois phalanges distales appartenant à un petit rapace ont également été retrouvés, castor…

Archéologie :

Cette cavité a connu, au gré des variations climatiques quaternaires, plusieurs épisodes de comblements alluviaux et de vidanges, laissant plusieurs séquences sédimentaires emboitées. Fréquenté aux époques néolithiques et protohistoriques, ce gisement archéologique exploité depuis le milieu du XIX^{e} siècle, est surtout célèbre pour l'Azilien dont il guida la reconnaissance (Piette, 1889 ; et Piette, 1895) et pour le Magdalénien (Delporte, 1979) dont il est une référence européenne majeure. Les fouilles successives, au premier rang desquelles celles de Piette à la fin des années 1880, ont en effet permis de réunir une remarquable collection, laquelle compte plusieurs chefs-d'œuvre de l'art mobilier de cette période (Piette, 1907 ; Péquart et Péquart, 1960 ; Péquart et Péquart, 1961a, Péquart et Péquart, 1961b, Clottes, *et al.*, 1981 ; Schwab, 2008). L'Aurignacien y a également été récemment confirmé (Jarry, *et al.*, 2017) grâce au programme pluridisciplinaire en cours (Jarry, 2015). Le Magdalénien fournit les occupations les mieux documentées. La rive gauche, large terrasse abritée par le porche sud, en a livré de riches niveaux d'habitats. En rive droite, les observations récentes confirment que si les aires de séjour se développent dans les étages supérieurs (Rotonde, galerie des Silex, à l'abri des courants d'air froid), les étages inférieurs (salle Piette) apparaissent comme des zones de rejets. Des galeries profondes, la plupart d'accès difficiles ont permis la conservation d'œuvres pariétales (Jarry, *et al.* 2021b).

La grotte du Mas d'Azil présente une grande richesse en vestiges témoignant des occupations humaines du Paléolithique supérieur, période qui correspond à l'arrivée en Europe d'*Homo sapiens*, remplaçant *Homo neanderthalensis* il y a environ 40 000 ans, jusqu'à l'émergence, il y a environ 11 700 ans des premières sociétés mésolithiques, elles-même bientôt remplacées par les sociétés agro-pastorales du Néolithique. Dans cet ensemble, la grotte du Mas d'Azil est une référence européenne exceptionnelle, notamment pour les dernières cultures du **Paléolithique** : le Magdalénien (17 000 à 14 000 avant le présent) et l'Azilien (14 000 à 11 700 avant le présent). La grotte est d'ailleurs éponyme de cette dernière culture. Les séquences archéologiques y sont particulièrement puissantes et riches, en quantité comme en qualité. En outre, c'est une grotte ornée avec plus d'une centaine de représentations du bestiaire préhistorique et de signes géométriques (Jarry, *et al.*, 2023).

En rive droite :

Aurignacien : lithiques (grattoirs, nucleus, lamelles), faunes (cheval, renne, bison), outillage en os (pinçons) et parures (perles en dents d'animal, en ivoire ou coquillages perforées)

Indices solutréen/badegoulien : coquillages perçés, esquilles de silex

Magdalénien : lithiques, outillage en os, parures, art mobilier (dent de cachalot) et pariétal, faunes (rennes), foyers

Mésolithique : niveau de cendres

En rive gauche :

Magdalénien : lithiques, outillage en os, parures, art mobilier, faunes (rennes), foyers

Azilien : lithiques, outillage en os (harpons en bois de cervidés, plats, perforés et en forme de sapins), parures, art mobilier (galets peints), faunes (cerf élaphe, poissons et escargotières), foyers

Mésolithique : lithiques, outillage en os, faune, foyers

Le premier à véritablement identifier la présence de niveaux « appartenant aux premiers âges des métaux et peut-être même à l'époque de la pierre polie (poterie non tournée) » est Félix Garrigou qui s'est basé sur les objets qu'il a ramassés avec J.-J. Pouech suite aux travaux des Ponts et Chaussées (Garrigou, 1867, p. 493). Félix Régnault y ramasse deux belles haches polies.

Néolithique (Chasséen/Chalco) : lithiques, macro-outillage, outillage en os, dolmens, céramiques, faune, ossements humains, parures (grains de collier en ambre, en os, en pierre, des poinçons, des grains de collier en nacre ou en os, des dentales dont la pointe a été cassée pour pouvoir les enfiler et en faire des colliers, des pendeloques en coquille de pectoncle, turritelles percées, quelques silex, un petit grattoir rond à bords abrupts, haches en pierre polie…

Age des métaux : âge du Bronze : céramiques, faune (cerf elaphe, sanglier, lièvre ou lapin, fouine, renard et du hérisson), pendeloques en métal, hameçons en os, dépôts de haches à petits ailerons, épingles, bracelets, un lingot…

Antique : pas de vestiges identifiés

Médiévale : en rive gauche, céramique XII/XIII^{ème} siècle

Moderne : tessons de céramiques XVI^{ème} siècle. À la période Moderne, elle a été exploitée activement, avec les conséquences imaginables pour les couches archéologiques plus anciennes, pour la fabrication du salpêtre. Ici, dans la salle Dewoitine, il peut être observé des monticules particuliers, disposés en arcs de cercles : ce sont des rejets de cuves de traitements des sédiments pour en extraire les précieux cristaux.

REPONSES AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Étroitement lié aux enjeux chiroptère, géologiques, paléontologiques et archéologiques, site majeur à protéger.

VOLET CONNAISSANCE.

Sur le volet chiroptères, la grotte du Mas est un des sites d'étude du projet LIFE Natur'adapt : ce projet permettra de construire des actions de gestion en lien avec le changement climatique. Des études urgentes sont également à mener afin de tester les hypothèses susmentionnées sur les causes du déclin des populations de Minioptères de Schreibers et des Grands/Petits murins (pose d'un mur pour la protection de l'art pariétal, concentration des gaz carboniques issus de la circulation).

Sur le volet archéologie / paléontologie, l'INRAP est un laboratoire de recherche archéologique très actif sur ce secteur : la recherche archéologique est au cœur de l'histoire de la grotte du Mas d'Azil, depuis la construction de la D119.

VOLET VALORISATION.

Les collections de la grotte du Mas d'Azil, sont largement dissimilées partout dans le monde. Les collections Pequarts et Mandement sont en partie conservées au musée du Mas d'Azil. Les collections Piette sont au musée d'Archéologie nationale de Saint-Germain-en-Laye, dans la salle qui porte son nom. Quant à l'héritage des recherches d'autres protagonistes tels que Filhol, Garrigou ou Régnault, un travail de recollement de leurs collections paraît nécessaire ; les collections sont conservées pour l'essentiel au Muséum d'histoire naturelle de Toulouse. Les collections Pouech sont maintenant conservées par le Département de l'Ariège.

La grotte du Mas d'Azil est déjà un site très fréquenté : route départementale traversante, musée, visites pédagogiques… C'est donc un site vitrine incontournable dans le projet de RNNS. La cohabitation avec les chauves-souris, la géologie, les intérêts archéologique et paléontologique de la grotte sont des thématiques qui pourraient être abordées par panneautage, lors des visites ou encore dans le musée.

LA GROTTE DE PEYRONNARD

ID = 15

				
Patrimoine naturel - intérêt		++	++	++
Menace et/ou Vulnérabilité Responsabilité	oui	X Départementale		
Valorisation et pédagogie scientifique	Non prioritaire			
Science et recherche	Non prioritaire			

Site de la directive "Habitats, faune, flore"

FR7300841 - Queirs du Mas d'Azil et de Camarade, grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat

Type de zone : 1

ZNIEFF 730011977
Le Plantaurel occidental

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012019
Le Plantaurel

CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	LE MAS D'AZIL	**Ensemble géographique**	Les Petites Pyrénées et le Plantaurel
Parcelles concernées	2 parcelles privées	**Superficie planimétrée estimée**	3.8 ha

Localisation du site

(IGN 1 : 8 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux & usages en surface

La grotte de Peyronnard est située au sein du synclinal du Plantaurel, pratiquement à l'aplomb de la grotte du Mas d'Azil. Ce plateau regorge de vallons secs, de dolines et de grottes (Jarry, *et al.*, 2021). Elle se situe dans une zone boisée entourée de prairies.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

La grotte de Peyronnard est située sur le site Natura 2000 Queirs du Mas d'Azil et de Camarade, grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat, comme la grotte du Mas d'Azil et celle de la carrière de Sabarat. Elle est soumise au même document d'objectifs. Les parcelles agricoles en surfaces sont concernées par des MAEc « systèmes herbagers et pastoraux ».

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Plantaurel

Altitude entrée 462m **Développement** 130 m **Profondeur** -32 m

Description cavité

Cette cavité a un développement de 130 m pour un dénivelé de – 32m. Son porche s'ouvre sur une large salle circulaire, qui est formée par un effondrement d'une partie de la voûte. Sa surface topographique est d'environ 30 x 25 m et une hauteur comprise entre 3 et 4 m sous plafond (au fond de la salle). Son importante inclinaison est dûe à des blocs plurimétriques formant un long talus (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2019 ; Bruxelles, *et al.*, 2021 ; Souquet, *et al.*, 1979 ; Jarry, *et al.* 2021).

Cette salle mène à 2 réseaux : le premier est composé de petites galeries déclivées, de ressauts et d'un couloir horizontal d'une dizaine de mètres (réseau Nicole). Plus vaste, le second conduit à 3

salles de petites dimensions par un accès difficile (réseau inférieur). Les chauves-souris[44] sont localisées dans les endroits les plus reculés de la cavité (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2019).

Hydrogéologie /substrat

La cavité est creusée dans un substrat de calcaires du Thanétien inférieur (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2019 ; Souquet, *et al.*, 1979 ; Jarry, *et al.* 2021), à proximité du contact calcaire/marnes (Jarry 2017a). Un grand cône de débris, constitué par des cailloux, des blocs calcaires (issus de la surface) et de gros galets, recouvrent le sol et ennoient la base des concrétions de condensation de la voûte. Ces dernières témoignent par ailleurs du rôle de piège à froid de la grotte, dû à sa configuration. À l'ouest de la cavité, des limons sableux jaunes se sont déposés sur un éboulis de blocs calcaires allochtones (Jarry, *et al.* 2021). Une circulation hydraulique est attestée par un remplissage constitué de : « […] petits cailloux, de sables grossiers lités, dans une matrice indurée de sables fins ocre rouille. » (Jarry, *et al.* 2021, p. 77). Dans l'état actuel des connaissances, il est difficile de corréler la temporalité du creusement de la cavité avec cette dynamique d'écoulement. Les indices de gélifractions sont des concrétions fissurées par le gel (au fond de la cavité) (Jarry, *et al.* 2021) et les quelques colmatages de grès (Bruxelles, *et al.*, 2021). À l'heure actuelle, il reste difficile de raccorder cette grotte à un type de spéléogenèse au regard des minces indices morphologiques relevés (Bruxelles, *et al.*, 2021).

Biocorrosion

Les concrétions attestent de traces de corrosion fugaces et localisées mais ne permettent pas de définir une origine spécifique. Néanmoins, sur plusieurs sommets de stalagmite, il y a des traces de biocorrosion qui seraient peut-être d'origine animale (oiseau), telles que la présence d'ossement de rongeurs (pelotes de réjection) et de déjection en décomposition. Cependant, les chercheurs préconisent des observations complémentaires sur ce phénomène avant de confirmer cette hypothèse.

Usages

La fréquentation par les spéléologues y est peu importante. En revanche, elle est fréquentée par des particuliers, locaux ou touristes, non-initiés à la spéléologie et n'ayant pas connaissance des risques encourus ni des atteintes et dérangements qu'ils peuvent causer à l'habitat et à la faune présente.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance
Chiroptères	10	Bon
Arachnides	10	Moyen, dont 1 Pseudoscorpion
Lépidoptères	1	Faible
Coléoptères	7	Bon

ENJEUX NATURALISTES

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ Les suivis de cavités

La grotte de Peyronnard est un site principalement identifié pour l'hibernation et a de ce fait été principalement suivie aux mois de janvier voire février depuis 2002 de façon assez régulière. Quelques visites opportunistes à d'autres saisons sont à noter.

- **Suivi de l'hibernation** : presque chaque année, entre mi-janvier et mi-février, ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.
- **Suivi du transit** : deux visites en période de transit automnal et printanier ont été réalisées par l'ANA – CEN09, respectivement en novembre 2018 et mai 2020.
- **Suivi de la reproduction** : le site n'est pas connu pour abriter la reproduction, aucun suivi n'est donc réalisé.

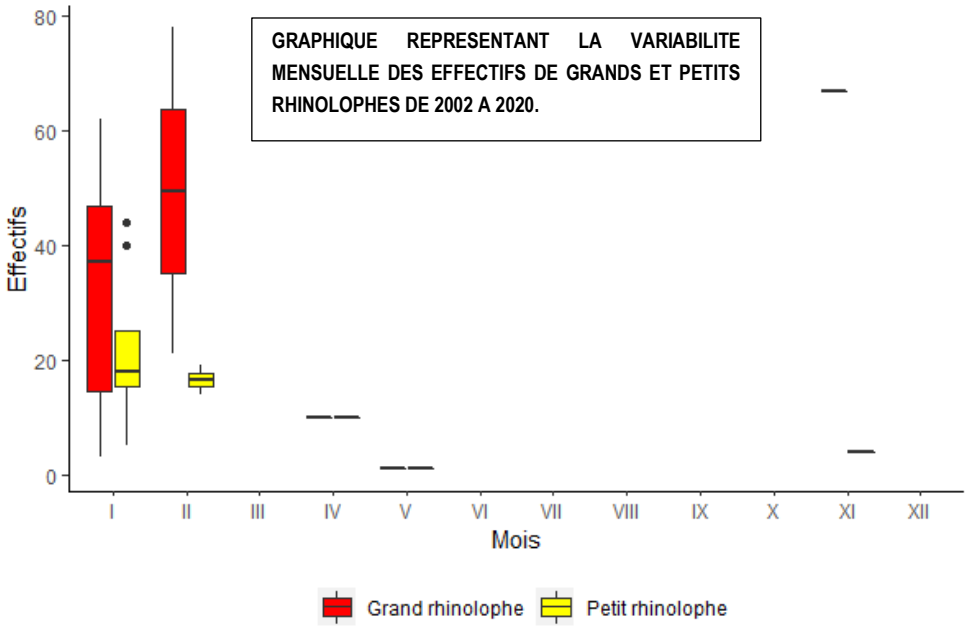
[44] Il s'agit de Grand rhinolophes, Murins de Natterer, Barbastelles d'Europe, Murins de Daubenton, Murins à oreilles échancrées (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2019)

- ❖ <u>Les opérations de captures au filet.</u> Une capture au filet a été réalisée en septembre 2016 par Sylvain Déjean (CEN Occitanie) et Boris Baillat (ANA-CEN09).
- ❖ Les suivis acoustiques

Un enregistreur a été posé à l'entrée du site en mai 2020 dans le but d'étudier la fréquentation du site par le Murin de Bechstein mais des données pour l'ensemble du cortège des chiroptères ont été recueillies. Elles seront détaillées dans le paragraphe Phénologie mais non intégrées au tableau lié à la Richesse spécifique, l'acoustique ne permettant pas d'assurer que les espèces contactées fréquentent la cavité.

RICHESSE SPECIFIQUE. La liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2014 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**X**	**5 – 21 – 44**	**1 – 4**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**X**	**3 – 35 - 78**	**1 - 67**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**X**	**0 - 25**	**X**
Barbastelle d'Europe	***Barbastella barbastellus***	**X**	**0 – 1**	**X**
Murin de Bechstein	***Myotis bechsteinii***	**X**	**0 – 1**	**X**
Murin cryptique	***Myotis crypticus***	**X**	**0 – 1**	**X**
Murin de Daubenton	***Myotis daubentonii***	**X**	**0 – 2**	**X**
Murin à oreilles échancrées	***Myotis emarginatus***	**X**	**0 - 1**	**X**
Murin à moustaches	***Myotis mystacinus***	**X**	**0 - 2**	**X**
Pipistrelle indéterminée	***Pipistrellus* sp.**	**X**	**0 - 1**	**X**
Nombre d'espèces	10	X	10	2



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE GRANDS ET PETITS RHINOLOPHES DE 2002 A 2020.

PHENOLOGIE. La phénologie d'occupation de la grotte de Peyronnard est très peu connue pour cette cavité essentiellement suivie en hiver. Une visite en novembre 2018 a montré la présence d'un bel essaim de Grands

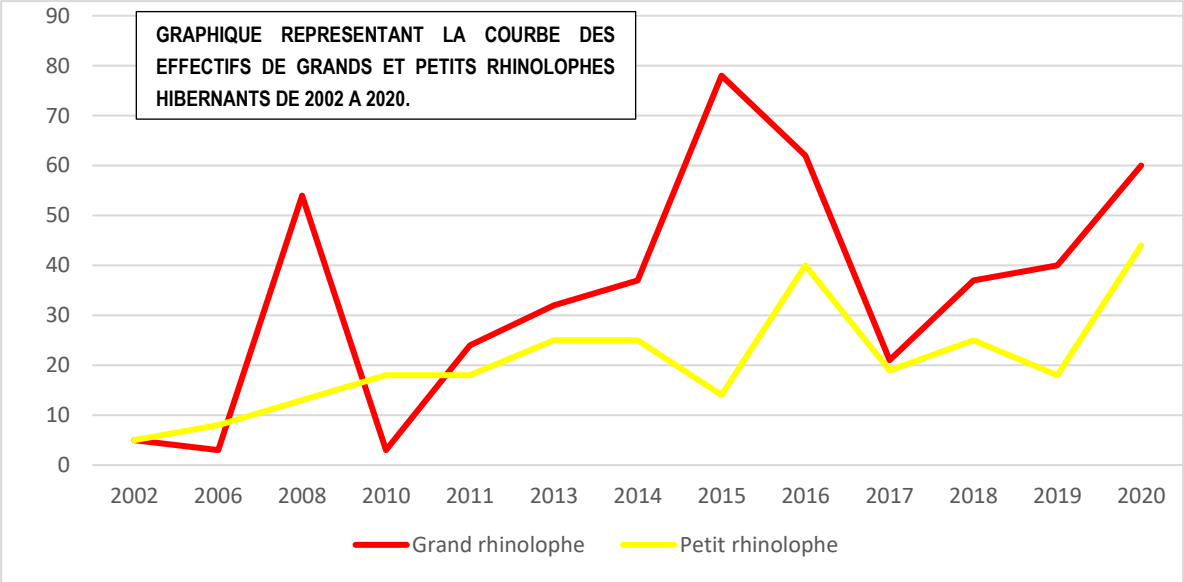
rhinolophes vraisemblablement proches de l'hibernation. Une autre visite en mai 2020 n'a montré la présence que de 2 individus. Les traces de guano dans le site ne suggèrent ni présence de colonie de reproduction, ni colonies présentes de façon prolongée en transit.

Cependant, une capture en septembre 2016 a montré une forte affluence de nombreuses espèces au cours de la nuit. Des effectifs marqués de Murins de Bechstein et de Grands rhinolophes avec un sex-ratio biaisé en faveur des mâles plaide en faveur d'une utilisation de la grotte comme site de swarming.

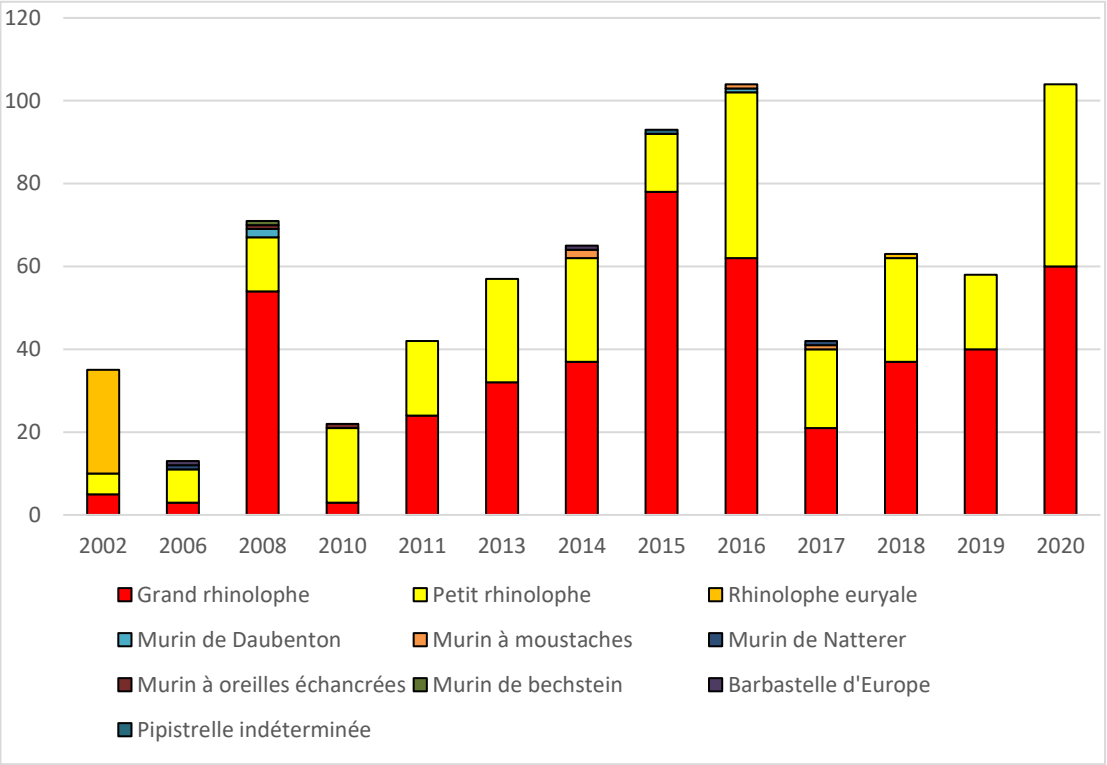
Aussi, un suivi acoustique réalisé en mai 2020 a montré une présence vraiment très élevée des 3 espèces de Rhinolophes ainsi que du Murin à oreilles échancrées au niveau de l'entrée. Il est possible que le site soit utilisé comme reposoir nocturne pour une colonie possiblement installée en bâti à proximité. Les niveaux d'activité exceptionnellement élevés méritent de se pencher plus sérieusement sur les gîtes occupés par une colonie vraisemblablement populeuse.

TENDANCES. Le site a donc été suivi depuis 2002 à 2020 presque chaque hiver et permet d'analyser quelques tendances pour les deux espèces les plus présentes et régulières : le Grand rhinolophe et le Petit rhinolophe :

- Le Petit rhinolophe montre une progression positive assez nette bien que lente ;
- Les effectifs de Grands rhinolophes montrent une forte fluctuation bien que la tendance générale semble être à l'augmentation.



Ces résultats sont à l'image des tendances à la hausse de ces deux espèces et sont donc encourageants. Cependant, la forte fluctuation des effectifs de Grands rhinolophes ne s'observe en général que peu sur les sites calmes. Il conviendrait donc de réaliser un suivi de la fréquentation de ce site, voire la mise en œuvre de mesure de mise en tranquillité (périmètre grillagé) afin de pérenniser le calme au sein du site. Les suivis hivernaux montrent une diversité globale intéressante pour les Vespertillonidés malgré une occupation en de faibles effectifs et de façon non régulière hiver après hiver comme en témoigne le graphique suivant.



La capture réalisée en septembre 2016 a montré que les Grands rhinolophes sont présents sur le site dès le mois de septembre où ils doivent être actifs. Une action pourrait être menée pour tenter de retrouver la colonie de mise-bas liée à cette colonie par une opération de suivi télémétrique sur des femelles adultes. En effet, des opérations identiques ont été menées en Vendée sur des sites de transit automnaux où des femelles adultes s'étant reproduites au cours de l'année ont été équipées d'un VHF. Le suivi a permis de retrouver le site de mise-bas où la femelle pouvait se rendre plusieurs fois au cours de la nuit. La reproduction de l'espèce étant très mal connue dans le département, la découverte d'une colonie de mise-bas au sein du site Natura 2000 serait une excellente nouvelle pour l'espèce et pourrait permettre de mener des actions auprès des propriétaires pour la conservation de l'espèce.

Cette capture a aussi permis de montrer l'intérêt du site pour le « swarming » chez plusieurs espèces, notamment le Murin de Bechstein pour lequel plus de 12 individus ont été capturés (B. Baillat, comm. pers.). Cela induit que le site est vraisemblablement utilisé par de nombreuses espèces (pas seulement les cavernicoles) pour l'accouplement et autres échanges sociaux qui ont lieu à l'automne.

MENACES LIEES AUX ESPECES. La grotte étant indiquée sur la carte IGN et les Grands rhinolophes hibernant dans une petite salle étriquée, représentent la principale menace liée au dérangement qui pourrait être occasionné au cours de l'hibernation de cette espèce par une personne non avertie des comportements à adopter en présence de chiroptères. Le site abritant essentiellement l'hibernation d'espèces anthropophiles, ces individus peuvent aussi être menacés au cours de la période estivale de reproduction sur leur gîte de parturition, ce qui peut nettement impacter la dynamique des effectifs hibernants.

D'après les habitants, la grotte de Peyronnard est un site régulièrement fréquenté des locaux. Elle est aussi située entre la grotte du Mas d'Azil et le Cap del Puech, deux sites fréquentés au Mas d'Azil. Les projets de sentiers qui relieront ces deux points doivent anticiper le dérangement potentiel que provoquerait un cheminement passant par la grotte, notamment en l'absence de panneau qui mettrait en garde des dangers et des périodes de sensibilité.

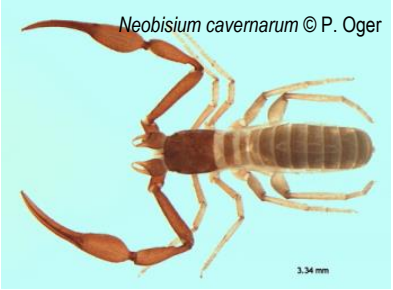
- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. La cavité a été visitée pour la première fois en 1929 par Jeannel et Racovitza, mettant en avant une belle diversité d'invertébrés. Aucune donnée précise n'a pu être retrouvée sur les arachnides dans la bibliographie. Les premières données contemporaines remontent à 2008, où les premières espèces de grande taille ont été notées en même temps que les prospections chiroptérologiques. Les dernières observations datent de 2017 ; ces dernières ont été plus ciblées sur le cortège arachnologique. Mais des prélèvements d'autres ordres comme les pseudoscorpions, ont permis de mettre en avant d'autres espèces.

RICHESSE SPECIFIQUE. Le site accueille une belle diversité avec 9 espèces réparties dans 7 familles ; du cortège troglophile classique à certains taxons plus endémiques et originaux. Le grand porche d'entrée fait la transition entre le reste de la cavité plus obscure, mais ce dernier semble néanmoins le plus riche puisque s'y trouvent aussi les espèces plus lucifuges. Ainsi les communes *Eratigena inermis* et *Meta* spp, accompagnées de *Nesticus cellulanus* et *Chorizomma subterraneum,* font la transition avec les espèces plus hygro-sciaphiles venues de la forêt comme *Saaristo abnomris* et *Palliduphantes alutacius*, des troglophiles occasionnelles et *Leptoneta convexa* et *Robertus mazaurici* beaucoup moins lucicoles.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Agelenidae	*Eratigena inermis*		X	Pyrénées et Cantabriques	2010	Déjean
	Hahniidae	*Chorizomma subterraneum*		X	Sud-Ouest	2015	Déjean et Ponel
	Leptonetidae	*Leptoneta convexa*	X		Ariège (Ouest) et Haute-Garonne (Est)	2016	Déjean
	Linyphiidae	*Palliduphantes alutacius*		X		2017	Déjean et Rudelle
		Saaristoa abnormis		X		2015	Déjean et Ponel
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X		2016	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta menardi*		X		2008	Déjean
		Metellina merianae		X		2015	Déjean et Ponel
	Theridiidae	*Robertus mazaurici*	X		Sud de la France	2015	Déjean et Ponel
Pseudo-scorpions	Neobisiidae	*Neobisium cavernarum*	X		Pyrénées	2015	Oger et Ponel

La population de *L. convexa* du Mas d'Azil est la plus excentrée vers le nord et en « isolat » par rapport à sa répartition principale localisée dans le secteur de Saint-Girons. A l'inverse la population de *R. mazaurici* est bien répartie dans cette partie du Plantaurel avec des cavités situées dans un contexte assez chaud et d'affinité méditerranéenne. Ces deux taxons sont cités comme déterminants ZNIEFF pour la région Midi-Pyrénées.



Neobisium cavernarum © P. Oger

COMMENTAIRE. L'ordre des Pseudoscorpions est assez mal étudié et donc mal connu de manière générale, par conséquent sa connaissance locale est fragmentaire. Des récoltes ont permis de mettre en avant une espèce au nom évocateur, mais présent sur toute la chaîne des Pyrénées.

Enfin, aucun opilion n'a été capturé jusque-là, mais cela est surement dû à une sous-prospection.

Lors d'une sortie, un papillon hétérocère a été noté : *Scoliopteryx libatrix*. L'espèce est commune dans les grottes et largement réparti en Europe.

- LES COLEOPTERES

C'est une cavité facile d'accès, anciennement connue : on suppose qu'il s'agit de la localité typique de *Geotrechus trophonius* décrit à la fin du XIX^{eme} siècle. Elle semble assez peu visitée par les biospéléologues de nos jours, sans doute en raison d'une faune assez fréquente ailleurs dans le Plantaurel. Même si la lumière du jour pénètre presque dans toute cette cavité, les coléoptères cavernicoles y sont abondants, en particulier dans l'éboulis d'entrée et sur les suintements.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Carabidae	*Cerbaphaenops cerberus inaequalis*	X		massif	28/02/2017	Hervé BRUSTEL
	Geotrechus orpheus doderoi		X	massif	28/02/2017	Hervé BRUSTEL
	Geotrechus trophonius trophonius	X		Massif (loc type ?)	< 2000	ABEILLE, 1872
Leiodidae	*Antrocharis querilhaci querilhaci*	X		massif	28/02/2017	Hervé BRUSTEL
	Speonomus abeillei abeillei	X		massif	28/02/2017	Hervé BRUSTEL
	Speonomus stygius crassicornis	X		massif	11/05/2014	Hervé BRUSTEL, Sylvain DEJEAN
	Bathysciola meridionalis		X	massif	11/05/2014	Hervé BRUSTEL, Sylvain DEJEAN

La redécouverte de *Geotrechus trophonius* revêt un enjeu majeur de connaissance car il n'a pas encore pu être séquencé.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Le lit souterrain de l'Arize est à la fois riche géologiquement mais aussi culturellement. Cette rivière a donné son nom à une période du Paléolithique supérieur aujourd'hui inusité : l'Arizien (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2019).

L'abbé Pouech visite le « trou de Peyronar » dans les années 1850. Il réalise des croquis et rédige une petite description (Pouech ; 71 J 245, p.155).

Lors de l'inventaire d'une partie des collections du musée de la Préhistoire du Mas d'Azil réalisé dans le cadre du Master II de Léo Bassuet en 2021-2022, deux cartons référencés *Peyrounar* (1961) furent enregistrés. Le premier contient essentiellement du cervidé et du bovidé. Dans la plus petite boite, avec l'étiquette 2e salle Grotte de Peyrounard, un tesson de céramique est conservé. Une expertise archéologique et paléontologique s'est déroulée en juin 2024 avec le SRA et l'équipe scientifique du Mas d'Azil. Elle confirme la présence de mobilier archéologique (céramiques) et de faunes anciennes dans la deuxième salle.



Photographie du carton contenant les ossements de cervidés et bovidés au musée de la Préhistoire du Mas d'Azil, © Léo Bassuet.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Il est étroitement lié à la protection des chauves-souris. Une attention particulière devra être portée au projet de sentier reliant la grotte du Mas d'Azil et le Cap del Puech.

VOLET CONNAISSANCE.

Ce volet n'est pas prioritaire pour ce site.

VOLET VALORISATION.

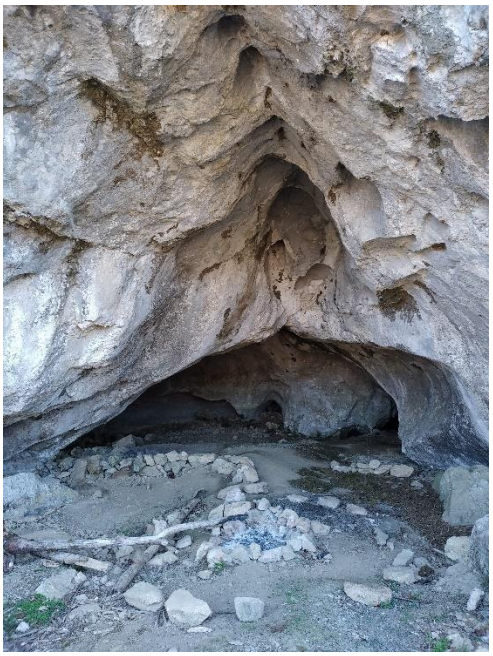
Ce volet n'est pas prioritaire pour ce site.

LA GROTTE DU KER DE MASSAT

Ou grotte du Campagnole

ID = 16

						
Patrimoine naturel - intérêt		+++	++	+	++	+
Menace et/ou vulnérabilité Responsabilité	**oui** -----	**X** Nationale				
Valorisation et pédagogie scientifique	**Intérêt fort**					
Sciences et recherches	**Intérêt fort**					



Porche d'entrée de la grotte supérieure ©Virginie Leeknegt



Ouverture sur le Ker ©PNRPA

Arrêté ministériel

du 20 novembre 1974 portant classement, au titre des monuments historiques, de la grotte ornée paléolithique située dans la parcelle n°5, lieu-dit "rocher du Ker"

APPB

FR3800251 – 1991

Réseau Souterrain De La Grotte De La Campagnole, Quer De Massat

Site Natura 2000

Directive "Habitats, faune, flore"

FR7300839 - Grotte du Ker de Massat

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012043 Montagnes d'Ercé et de Massat

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012048 Montagnes d'Ercé, d'Oust et de Massat

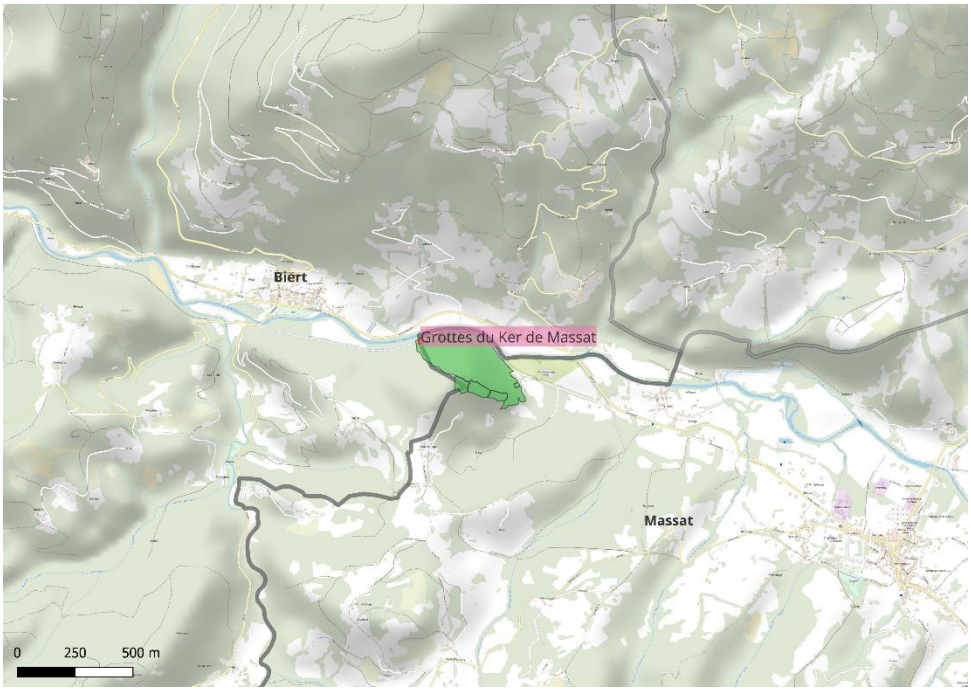
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Communes	MASSAT et BIERT	**Ensemble géographique**	Escots Lers
Parcelles concernées	6 parcelles	**Superficie planimétrée**	8.4 ha

Localisation du site

(IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux & usages en surface

En rive gauche de l'Arac, le massif du Ker de Massat s'étage entre 590 mètres d'altitude en bord de cours d'eau et 790 mètres au sommet du Ker. Il abrite 3 réseaux karstiques distincts : la grotte Rieu au niveau de la rivière, la grotte Campagnole à 610 m d'altitude et la grotte supérieur, proche du sommet (Bertrand, et *al.*, 2002). Seule la seconde cavité est classée dans le projet de la réserve. Celle-ci est située entre les villages de Massat et de Biert, au sein de la vallée de l'Arac. Cette dernière, orientée ouest-est et soumise à de fortes précipitations d'origine océanique (près de 2000 mm de moyenne annuelle) ainsi qu'à un climat montagnard rigoureux (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012).

Les parcelles agricoles situées de l'autre côté de l'Arac, au nord du Ker de Massat, tout comme l'ensemble des parcelles agricoles des communes de Biert et de Massat, sont gérées de manière traditionnelle : ce sont des prairies fauchées et pâturées permanentes pour leur totalité. Il n'y a pas de culture de maïs ou de céréales sur ces communes (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012).

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Concernant l'attrait pour les vestiges archéologiques, des traces de fouilles récentes ont été observées dans la grotte supérieure. Pour des raisons de sécurité, l'accès à la grotte de Campagnole est interdit par arrêté municipal, depuis le début des années 70. Les habitants connaissent la dangerosité du site et peu de monde s'y aventure. Plusieurs accidents ont cependant été déplorés dans cette grotte (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012).

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif	Escots Lers		**Système karstique**		
Altitude entrée	620 m	**Développement**	180 m	**Profondeur**	-10 m

Description cavité

Communicante par deux entrée, la grotte du Ker de Massat est constituée de deux galeries superposées. La partie inférieure donne sur le ruisseau souterrain et se termine par un siphon, ayant formé un réseau unique avec la grotte Rieu (Bertrand, et *al.*, 2002). La partie supérieure s'ouvre vers l'extérieur par un large porche où il y a eu des occupations préhistoriques ((Bertrand, et *al.*, 2002 ; SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012).

Hydrogéologie / Substrat

Le massif du Ker fait partie du bassin versant du Salat, dont le cours principal est l'Arac. Il marque ainsi le début du rétrécissement des gorges de Ribaouto (Barrière, 1990). Cette rivière de 27 km prend sa source dans les Pyrénées et se perd dans le Salat (EauFrance, 2017a).

Cette cavité est creusée dans des calcaires aptiens à faciès urgoniens (Crétacé supérieur). C'est un système karstique actif avec la présence d'une circulation d'eau pérenne et une zone ennoyée, dont le débit moyen enregistré est de 5-6 l/s (Bigorme, 1986). Ainsi, la grotte du Campagnole présente des morphologies singulières d'une érosion par l'eau. Dans son rapport de 2022, J.-Y. Bigot relève la présence d'anciens planchers stalagmitiques sur la paroi témoignant d'un ancien remplissage[45] fluviatile d'une hauteur de 1, 80m. L'encoche latérale, à l'entrée, montre la limite supérieure de ce remplissage. Des concrétions et des biocoupoles avec des traces d'hydroxylapatite ont également été relevées (SMSP, 1982 ; Bigot, 2022).

La grotte du Ker de Massat fonctionnait alors comme une résurgence d'un système karstique relativement restreint, dont la source est maintenant l'Arac. Le plafond de la galerie principale est un chenal de voûte[46] sur lequel il y a des coups de gouge[47]. La morphologie et la structure des galeries (banquettes et encoches) témoignent de remontées épisodiques du niveau de base (Bigot, 2022).

Biocorrosion

Dans la cavité, plusieurs indices de biocorrosion, tels que des tas de guano, des traces d'essaim installé dans des cloches naturels etc, ont été relevés dans le cadre du PCR sur la biocorrosion et la sortie de terrain de février 2022. À cette occasion, les scientifiques ont émis l'hypothèse d'une exploitation de guano ou de salpêtre. Ces auteurs trouvent une évolution similaire entre le Ker de Massat et le Mas d'Azil au sujet de la répartition entre les peintures ornées et la présence des chiroptères avec une exclusion mutuelle entre art pariétal et formes de biocorrosion (Bruxelles, dir., 2022).

Usages

Outre l'usage scientifique de la grotte, les habitants entretiennent un lien fort avec ce site, notamment par les histoires et légendes sur le Ker. Cette cavité est bien connue dans le secteur et au-delà, pouvant amener certaines personnes à venir spécifiquement pour la visiter. Une corde de 10m est installée dans la cavité.

Protection

La grotte de Campagnole (Ker de Massat) est classée Monument Historique, par arrêté du 20 novembre 1974, en raison de la présence de gravures rupestres.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	10	bon	Une espèce disparue
Arachnides	8	Assez bon	
Coléoptères	8	Bon	Effort de prospection inégal en fonction des parties du réseau

[45] Evacué lors des fouilles anciennes

[46] Surcreusement sous la forme d'un conduit, parfois serpentiforme.

[47] Cupules de dimension centimétrique à décimétrique. Elles sont de formes allongées dans le sens du courant. Elles attestent d'une érosion hydraulique intense.

Myriapodes	3		(Bertrand et *al.*, 2002)
Crustacés	9		(Bertrand et *al.*, 2002)
Collemboles	2		(Bertrand et *al.*, 2002)
Calotrition	X	Présent	

ENJEUX NATURALISTES

- LES CHIROPTERES



A gauche, essaim reproducteur de Minioptères, juvéniles au centre et adultes autour. A droite, Grands Rhinolophes hivernants

© T. Cuypers

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ **Les suivis de cavités**

La grotte du Ker de Massat est une cavité fréquentée par les chauves-souris toute l'année, mais essentiellement connue pour abriter une importante colonie de mise bas de Minioptère de Schreibers et de Murins « de grandes tailles » depuis bien longtemps. En effet, elle fait déjà l'objet de publications à ce sujet dès 1948 par Caubère & Caubère, et de plusieurs campagnes de captures et baguage par les mêmes auteurs. Cette cavité sera par la suite suivie régulièrement durant les années 80/90 par A.Bertrand, qui participera à la mise en place d'un APPB en 1991.

Aucune mention de suivi n'est disponible durant toute la décennie des années 2000. Ce n'est qu'à partir de 2011, avec la création du site Natura 2000 Grotte du Ker de Massat FR7300839 que les suivis pluriannuels reprendront.

- **Suivi de l'hibernation** : un suivi annuel est effectué entre mi-janvier et mi-février par les membres de l'ANA-CEN Ariège et du CEN Occitanie, bien souvent en partenariat avec l'OFB.
- **Suivi du transit** : aucun suivi en période de transit n'est effectué.

- **Suivi de la reproduction** : 2 comptages en période de mise bas sont réalisés par les membres de l'ANA-CEN Ariège et du CEN Occitanie. Durant la première quinzaine de juin pour les Murins « de grandes tailles » et un second la première quinzaine de juillet pour les autres espèces, notamment le Minioptère de Schreibers.

❖ **Les opérations de captures au filet.** Une capture a été réalisé le 21/09/2011 dans le cadre de la réalisation du DOCOB Grottes par S.Déjean, J.Barataud, F.Néri, A.Bertrand et B.Baillat afin de vérifier si cette cavité pouvait être un site de swarming, 4 espèces pour 49 individus auront été capturés lors de cette session.

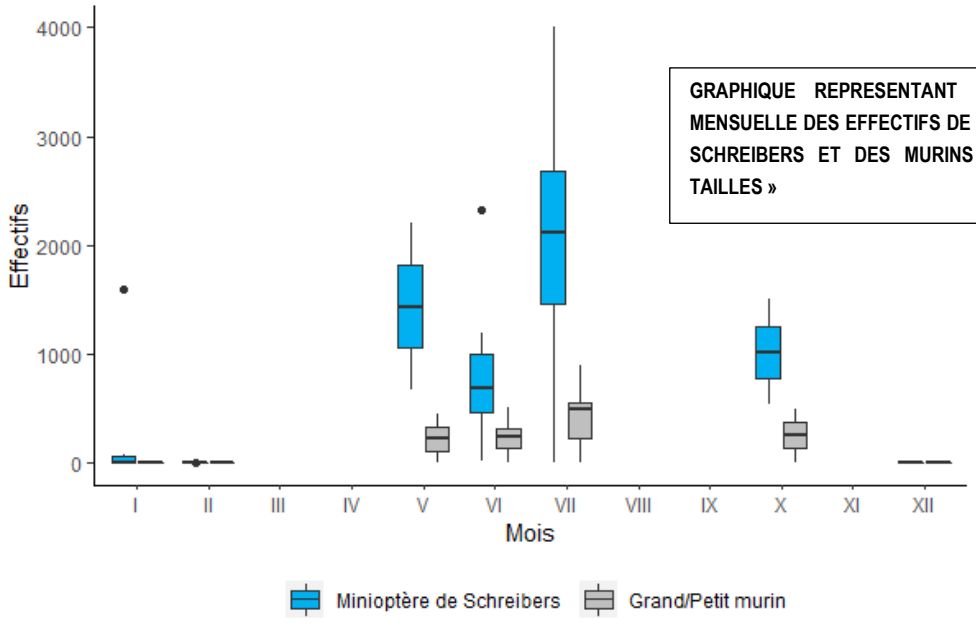
RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 1986 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	D	R / E	H	T
Barbastelle d'Europe	***Barbastella barbastellus***	**X**	**X**	**1**	**2 (capture)**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**X**	**0-2-20**	**0-39-75**	**0-1-3**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**X**	**0-323-900**	**0-2-7**	**(7-253-500; 1998)***
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**X**	**7-1483-4000**	**0-10-80 (1600;1988)***	**(540-1020-1500; 1990 et 1998)***
Murin à moustache	*Myotis mystacinus*	**X**	**X**	**2**	**X**
Murin à oreilles échancrées	***Myotis emarginatus***	**X**	**X**	**X**	**X**
Murin de Capaccini	***Myotis capaccinii***	**450****	**X**		
Murin cryptique	*Myotis crypticus*	**X**	**5**	**1**	**X**
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**X**	**0-1-5**	**0-16-32**	**2-3-5**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**X**	**4-8-13**	**X**	**1 (capture)**
Nombre d'espèces	10	1	6	7	6

** A.Bertrand mention en 1988, 1600 Minioptères de Schreibers en hibernation, ils ont été exclus de la moyenne car c'est la seule mention, de nos jours que quelques dizaines d'individus sont présent en hiver, cette grotte semble donc quand même être favorable à l'hibernation de cette espèce. Les données de transit datent de 1998, lors du passage en 2011 aucune chauves-souris n'étaient présentes en fin septembre.*

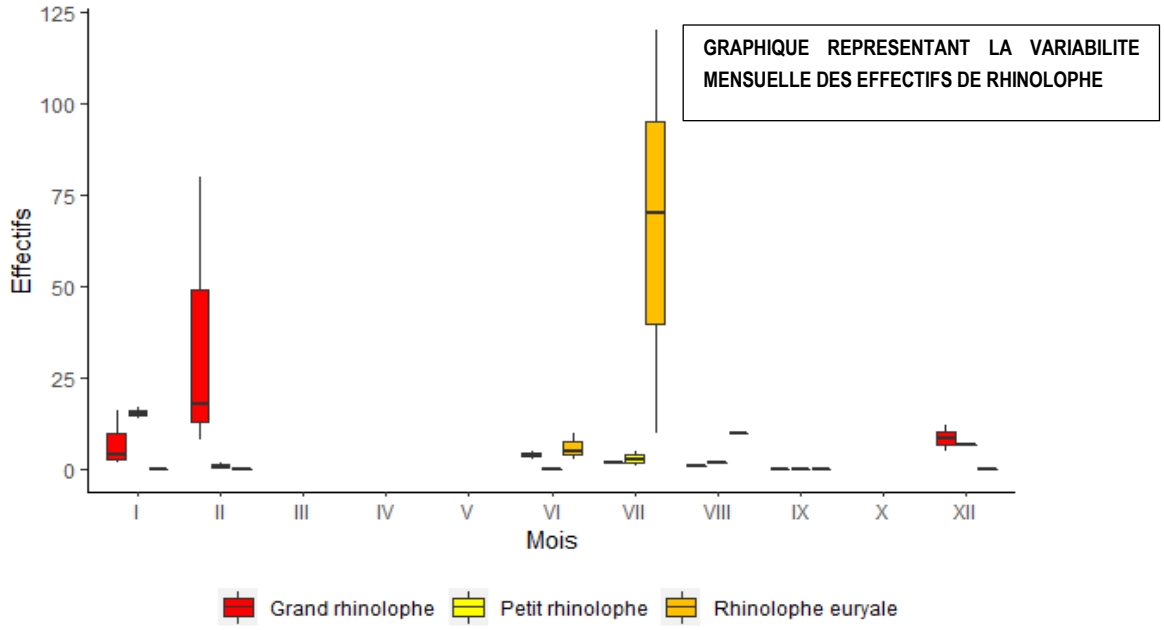
*** Le Murin de Capaccini est une espèce largement citée dans cette cavité par Caubère (1948) avec un essaim de mise bas de plusieurs centaines d'individus. Depuis novembre 2020, nous avons eu la confirmation par le conservateur du Muséum d'Histoire Naturelle de Genève (Manuel Ruedi) qu'il existait bien 2 individus (mâles) de Myotis capaccinii, conservé dans la collection du Muséum, provenant de la Grotte de la Campagnole en question. Cette information récente valide indiscutablement la présence historique de cette espèce en Ariège et à Biert. La mention sur ce site de Nycteribia pedicularia, parasite spécialiste du Murin de Capaccini (Aellen & Villy, 1963) vient encore renforcer la présence avérée de l'espèce sur le site.*

PHENOLOGIE. De nos jours et depuis de longues décennies, le site de Massat est avant tout un site de mise bas pour 3 espèces essentiellement : le Minioptère de Schreibers, le Petit et Grand murin. Ces dernières, malgré la discrimination sans capture peu évidente, semblent toutes deux s'y reproduire.



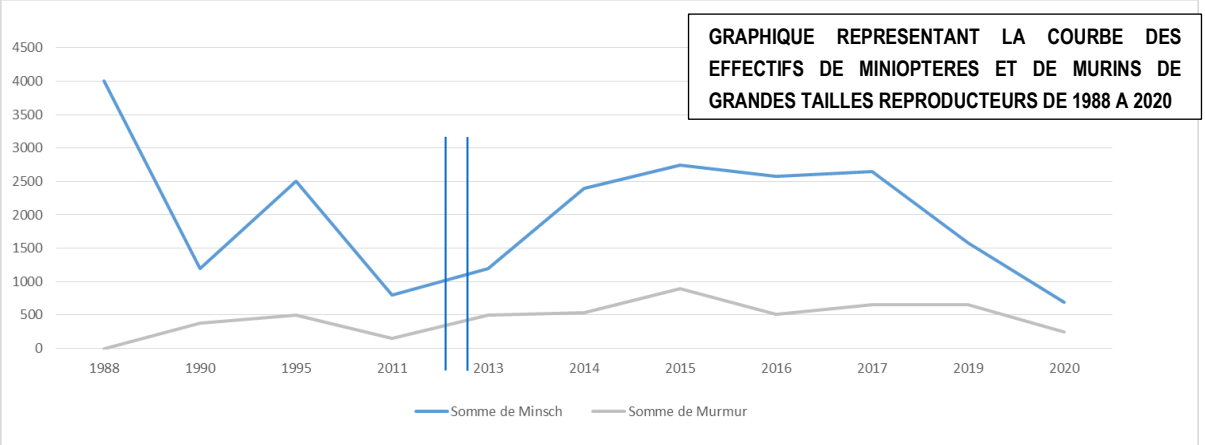
GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS ET DES MURINS « DE GRANDES TAILLES »

Une information importante est la mise en évidence de la reproduction de Grands rhinolophes dans la cavité avec quelques individus en 2020. La reproduction en petits effectifs du Rhinolophe euryale n'est pas non plus à exclure et reste potentielle. Il n'est pas évident de savoir exactement quand arrivent et repartent les effectifs reproducteurs dans cette cavité ainsi que si des effectifs en transit sont présents en l'absence (ou quasi absence) d'informations durant les mois de mars, avril, aout, octobre et novembre. Il serait important d'affiner cette connaissance sur ce site majeur à ces périodes. En hiver, généralement un petit essaim de Grands rhinolophes et/ou de Minioptères de Schreibers est présent. Quelques autres espèces sont aussi présentes ponctuellement.



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE RHINOLOPHE

TENDANCES. Les tendances durant la période de mise bas ne semblent pas favorables aux Minioptères de Schreibers : on enregistre une diminution lente mais significative des effectifs reproducteurs au sein de cette cavité. Toutefois des fluctuations interannuelles sont à noter, rendant l'analyse assez délicate. Les Murins de grande taille, eux, semblent montrer une certaine stabilité dans les effectifs.



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA COURBE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES ET DE MURINS DE GRANDES TAILLES REPRODUCTEURS DE 1988 A 2020

En hiver, il semblerait que les Grands rhinolophes affichent une tendance à la hausse, alors que le Minioptère là aussi affiche des fluctuations trop importantes pour pouvoir statuer sur des tendances. Dans le graphique ci-dessus, les deux barres verticales indiquent une absence de données durant 16 années.

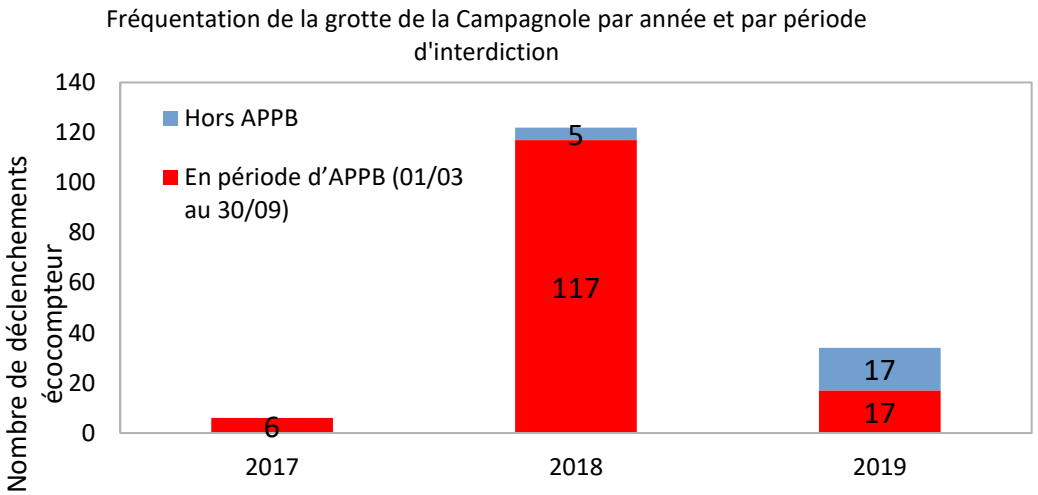
MENACES. Dans le cadre de l'animation du site Natura 2000 un éco-compteur a été installé et permets ainsi d'étudier la fréquentation humaine. L'écocompteur montre des pénétrations humaines dans la grotte en période d'APPB, lorsque le site est sensible (présentation des résultats de l'écocompteur page suivante).

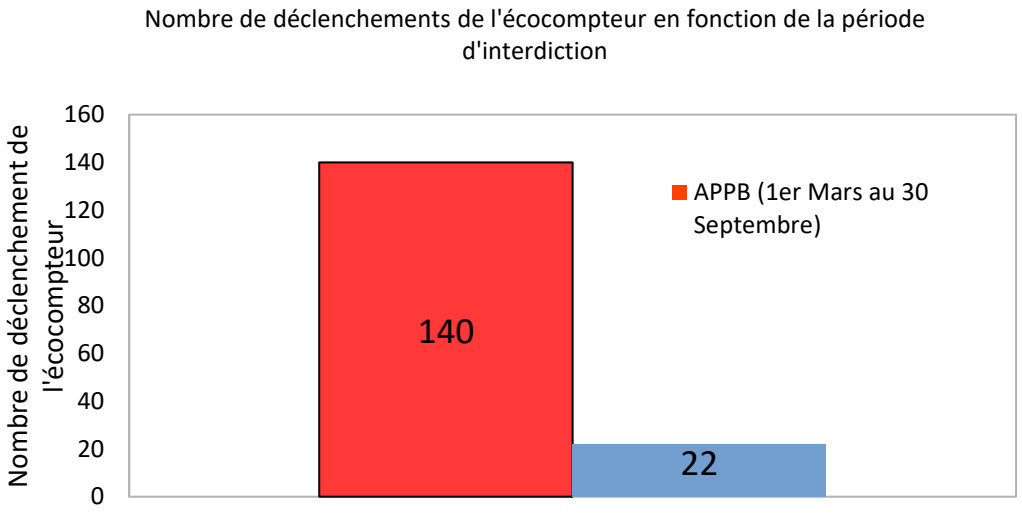
La pratique de la photographie de chauve-souris en vol peut amener un dérangement très important (nombreux flashs orientés dans l'axe principal de sortie des chauves-souris), notamment en période de reproduction lors de laquelle le site est extrèmement sensible.

En 2020, une géocache disposée dans la grotte a été enlevée après contact pris avec le gérant du site de géocaching. Bien que cette activité ait pour but la découverte et la sensibilisation des chiroptères, cette géocache venait s'ajouter aux menaces que cumule ce site.



Ci-dessus : dispositif photographique composés de nombreux flashs pour la photographie de chauves-souris en vol (source : https://www.mammalwatching.com/2014/08/14/bat-photography-in-the-french-





Ci-dessus, résultats de l'éco-compteur sur les années 2017/2018/2019

Les résultats présentés ci-dessus représentent les passages comptabilisés par l'éco-compteurs durant 3 années consécutives (2017 à 2019). Parmi ces 162 passages comptabilisés 13 sont liés aux suivis Natura 2000 soit 8% des passages.

Ils montrent que la grotte du Ker de Massat fait l'objet de nombreuses pénétrations en infraction malgré un APPB et le panneautage à l'entrée. Ces pénétrations en période d'interdiction peuvent être gravement préjudiciables au bon déroulement du cycle de vie des chiroptères.

A la vue de ces résultats un piège photographique a été installé par l'OFB. Plusieurs passages y sont documentés en période d'interdiction, notamment pour aller chercher du guano de chauve-souris. Un autre groupe de visiteurs a pu être identifié, auditionné et un procès verbal a été dressé pour non respect de l'APPB. Il s'agit du premier PV dressé pour la fréquentation d'un site souterrain ariégeois protégé par APPB.

Compte tenu de ces résultats et de la diminution des effectifs reproducteurs, il semble impératif de se questionner quant aux moyens à mettre en œuvre afin de limiter de façon fonctionnelle les pénétrations intentionnelles dans cette cavité. Un accord de principe en comité de pilotage Natura 2000 en présence du PNRPA, du CDS09, de l'OFB, du maire de Massat a été donné à la proposition de l'ANA-CEN09 d'étudier la mise en place d'une fermeture physique qui permettrait en même temps la protection du patrimoine archéologique. Un rapprochement avec la DRAC est prévu à cet effet.

- LE CALOTRITON

EFFORTS DE PROSPECTION. Très faibles, quelques observations au cours des dernières décennies avec à chaque visite 1 ou 2 individus observés seulement. Ces faibles taux de captures ont par ailleurs empêché à ce jour de travailler sur la génétique de cette population, qui doit très certainement être isolée. Celle-ci doit se cantonnée essentiellement dans la partie amont du cours souterrain inaccessible.

TENDANCES. Pas de données exploitables à ce jour.

MENACES. Aucune identifiée.

- LES ARACHNIDES

*EFFORTS DE PROSPECTION***.** Ce site fait parti des grottes connues de longue date et prospectées depuis plus d'un siècle. Racovitza et Jeannel furent les premiers à y récolter des invertébrés. Simon (1911) dresse une première liste des arachnides souterrains, qui sera complétée par Fage en 1931, puis Denis en 1953. Les prospections concernant ce groupe sont plus rares depuis cette date. Il faudra attendre 2012, pour que des prospections succinctes reprennent en même temps que les suivis chiroptérologiques. Depuis, des prélèvements réguliers ont eu lieu, permettant de retrouver la quasi-totalité des espèces déjà citées et augmentant aussi la diversité du cortège avec quelques nouveaux taxons, mais de large répartition.

RICHESSE SPECIFIQUE. Cette cavité montre une diversité moyenne, mais peut-être pas exhaustive. On notera le cortège classique des espèces troglophiles avec *Eratigena inermis*, *Meta menardi* et *Nesticus cellulanus*. La population de *Leptoneta infuscata* est peu dense vu les rares spécimens capturés. Le taux d'hygrométrie est peut-être un peu trop élevé pour cette espèce qui recherche des secteurs plus secs. La présence de *Birgerius microps* est quant à elle remarquable. L'espèce a été découverte dans cette cavité en 1920 par Fage (1931). Il faudra attendre un siècle pour la retrouver ! Cette espèce toujours rare et adapté à la vie cavernicole recherche les grottes humides, elle est d'ailleurs listée comme déterminante ZNIEFF pour la partie Midi-Pyrénées.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Agelenidae	*Eratigena inermis*		X		Pyrénées et Cantabriques	2019	Déjean
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X		Pyrénées	2018	Déjean
	Linyphiidae	*Birgerius microps*	X			Pyrénées	2019	Déjean et Baillat
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X			2011	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta menardi*		X			2012	Déjean
Opilions	Ischyropsalidaae	*Ischyropsalis luteipes*		X		Pyrénées et Massif central	2014	Déjean et Danflous
	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*		X		Pyrénées	1909	Simon, 1911
		Scotolemon lucasi	x			Pyrénées	2015	Déjean et Danflous

Des opilions ont été identifiés, mais les populations semblent peu denses, même si les prospections réalisées l'ont été en même temps que les comptages des chiroptères, ce qui limite les possibilités de visite et d'investigation.

Le genre *Scotolemon* serait représenté localement par deux espèces, mais la systématique est assez compliquée dans ce genre qui mériterait des analyses génétiques pour connaitre la réelle identité de ces taxons ou mettre en avant une éventuelle synonymie.

Des espèces non cavernicoles (*Microctenonyx subitaneus*) ou mieux rupicole (*Amaurobius similis*) sont à mentionner, mais n'apportent pas d'enjeu au site.

COMMENTAIRE. Le site propose une belle diversité de micro-habitats, rivière souterraine, parois humides, concrétions, grande salles, galeries et fissures. Elle accueille aussi une grosse colonie de chauves-souris qui génèrent de nombreux tas de guano. Cet apport de matière organique majeur attire de nombreux insectes, proies potentielles des arachnides prédateurs. Des prospections ciblées pourraient mettre en avant d'autres espèces attirées par cette manne.



***Scotolemon* sp. © S. Cally**

Les observations récentes même si régulières, ne sont pas exhaustives et méritent des recherches plus spécifiques. Dans cette grotte comme de nombreuses autres le statut des opilions *Scotolemon* est à préciser.

Difficile à l'heure actuelle de se prononcer sur le peuplement, mais le fait de pouvoir retrouver une espèce 100 ans après avoir été observée est de bon augure.

- LES COLEOPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les entomologistes parcourent ce réseau de grottes depuis le milieu du XXème siècle (Fourès, 1947 ; Coiffait, 1959) mais seul le réseau inférieur, proche de l'actif, intéresse les 3 espèces de coléoptères micro-endémiques qui sont toutes visibles à quasi toutes les prospections. Les données « entomo » et les données « chiro » ne sont pas acquises dans les mêmes « trous ».

RICHESSE SPECIFIQUE. En rouge, grotte dont c'est la localité type. Avec huit espèces de coléoptères observées dans ce petit réseau il s'agit d'un site riche.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Carabidae	*Geotrechus andreae*	X		Grotte (loc type)	7/04/2016	Hervé BRUSTEL
	Laemostenus oblongus		X	/	7/04/2016	Hervé BRUSTEL
	Thalassophilus longicornis		X	/	7/04/2016	Hervé BRUSTEL
Leiodidae	*Choleva fagniezi fagniezi*		X	/	27/04/2013	Hervé BRUSTEL
	Choleva angustata		X	/	7/04/2016	Hervé BRUSTEL
	Anthrocharis querilhaci dispar	X		Ariège	? < 2010	(Fourès, 1947 ; Déliot, s.d)
	Speonomus zophosinus		X	Massif (loc type)	7/04/2016	Hervé BRUSTEL
	Speonomus pyrenaeus discontignyi	X		Massif (loc type)	7/04/2016	Hervé BRUSTEL

En rouge : grotte dont c'est la localité type

COMMENTAIRE. Thalassophilus longicornis est habituellement une espèce rivulaire épigée qui fut ici observé au plus profond de la zone pénétrable amont de l'actif.

Il demeure une certaine confusion, au moins au niveau bibliographique dans les différentes autres dénominations du réseau ou des parties de ce réseau (Coiffait, 1959 ; Déliot, s.d., Fourès, 1947) : « Grotte Ornée ; Grotte du KER de MASSAT 3 ; Grotte du KER de MASSAT Inférieure ; Grotte du KER de MASSAT Supérieure ; Grotte du Queire ; Grotte RIEUX ; Grotte de CAMPAGNOLE ; Grotte du CAMP MARTY ». Dans l'actif qui intéresse la plus grande richesse entomologique, et qui correspond a priori à la dénomination « Grotte Rieux » (Coiffait, 1959) l'*Anthrocharis*, espèce guanophile, n'a pas été observé récemment et il est possible qu'il demeure plutôt dans les parties supérieures du réseau davantage fréquentées par les Chiroptères (« Grotte du Ker » des Chiroptérologues : Sylvain Déjean, com. pers.).

- LES MYRIAPODES

Le rapport de 2002 fait mention des 3 espèces suivantes, liste mise à jour par Claude Bou en 2017 (Bou, 2017):

- Diplopodes : *Blaniulus lorifer* *,
- Chilopodes *: Lithobius duboscqui* ; *Archilithobius tricuspis*

- LES CRUSTACES

On trouve ces espèces dans les zones d'infiltrations de la grotte, des flaques.

Ordre	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Cyclopides	*Eucyclops serrulatus*	x				Claude Bou 2017	
	Speocyclops sisyphus		x			Claude Bou 2017	
Harpacticides	*Attheyela crassa*		x			Claude Bou 2017	
	Parapseudoleptomesochra subterranea				Localité typique	Claude Bou 2017	(CHAPPUIS, 1928)
	Bryocamptus zschokkei		x			Claude Bou 2017	
	Echinocamptus luenensis		x			Claude Bou 2017	
	Paracamptus hamatus		x			Claude Bou 2017	
	Paracamptus schmeili		x			Claude Bou 2017	(MRAZEK, 1893)
Cyclopides	*Eucyclops serrulatus*		X			Claude Bou 2017	
	Speocyclops sisyphus		x		Localité typique	Claude Bou 2017	KIEFER, 1937
Isopodes	*Gamasselus micronatus*		x			Claude Bou 2017	

- LES ISOPODES TERRESTRES

Données récentes : ***Phymatoniscus tuberculatus tuberculatus*** (1 femelle le 07/08/2016, H. Brustel rec.)- Nécessite l'examen de matériel supplémentaire (mâles).

Mentions historiques : ***Trichoniscoides fouresi* Vandel, 1952, *Trichoniscoides consoranensis, consoranensis, Trichoniscoides consoranensis endogaeus, Oritoniscus remyi* Dalens, 1964, *Phymatoniscus tuberculatus tuberculatus***

Cette grotte est largement mentionnée dans la littérature ancienne et recèle un cortège remarquable d'espèces cavernicoles, le plus souvent endémiques, dont les rarissimes *T. fouresi* et *T. consoranensis* (la grotte constitue le *locus typicus* pour une sous-espèce), connus seulement d'une poignée de grottes pyrénéennes.

Les peuplements actuels semblent néanmoins s'être considérablement raréfiés au vu des inventaires disponibles et il conviendrait d'en comprendre les raisons.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Les premières fouilles ont lieu en 1858 sous la responsabilité d'Alfred Fontan. Il intervient à la fois dans la grotte supérieure et à « Campagnol » dite inférieure (Fontan, 1858). Les deux grottes vont voir se succéder de nombreux chercheurs : l'abbé Pouech entre 1860 et 1870, Lartet en 1862, Christy en 1864 puis Garrigou en 1867 (Dpcumentation Service Régional de l'Archéologie, Massat). Celui-ci découvre dans la grotte inférieure un galet gravé d'un *ursus speleaus* (ours des cavernes). Félix Régnault reprend les opérations en 1880 dans les deux grottes. Il découvre de nombreux ossements animaux, des occupations antiques, protohistoriques et préhistoriques (Régnault, 1880). Jules Grégoire organise des fouilles entre 1882 et 1885. Il est le premier à évoquer la stratigraphie de la grotte de « Campagnol ». Il identifie une couche de l'âge du bronze et peut-être une couche mésolithique comprenant de nombreux restes *d'Hélix* (Grégoire, 1882). En parallèle, Félix Pasquier découvre une occupation antique avec des ossements humains et des poteries (Pasquier, 1882). De nouvelles prospections sont organisés en 1930 sans grand succès. En 1953, MJ Soula passe une nouvelle chatière et deux laminoirs pour découvrir une longue et étroite galerie. Le 22 septembre 1957, il y conduit les membres de la société méridionale de spéléologie et de préhistoire dont Paloumé. A cette occasion de nombreuses gravures animalières et anthropomorphes magdaléniennes sont décelées sur les parois. En 1968, la grille ayant été détériorée, les dessins étaient menacés de destruction. René Gailli en fit l'inventaire : bison, bouquetin, isard, cerf, cheval et 5 figures anthropomorphes. Louis Méroc, directeur de la Circonscription a fait remettre en état la protection (Gailli, 1980).

Paléontologie *:*

- Les collections de l'abbé Poeuch sont très riches en matériel faunique. Recensement inventorié à la demande du département de l'Ariège, plusieurs taxons sont identifiés : léopard (jeune), *ursus speleaus* (énormément), ours brun, loup, hyène des cavernes, cerf, renne, auroch, bison, bouquetin, sanglier, cheval, bœuf, poissons, oiseaux, isard, caprin, lièvre, blaireau récent (Pouech, 1848-1889 – 71 J 253).
- Les collections du Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse complète ce premier inventaire : Cerf, cheval, mollusque, bois de renne, renard, bœuf, renne, *felis*, oiseaux, poissons, bouquetin, coprolithes, capriné, cervidé, *felidae*, herbivore…
- Avec les différentes publications du XIX^{e} siècle, nous pouvons compléter le listing faunique : oiseaux en quantité (échassiers, passereaux), renards, campagnol, antilope (?), *cervus megaceros.*

Archéologie :

Les humains ont occupé la grotte supérieure et la grotte inférieure (Campagnol). La grotte inférieure a livré une occupation magdalénienne dont des foyers intacts (terre noire, pierres calcinées et décomposées avec un grand nombre d'ossements cassés et un plancher de gros galets plats de granite), des flèches barbelées en bois de renne ou de cerf, des aiguilles très fines, des pointes de flèches ou poinçons, ciseaux, silex taillés, harpons, sagaie à double armatures, lissoirs… Jules Grégoire identifie une première couche d'ossements avec de nombreux *Hélix* représentés par 3 espèces qui pourraient laisser à une occupation mésolithique du site. Enfin, du mobilier de l'âge du Bronze (silex, poteries diverses dont un petit vase caréné à anse de vase en bronze, anneau en bronze, fragment de chaine en bronze) confirme l'occupation du site à la protohistoire.

Dans la grotte supérieure, de nombreux restes paléontologiques sont connus : ossements considérable de carnassiers, de ruminants et de rongeurs, ours de cavernes, grande hyène et grand chat. Fait rare, elle comprend également une occupation antique (poignard en fer et 2 monnaies dont un Gordien (238-244), un moyen bronze de

Dioclétien (284-305). Félix Pasquier, dégage à l'entrée des ossements humains, des fragments de vases petite urne d'une forme élégante et d'une fabrication soignée. Il se pose la question de l'utilisation à des fins funéraire du site.

Au sommet du Ker de Massat, une tour de l'époque médiévale peut s'inscrire dans la première moitié du XIIIe siècle (Lasnier, 2008).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNN

VOLET PROTECTION.

C'est une grotte à fort enjeu chiroptère. En l'état des connaissances, le service régional de l'Archéologie Occitanie devra être consulté avant toute intervention dans ce secteur (aménagements, prélèvements, sondages…).

VOLET CONNAISSANCE.

En lien avec le volet protection, l'installation de sondes climatiques pourrait permettre l'évaluation de la présence chiroptères.

VOLET VALORISATION.

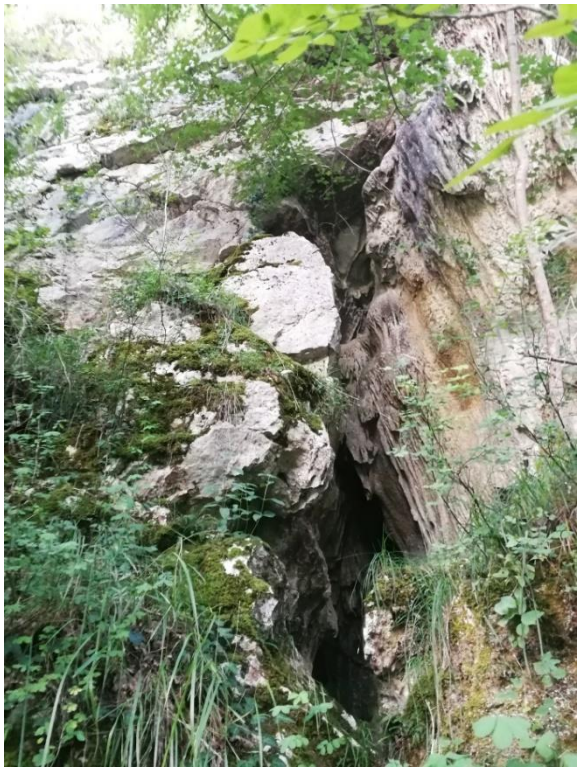
Dans le cadre de Natura 2000, des visites pédagogiques peuvent être organisées hors période sensible pour les chiroptères. La morphogenèse karstique de cette cavité devrait être mis en avant sur le volet valorisation du géopatrimoine dans le cadre de la réserve.

LA GROTTE DU BOURG

Ou trou de l'Abîme, ou grotte de Mérigon

ID = 17

				
Patrimoine naturel - intérêt		++	++	+
Menace et/ou Vulnérabilité Responsabilité	Oui	X Régionale		
Valorisation et pédagogie scientifique	Non prioritaire			
Science et recherche	Intérêt potentiel			



Entrée de la grotte de Mérigon © T. Cuypers

Type de zone : 1

ZNIEFF 730011977
Le Plantaurel occidental

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012019
Le Plantaurel

Site en propriété et gestion

ANA-CEN -09

CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	MERIGON	**Ensemble géographique**	Les Petites Pyrénées et le Plantaurel
Parcelles concernées	5 parcelles	**Superficie planimétrée**	0.8 ha

Localisation du site

Echelle 1 : 8 000



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux & usages en surface

La grotte de Mérigon se situe dans la vallée du Volp, en bordure de route et à proximité du ruisseau. Elle est donc facile d'accès, à une centaine de mètres du village de Mérigon. Ce fond de vallée est boisé (feuillus) jusqu'au sommet de la petite colline surplombant le village à 432 m.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

La grotte de Mérigon est une petite cavité acquise par l'ANA-CEN Ariège en 2016 pour la présence d'une importante colonie de Rhinolophes euryales. Le site est protégé depuis la fin de l'année 2021 à l'aide d'un périmètre grillagé et dispose d'un plan de gestion en cours. En surface, aucune gestion particulière n'est connue.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Plantaurel

Altitude entrée	367 m	**Développement**	20 m	**Profondeur**	-

Description cavité La grotte du Bourg est un tunnel de moins de 20 m. Il accueille une population de chauves-souris importante.

Géologie Calcaires lithographiques du danien (Paléocène)

Hydrogéologie / substrat : Il reste encore beaucoup d'incertitude au sujet de l'hydrographie du réseau de la grotte. Elle est alimentée par quelques écoulements de surface et cela de manière très modérée. La grotte du Bourg est déconnectée du réseau hydrographique souterrain en dépit de sa proximité avec le Volp. De cette manière, ce cours d'eau pourrait alimenter la grotte en eau ou en humidité (plus au printemps). Ces suppositions mériteraient d'être tranchées avec des études d'hydrométrie (Cuypers, 2018).

Biocorrosion Petite cavité très marquée par la biocorrosion (croûte d'hydroxyapatite, concrétion corrodées, bouts noirs, parois lissées...) (comm. L. Bruxelles).

Climat Un suivi climatique a été entrepris depuis 2022 avec la pose d'un logger Tinytag TGP4500 à mi-hauteur sur la paroi, à proximité du plus gros tas de guanos (Leeknegt et Cuypers, 2022).

Usages Peu attractive pour la spéléologie, sa proximité avec la route la rend vulnérable à la fréquentation et au dérangement.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance
Chiroptères	3	Moyen
Arachnides	1	Nul

ENJEUX NATURALISTES

- ### LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ **Les suivis de cavités**

C'est en 2002 que Mélanie Némoz et François-Xavier Loiret découvrent l'occupation de cette cavité par d'importants effectifs de Rhinolophes euryale. La cavité est suivie sporadiquement. Les différents observateurs ont pu décrire la présence d'importants effectifs en période de mise-bas / estivage ainsi qu'en transit automnal. La grotte a été ciblée parmi les sites prioritaires de Midi-Pyrénées au cours du premier Plan Régional d'Action pour les Chiroptères de Midi-Pyrénées : l'ANA-CEN Ariège a pu acquérir le site après animation foncière. Un plan de gestion a été validé en 2018 par le conseil scientifique des CEN, ce qui a permis la mise en place de suivis plus réguliers :

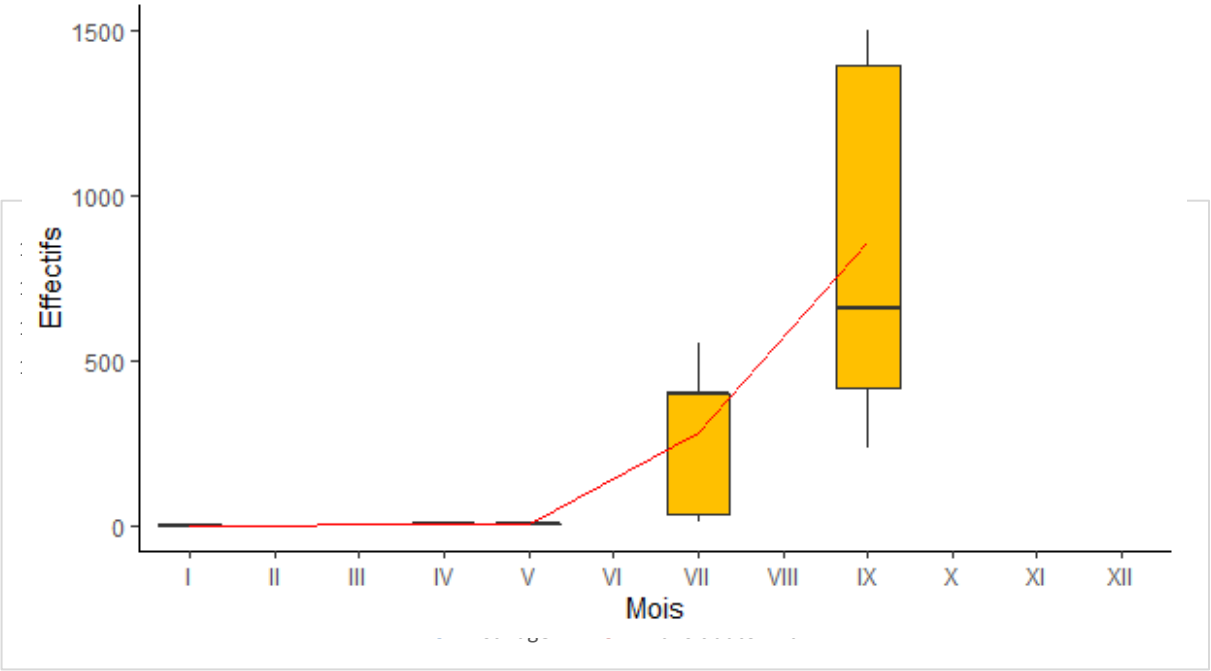
- **Suivi de l'hibernation** : le site n'est habituellement pas suivi en hiver. L'étroitesse du site rend très risquée la visite du site en période d'hibernants potentiels. De plus, le faible volume disponible ne rend pas le site favorable à la présence significative et régulière d'effectifs de chiroptères.
- **Suivi du transit** : depuis son acquisition par l'ANA – CEN09, le site est suivi chaque année à la mi-septembre, particulièrement depuis 2017. D'autres comptages sont effectués sporadiquement à d'autres périodes afin de décrire au mieux la phénologie d'occupation.
- **Suivi de la reproduction** : Un comptage à la mi-juillet est effectué par l'ANA – CEN09 chaque année depuis 2018.

❖ **Les opérations de captures au filet :** une capture au filet a été menée au début du mois d'août 2020 dans le cadre du plan de gestion du site dans le but de valider/invalider la reproduction du Rhinolophe euryale sur site.

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2014 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**0 - 1**	**1**	**0**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**0 - 1**	**0**	**0 - 1**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**39 – 330 - 550**	**0**	**6 – 500 - 1500**
Nombre d'espèces	3	3	1	2

PHENOLOGIE. Le site abrite essentiellement le Rhinolophe euryale à l'exception de quelques individus de Petits rhinolophes ou Grands rhinolophes de façon très ponctuelle. Le pic d'effectifs pour le Rhinolophe euryale se situe à la mi-septembre mais des effectifs importants sont observables dès le mois de juillet ce qui laisse présager la présence de mise-bas sur site. Cependant, une capture effectuée en 2020 n'a pas permis de valider cette hypothèse. La capture a débuté et seuls des mâles furent capturés. La capture a très vite été interrompue par un orage. Cette opération est donc à renouveler afin d'élucider la question de la reproduction sur site. Un déficit de suivi au mois d'octobre et novembre ne permet pas d'avoir une vision claire quant aux périodes où la colonie quitte le site.



Une opération de suivi simultané des Rhinolophes euryales de la grotte du Bourg avec la mine d'Unjat, la grotte de la carrière de Sabarat et la grotte de Pighail (les principaux sites de transit automnaux connus) en 2018 a montré une population d'environ 2 385 individus en transit dont 1 480 à la grotte du Bourg. Il est fort probable que ces effectifs soient ceux retrouvés à la mine d'Unjat en hiver, ceux-ci arrivant sur leur site d'hibernation en d'importants effectifs vers la fin octobre / début novembre.

TENDANCES. L'absence de recul dans les suivis, qu'ils soient en période de mise-bas (juillet) ou transit automnal (septembre) et l'absence de suivis réguliers ne permet pas de tirer de conclusions fiables en termes de tendance. Il est cependant possible d'observer des disparités importantes certaines années, comme en juillet 2017 où la colonie était quasi absente en période estivale. Les effectifs en transit automnal peuvent varier du simple au double pour des suivis effectués à la même période mais c'est une observation classique des suivis effectués à cette période qui ne permettent pas d'établir des tendances populationnelles fiables en dehors de suivis simultanés.

MENACES LIEES AUX ESPECES. Ce site situé au bord de la route offre un accès extrêmement aisé à la cavité. Les perturbations d'origine anthropique sont donc une menace potentiellement importante. Deux types de perturbations ont été recensés sur ce site, à savoir l'obstruction de l'entrée à l'aide de branches et de vêtements ou encore des traces de feu au niveau de l'entrée. L'obstruction de la cavité peut être attribuée à une atteinte directe aux chiroptères occupants le site.

Enfin, l'étroitesse et la relative petite taille du réseau (inférieur à 20 mètres) rendent les chiroptères extrêmement vulnérables à la moindre intrusion à l'intérieur de la cavité si une colonie est présente.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Aucune donnée ancienne n'existe pour ce groupe. Seule une observation furtive en 2018 fait état de la présence d'une belle population de Méta. Des recherches spécifiques sont nécessaires pour faire un réel état des lieux.

RICHESSE SPECIFIQUE. Le cortège initial montre plutôt une grotte assez sèche vu la présence de *Meta bourneti*.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglophile cavernicole	Lapidicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Tetragnathidae	*Meta bourneti*	X			2018	Cuypers

COMMENTAIRE. Des recherches de l'entomofaune pourront permettre de mieux appréhender le cortège occupant ce site.

- LES INSECTES

Aucun inventaire entomologique ne semble disponible pour cette cavité (Coiffait, 1959 ; Déliot, s.d.). L'inventaire de ce site mérite donc d'y être conduit. La faune des Coléoptères cavernicoles est potentiellement riche si on se réfère par exemple à la grotte de la Queire (ou Quere), aussi sur Merigon et qui abrite *Aphaenops cerberus inaequalis, Geotrechus trophonius*, *Geotrechus orpheus doderoi* et *Speonomus pyreneus.*

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Ce site ne comporte pas d'enjeux archéologiques ou paléontologique. Il est probable que l'ouverture de la grotte date de 1933, année de création de la route longeant la grotte.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION

Ce volet concerne principalement les chauves-souris, notamment du fait de sa proximité avec la route.

VOLET CONNAISSANCE.

En lien étroit avec le volet protection, la mesure de fermeture en cours s'inscrit dans la mise en place d'un suivi continu des chiroptères et des conditions microclimatiques. La grotte du Bourg est un des sites d'étude du projet LIFE Natur'adapt : ce projet nous permettra de construire des actions de gestion en lien avec le changement climatique.

Des études afin de compléter les connaissances sur les populations d'arachnides peuvent être envisagées.

VOLET VALORISATION

Ce volet ne concerne par cette cavité.

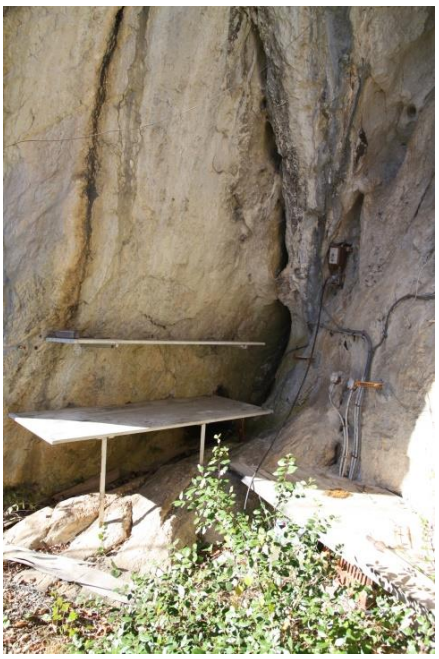
LA GROTTE DE MALARNAUD-SOULABE

ID = 18

					
Patrimoine naturel - intérêt		++	+	++	+
Menace / Vulnérabilité Responsabilité	Oui -----	X Régionale			
Valorisation et pédagogie scientifique	Intérêt potentiel				
Science et recherche	Intérêt fort				



Entrée de la grotte de malarnaud ©PNRPA



Entrée de la grotte de Soulabé ©PNRPA

Site de la directive "Habitats, faune, flore"

FR7300838 - Grotte de Montseron

Type de zone : 1

ZNIEFF 730011896

Collines de l'ouest du Séronais, du Mas-d'Azil à Saint-Lizier

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012031

Coteaux de l'est du St-Gironnais

APPB

FR3800358 - 1993

Réseau souterrain de la grotte de Malarnaud

CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	MONTSERON	**Ensemble géographique**	Les massifs de l'Arize et de Cadarcet
Parcelles concernées	16 parcelles dont 1 communale (la plus grande) en gestion ONF	**Superficie planimétrée**	17 ha

Localisation du site (IGN 1 :10 000)

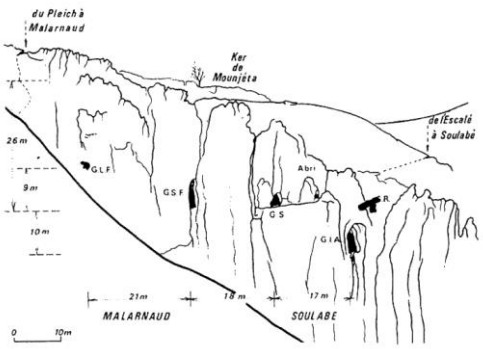


PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description

Milieux & usages en surface

« Creusé dans le calcaire urgonien par la rivière Arize, le cirque de Malarnaud abrite deux cavités principales, voisines de quelques mètres seulement, la grotte de Malarnaud et la grotte de Soulabé. Nichées dans la falaise, ces cavités dominent la vallée de l'Arize, et la route départementale en fond de vallée » (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012). « Les deux grottes s'ouvrent toutes deux en forme d'ogive sur la même falaise à une dizaine de mètres l'une de l'autre » (Bertrand, et *al*., 2002). En rive droite, face aux grottes, un piton rocheux est coiffé par les ruines féodales de Saint Barthémély. L'essentiel de l'habitat en surface est constitué par de la forêt de feuillus, à dynamique stable et à maturité moyenne (sans doute du fait des conditions stationnelles), en bon état de conservation. Il s'agit d'une mosaïque de chênaies-charmaies, de forêts thermophiles et de chênaies blanches. Cet ensemble est ponctué par la présence de falaises, dans lesquelles s'ouvrent la grotte de Malarnaud et la grotte voisine de Soulabé. » (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012)



Ci dessus, le schéma des falaises de Montseron, extrait du dossier

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

« Les grottes de Montseron font partie du site Natura 2000 des grottes des Pyrénées Ariégeoises (Grotte d'Aliou, grotte de Montseron, grotte du Ker de Massat et grotte de Tourtouse), site animée par le PNR des Pyrénées Ariégeoises.

En termes de gestion sur la grotte de Montseron, le secteur en pied de falaise (parcelle 575) appartient à la commune de Durban-sur-Arize et a fait l'objet d'un aménagement forestier pour la période allant de 1995 à 2009. Ce document (en cours de révision) prévoyait un traitement en futaie régulière ; cette parcelle était classée en « groupe de repos sans travaux », elle n'a donc pas fait l'objet de coupe sur cette période. Le document mentionne une exploitation des gros diamètres en 1972. Ce secteur ne fait pas l'objet de coupe d'affouage. Aucun facteur de dégradation n'est identifié sur ces milieux. (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012)

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Lescure / Cadarcet

Altitude entrée 360 m **Développement** 527 m **Profondeur** 10 m

Description cavité

Malarnaud est un système à deux étages communiquant par des puits. La grotte de Soulabé, c'est la grotte de Malarnaud en réduction. La grotte de Malarnaud se développe sur une grande diaclase. Son entrée mesure entre 7 et 8 m de hauteur, pour 3 m de large, elle donne accès à la galerie supérieure. La grotte comprend plusieurs ouvertures vers l'extérieur notamment des puits et des cheminées. Ce dernier a vraisemblablement servi de piège, car d'importantes accumulations d'ossements d'ours ont été trouvé (comm. H. Brustel). Un puits intérieur permet de descendre dans la partie inférieure (Bertrand, et *al*., 2002 ; Comités départementaux de spéléologie du Tarn, 1981). Elle se compose d'une série de salles et de couloirs. La grotte est fermée par un APPB depuis 1991 par une grille pour la protéger des fouilles clandestines (Bertrand, et *al*., 2002).

Biocorrosion

Des traces de biocorrosion sont présentes à l'entrée, dans la première galerie et au-fond de la grotte. La présence ancienne de chauves-souris est attestée par des formes caractéristiques des parois (peau d'éléphant, etc.) et des concrétions fortement altérées. Le guano a été exploité par les phosphatiers.

Hydrogéologie / substrat

Selon la notice de la carte géologique de Saint-Girons à 1 :50 000^{e} (Peybernes et Souquet, 1972), cette cavité est creusée dans un substrat calcaire à floridées (Albien inférieur).

Aménagement anthropique

Par ces nombreux ossements fauniques, la grotte fut l'objet d'une intense exploitation de phosphate qui a laissé de nombreuses traces (ex : traces de rail). Par la découverte de vestiges néandertaliens, elle a été sujette à de nombreuses fouilles qui, là encore, ont modifié drastiquement son environnement. Selon H. Brustel, la galerie principale a été vidée de toute sédimentation.

Usages

Actuellement, la cavité n'est pas visitée par les clubs de spéléologie. Des explorations pourraient permettre de relier le niveau fossile (Malarnaud), au niveau actif (niveau de la rivière) (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012).

L'APPB concerne, depuis le 3 décembre 1993, la grotte de Malarnaud, ainsi que la grotte voisine Soulabé. Ces cavités sont interdites d'accès du 1er avril au 31 août et du 1er octobre au 31 mars.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	12	Bon	
Arachnides	10	Assez bon, comprenant une espèce non troglophile	
Coléoptères	5	Assez bon	A prospecter davantage

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ **Les suivis de cavités**

La grotte de Malarnaud est une cavité connue pour les chiroptères depuis longtemps, puisque N.Casteret mentionne le baguage de Grands rhinolophes en 1958. Des suivis seront systématisés à partir de 1986, et la cavité bénéficiera de la mise ne place d'un APPB en 1991.

Actuellement la cavité est suivi 2 fois par an en hiver et à l'automne par les membres de l'ANA-CEN Ariège et du CEN Occitanie-GCMP.

- **Suivi de l'hibernation** : chaque année, entre mi-janvier et mi-février ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie, bien souvent en partenariat avec l'OFB. Depuis plusieurs années l'ensemble du réseau supérieur et inférieur est visité.
- **Suivi du transit** : depuis la mise en place du site N2000 en 2011, les suivis en transit automnal sont effectués quasiment tous les automnes par les salariés de l'ANA-CEN Ariège.
- **Suivi de la reproduction** : pas de suivi de reproduction sur ce site, car il n'y a plus de reproduction depuis de nombreuses années.

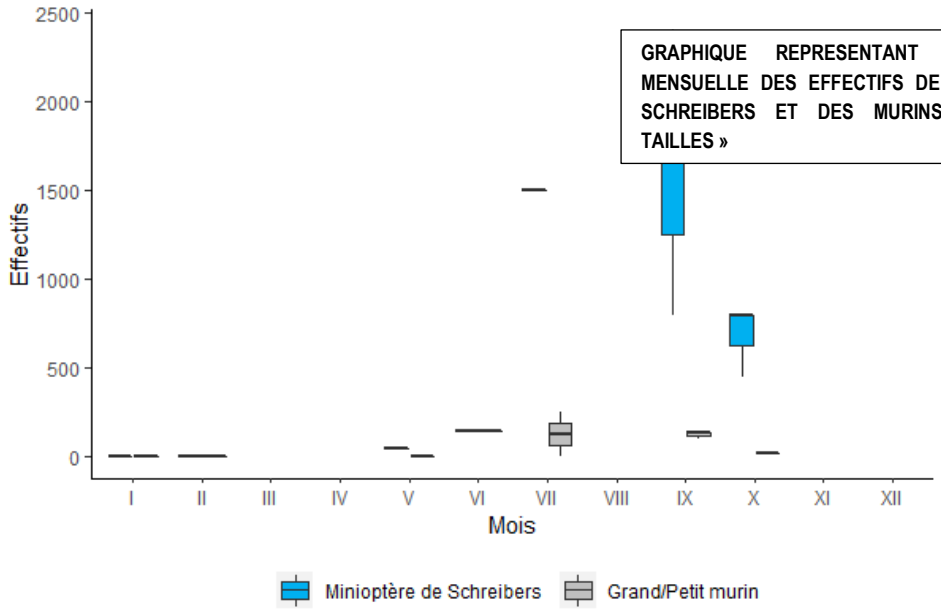
❖ **Les opérations de captures au filet**

Une capture est mentionnée à l'entrée de la grotte de Gouarné s'ouvrant à 20m de la grotte de Malarnaud, réalisée dans le cadre de l'étude pour la mise en place du site Natura 2000 le 27/09/2011.

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 1987 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

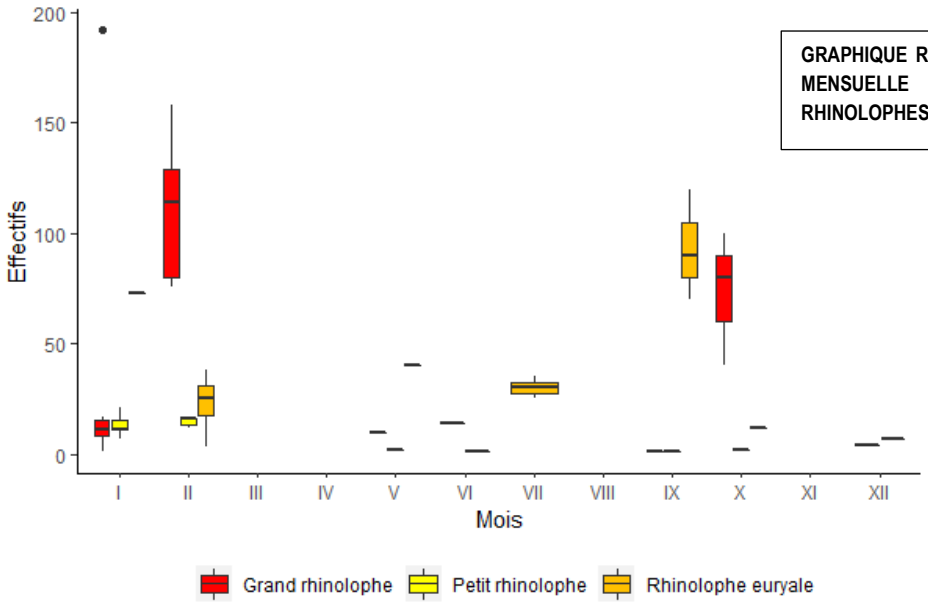
Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Barbastelle d'Europe	***Barbastella barbastellus***			
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**2-14**	**7-13-21**	**1-2**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**10**	**1-62-192**	**1-55-100**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**1-25-40**	**3-33-73**	**(12-73-120; années 90)**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**50-150; (1500; 1987)**	**1-5**	**450-1158-2400**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**1-5; (250; 1987)**		**(21-100-140; années 90)**
Murin de bechstein	***Myotis bechteinii***	**1**		
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	**1**		
Murin à moustache	*Myotis mystacinus*	**1**		
Murin de natterer	*Myotis nattereri*	**1**		
Oreillard roux	*Plecotus auritus*	**1**		**1**
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	**2**		
Nombre d'espèces	12	12	4	6

PHENOLOGIE. Ce site abritait historiquement une colonie de reproduction de Minioptère de Schreibers, d'environ 1500/2000 individus, ainsi qu'une colonie majeure et mixte en transit automnal (Minioptères, Murins de grandes tailles, Rhinolophes euryales). En hiver nous ne savons pas si les suivis qui étaient réalisés comprenaient le réseau inférieur.



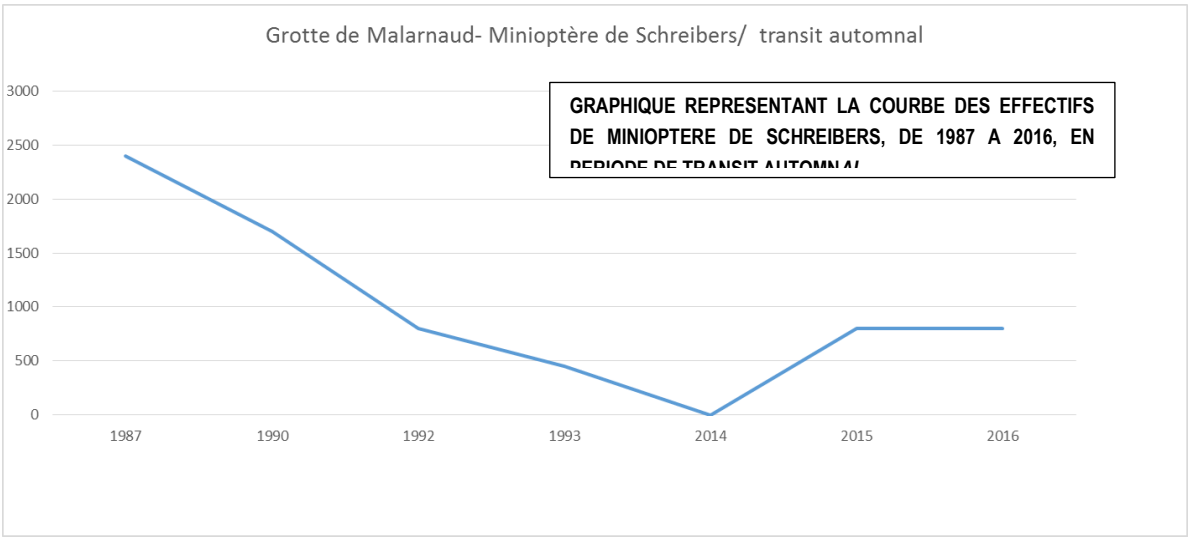
GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERES DE SCHREIBERS ET DES MURINS « DE GRANDES TAILLES »

Actuellement, la reproduction n'a plus lieu sur ce site depuis plus de 10 ans, et seule une utilisation comme site de transit automnal pour les Minioptères et les Grands rhinolophes subsistent. Ce site est utilisé comme site d'hibernation pour environ 150 à 200 grands rhinolophes et une trentaine de Rhinolophes euryales.

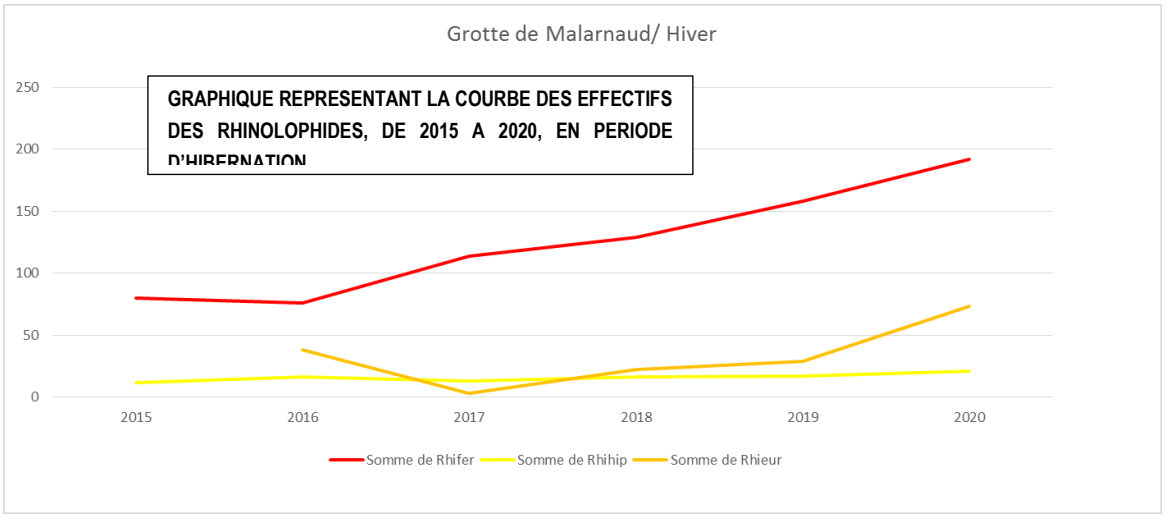


GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DES 3 RHINOLOPHES

TENDANCES. Les tendances concernant le Minioptère de Schreibers sont significativement à la baisse dans cette cavité, avec d'une part la perte du statut reproducteur depuis plus d'une décennie, et d'autre part des effectifs bien moins importants en transit automn*al.*



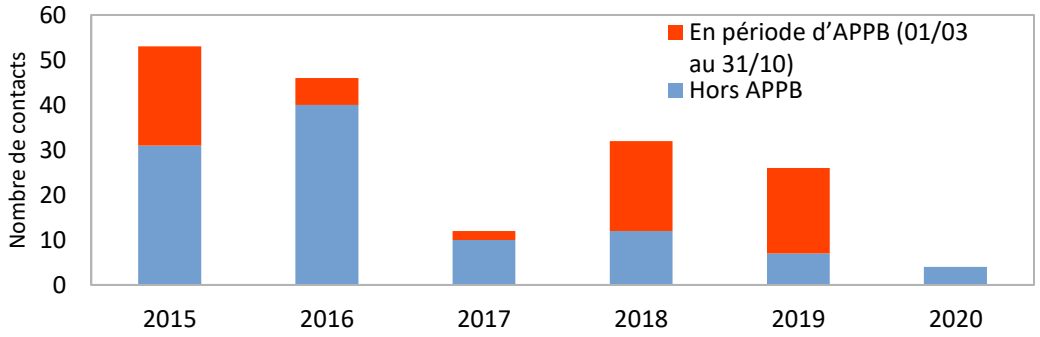
Entre 2015 et 2020, période durant laquelle nous sommes certains que la cavité a été visitée entièrement, les suivis hivernaux mentionnent une augmentation des Grands rhinolophes et des Rhinolophes euryales. Le pas de temps étant court, ces résultats sont à considérer avec prudence et la continuité des suivis dans le temps renforcera probablement ces premiers éléments de tendance.



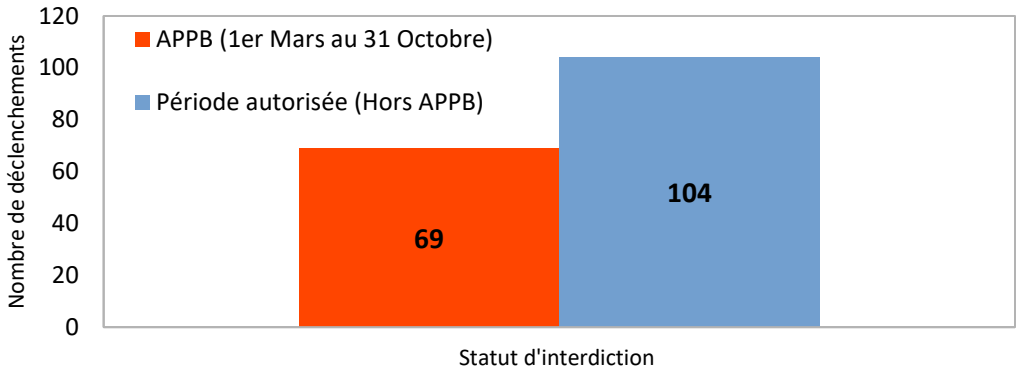
MENACES. Alors même qu'il semblerait que les contacts hors études scientifiques (n=109), sont plus nombreux en hiver (hors APPB), qu'en période d'interdiction (41 contre 68 sur l'ensemble de la période exploitée (2015 à 2020)), il est important de rappeler qu'un essaim d'hibernation séjourne dans la partie inférieure et, qu'à ce titre, il peut y avoir un dérangement notable. Les tableaux ci-après montrent que l'APPB n'est pas respecté, et qu'ici encore si l'objectif principal est la quiétude des animaux, il faudra trouver les solutions adéquates pour atteindre cet objectif. Cet APPB n'est, d'ailleurs, plus en accord avec les périodes à enjeu pour les chiroptères et cet ajustement devra être étudié dans le cadre de la Réserve Naturelle.

Ci-dessous, les résultats de l'éco-compteur sur les années 2015 à 2020.

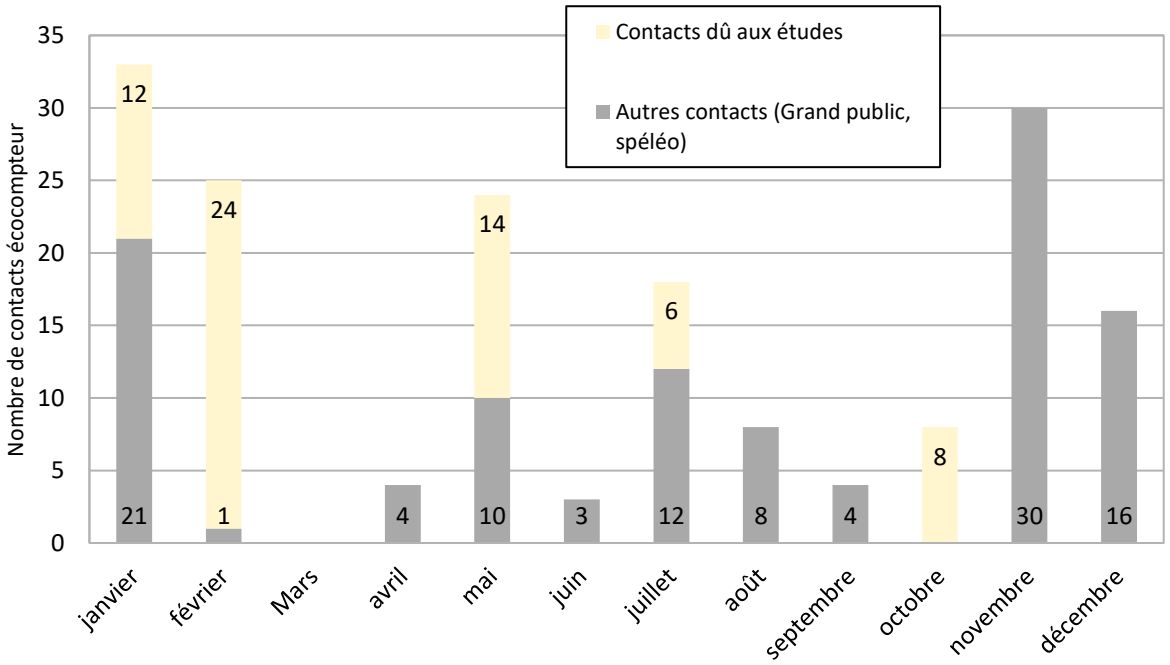
FRÉQUENTATION DE LA GROTTE DE MALARNAUD PAR ANNÉE ET PAR PÉRIODE D'INTERDICTION



NOMBRE DE DÉCLENCHEMENTS DE L'ÉCOCOMPTEUR EN FONCTION DE LA PÉRIODE D'INTERDICTION



FRÉQUENTATION DE LA GROTTE PAR MOIS ET PAR TYPE DE CONTACT



- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. La grotte a fait l'objet de prospection dès le début du XIX° siècle. Le premier matériel a été déterminé par Simon en 1911. Plus tard en 1955, c'est Coiffait, qui rapporte encore de rare spécimens, qui seront étudiés par Denis. Il faudra ensuite attendre 2011, pour que de nouveaux prélèvements aient lieu. Dès lors des

prélèvements y ont été réalisés régulièrement mais non spécifiquement lors de comptage chiroptères ou de recherches plus spécifiques sur l'entomofaune.

RICHESSE SPECIFIQUE. La diversité de cette cavité entre dans la moyenne de la majorité des grottes ariègeoises avec un cortège troglophile classique comprenant les 2 espèces de *Meta*, les 2 espèces de *Scotolemon*, ainsi que les espèces à plus large répartition comme *Nesticus cellulanus* et *Saaristoa abnormis.* On notera classiquement aussi la présence de *Leptoneta infuscata*, à large répartition, mais quasi endémique d'Ariège. D'autres espèces de *Leptoneta*, plus originales et plus localisées sont connues à proximité (Mas d'Azil), mais non connues du site…

Il faut ici mettre l'accent sur une espèce assez remarquable, *Birgerius microps* une espèce non connue en dehors des grottes, malgré sa répartition pyrénéenne. La grotte de Malarnaud en est sa localité-type, site de sa première découverte et lieu de description de l'espèce. Plus de 110 ans après sa découverte, elle n'y a toujours pas été retrouvée ! L'espèce est de très petite taille est recherche des zones très humides ; sa recherche dans le réseau inférieure est à privilégier et reste à faire.


Birgerius microps © S. Cally

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Pariétale	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Amaurobiidae	*Amaurobius similis*			X		2014	Déjean
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X		Pyrénées	2016	Déjean
	Linyphiidae	*Birgerius microps*	X			Pyrénées	1909	(Simon, 1911)
		Saaristoa abnormis		X			2020	Déjean et Cuypers
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X			2014	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta bourneti*		X			2016	Déjean
		Meta menardi		X			2018	Déjean
Opilions	Nemastomatidae	*Centetostoma bacilliferum*		X			2014	Déjean
	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*		X		Pyrénées	2013	Danflous et Brustel
		Scotolemon lucasi		X		Pyrénées	2015	Danflous et Brustel

COMMENTAIRE Nous avons noté ici une espèce non troglophile, présente essentiellement en entrée de cavité, au sol parmi les pierres ou sur les parois sèches. *Amauronius similis* est commune partout dans son habitat, mais non caractéristique des grottes, même si sa présence y est presque systématique dans les porches d'entrée.

Malgré un cortège assez riche, des recherches sont encore à mener.

- LES COLEOPTERES

En 1959, Coiffait ne mentionne pas cette grotte dans ses énumérations mais y revient en 1962 pour en révéler sa faune (Coiffait, 1962).

C'est une grotte que l'on peut considérer bien connue et dont la faune est abondante, notamment les *Leptodirini* et *Laemostenus oblongus* qui bénéficient du guano des Chiroptères. En revanche, le *Geotrechus palei,* dont cette grotte est la localité typique et le seul site où il a été observé, est rare et seulement quelques spécimens sont connus.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Leiodidae	*Antrocharis querilhaci querilhaci*	X		Massif	25/01/2015	Bourdeau, Brustel et Courtin
	Speonomus abeillei abeillei		X	Massif	09/02/2016	Dejean et Brustel
	Speonomus stygius crassicornis		X	Massif	25/01/2015	Bourdeau, Brustel et Courtin
Carabidae	*Laemostenus oblongus*		X	/	25/01/2015	Bourdeau, Brustel et Courtin
	Geotrechus palei		X	Grotte		Bernard Junger

Peu de potentiel de découverte sinon peut être *Aphaenops cerberus,* récemment observé sur la commune, et la faune endogé (*Bathysciola* spp. par exemple).

- LES MYRIAPODES

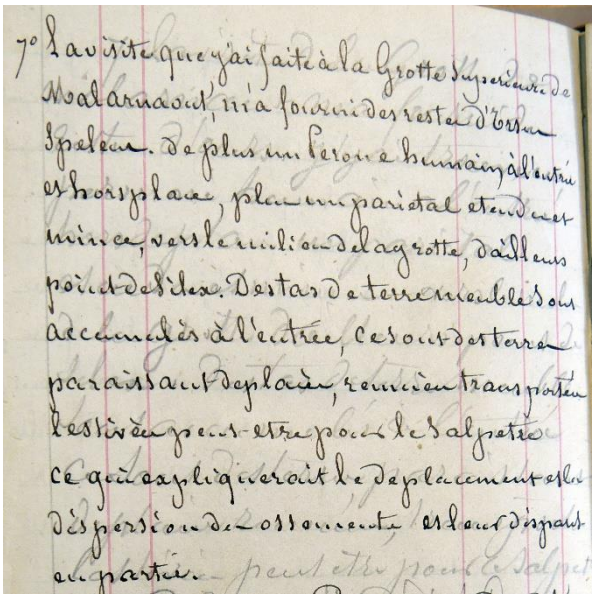
EFFORTS DE PROSPECTION. Les données ci-dessous sont issues du 1er projet de Réserve (Bertrand, et al., 2002)

RICHESSE SPECIFIQUE.

Classe	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Diplopodes	*Blaniulus lorifer*	x				
	Polydeslus progressus					
Chilopodes	*Lithobius troglodytes*					

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

L'abbé Pouech visite les grottes de Malarnaud entre 1863-1864 : « Nous abordons la grotte située au bord de l'assise inférieure du calcaire. Il s'agit ici de la grotte inférieure située en bas vers le milieu du flanc de Malarnaud et non celle de l'escarpement ». Il y voit des os de Bredis et de la poterie moderne « insignifiante » (Pouech, 71 J 260).



Détail de la visite de Jean-Jacques Pouech aux grottes de Malarnaud-Soulabé.

Il y retourne en 1867-1868 : « La visite que j'ai faite de la grotte supérieure de Malarnaud m'a fourni des restes d'*ursus speleaus* et d'ossements humains ». Il remarque des tas de terres meubles accumulés à l'entrée, peut-être pour le salpêtre. Pour lui, les ossements dispersés ont été déplacés (Pouech, 71 J 267). Ces observations sont corroborées par la veuve de Monsieur Bourret : vers 1850, un phosphatier aurait vidé l'une des galeries.

Jean-Jacques Pouech est donc l'un des premiers découvreurs du potentiel paléontologique et archéologique des grottes de Malarnaud. L'instituteur de Montserron Monsieur Bourret et Félix Regnault les font connaitre au milieu scientifique grâce à leurs fouilles effectuées entre 1883 et 1890. C'est lors de ces opérations en novembre 1888, que fut mis au jour la mandibule d'enfant néandertalien. Henri Filhol publie dans la revue la Société Philomatique de Paris une note retraçant les circonstances

de la découverte, ainsi qu'une description anatomique sommaire. La découverte de cette mandibule offre en premier lieu un intérêt historique évident car il s'agit du premier témoignage de la présence physique des Hommes de Néandertal découverts en France et de la cinquième mandibule néandertalienne mise au jour en Europe (Heim, 1995).

Les grottes seront visitées par Henri Filhol, Emile Cartailhac, Marcelin Boule et bien d'autres encore. Des fouilles clandestines sont signalées à plusieurs reprises. *Le site est aussi perturbé par une exploitation de son sol pour les phosphates à la fin du XIX siècle et jusqu'au lendemain de la seconde guerre mondiale. Un système de rail et de wagonnets installés dans la grotte permettait d'acheminer la terre vers la sortie de la grotte. Puis le chargement était descendu jusqu'au niveau de la rivière par un système de câble. Cette terre était enfin transportée, à cheval, jusqu'aux vignes des Corbières »* (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012).

Pour un historique assez détaillé des recherches dans les grottes de Malarnaud-Soulabé, voir l'ouvrage de Léon Pales « Malarnaud, Soulabé, Las Buffios et consorts » dans les annales de spéléologie de 1971 (Pales, 1971).

Des fouilles sont mentionnées à Malarnaud entre 1923 et 1925. D'après Louis Méroc, ces sondages donnent lieu à la découverte de plusieurs occupations néolithique, moustérien et pré-moustérienne avec un très riche matériel faunique. Léon Pales fouille Soulabé de 1923 à 1975 quasi sans interruption (Documentation Service Régional de l'Archéologie, Montseron). Les archives Pales sont aujourd'hui conservées essentiellement au musée des Eyzies. Elles feront bientôt l'objet d'une étude complète. A partir de 1975, le site est exploité pour la bauxite.

Dans l'inventaire spéléologique du Séronais de 1981, il est fait mention d'une très importante bibliographie sur cette cavité, et quelques références sont citées : « l'étude de Mr. PALES L. - 1971(1.36) - (84 références biblio). Voir aussi ANDRIEUX C. - 1972 (1.38), SOULA L. (1.39) et PINIÈS (1.40). Des légendes existent sur la grotte de Montseron, dont l'une est écrite dans l'inventaire spéléologique du Séronais (d'après les textes de Mr. PINIES (biblio 1.40) et Mr. PALES (1.36)) » (Comité départementaux du Tarn et de l'Ariège, 2010).

Paléontologie *:*

L'ouvrage de Clot et Duranthon est une bonne base pour lister la faune exceptionnellement présente à Malarnaud et Soulabé : rhinocéros laineux, Cheval, Massacres de bouquetins, Lynx des cavernes, Panthere, Panthère des cavernes Loups, cuon, *Ursus spélaeus*, Auroch, Cerf, Bison priscus, Hyène, Vulpes, Artiodactyla, sanglier (Clot, 1990).

Félix Régnault observe deux couches séparées par un plancher stalagmitique. Deux périodes de dépôts distincts (Régnault, 1889) :

- 1) Herbivores : une grande quantité de bovidés, bison *europeus*, grand cerf, renne, cheval, bouquetin, isard, renard, loup et panthère, *cervus elaphus*, ossements d'aigle…
- 2) Carnassiers : grand chat, loup, grand ours, panthère (*leo speleaus, hyaena spelea, ursus spelaeus* et toutes ses variétés, *canis lupus, cuon europeaus, canis vulpes*, cerf rhinocéros tichorhinus, éléphant…

Dans son ouvrage Pales évoque la présence de la microfaune : rongeurs, chiroptères, oiseaux (44 espèces déterminés) mais aussi le rhinocéros de Merck et le mammouth (Pales, 1971).

Archéologie ***:***

La grotte de Malarnaud contient surtout des niveaux paléontologiques. Pour le Néolithique ont été retrouvés des restes humains et hache polie. Au Moustérien, ce sont des débris humains dont une mâchoire d'un néandertalien, premier en France.

Dans la grotte de Soulabé, on retrouve pour le Néolithique unsol, nappe continue de foyers, cendres et charbons, ossements ovins, caprins jeunes, ossements et dents humains, fragments de poteries, 4 sépultures d'enfants néolithiques découverts en 1851. Au Moustérien, on trouve des restes d'une industrie sur éclats (silex ou quartzite), restes humains néandertaliens (dont des dents), lamelle d'ivoire fossile travaillé

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Bien connu des spéléologues, cette cavité est interdite une partie de l'année en lien avec l'enjeu chiroptère. Pour autant la mise en place d'un éco compteur dans le cadre de Natura 2000 démontre que malgré l'accès compliqué, ce site est fréquenté, et ce, aussi en période d'APPB.

Bien connue à l'époque pour les fouilles archéologiques ainsi que pour l'exploitation des phosphates, cette cavité a été vidée de son contenu. Aujourd'hui encore il est fort probable, vu les enjeux passés archéologiques, que cette cavité fasse l'objet de visites ponctuelles pour des fouilles clandestines d'amateurs. L'accès y étant difficile (le sentier qui mène à la grotte est très confidentiel et très escarpé), les personnes qui visitent la grotte de Malarnaud y viennent avec une motivation, qu'elle soit archéologique, spéléologique (ou bio spéléologique), ou encore pour les suivis scientifiques tel que les suivis des populations de chiroptères. Tous les habitants connaissent la grotte. Les visites étaient assez régulières dans le passé, mais cet engouement s'est un peu perdu, à l'image du sentier qui n'est plus marqué à l'approche de la cavité. Par ailleurs, spéléologues et naturalistes signalent la présence de traces de fouilles sauvages récentes (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012).

VOLET CONNAISSANCE.

Un suivi des populations de chiroptères est assuré, et des mesures sont prises afin de conserver le site en l'état et de gérer les archives de fouille du Docteur Pales.

Cette cavité est un site paléontologique et archéologique majeur. Les cavités ont livré un très important volume de vestiges paléontologiques dans lesquels la présence humaine est discrète mais importante scientifiquement.

Enfin, eu égard à la présence de phosphate, une étude sur la biocorrosion des voûtes, des parois et des dépôts corrélatifs pourrait être lancée dans le cadre du programme de recherche de Laurent Bruxelles.

VOLET VALORISATION.

Volet à traiter en étroite relation avec l'animation Natura 2000. H. Brustel pense que les aménagements de fouille ancienne de la galerie inférieur pourrait faire l'objet d'une valorisation et de visites pédagogiques auprès du grand public.

LA GROTTE DU SENDE

Ou grotte de d'Aubert ou Montfaucon

ID = 19

Patrimoine naturel - intérêt		+++	++	+	++	+
Menace et/ou Vulnérabilité Responsabilité	oui ----	X nationale				MPY1723
Valorisation et pédagogie scientifique	Intérêt potentiel					
Sciences et recherche	Intérêt fort					



Entreée de la grotte du Sendé © T Cuypers

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

APPB

FR3800356 – 1993

Réseau Souterrain De La Grotte D'Aubert (Ou Du Sende

NATURA 2000

Site Natura 2000

Directive "Habitats, faune, flore"

FR7300836 - Chars de Moulis et de Liqué, grotte d'Aubert, Soulane de Balaguères et de Sainte-Catherine, granges des vallées de Sour et d'Astien

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012070
Massif du Bouireix et Montagnes de Sourroque

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012085
Massifs du mont Valier, du Bouirex et montagnes de Sourroque

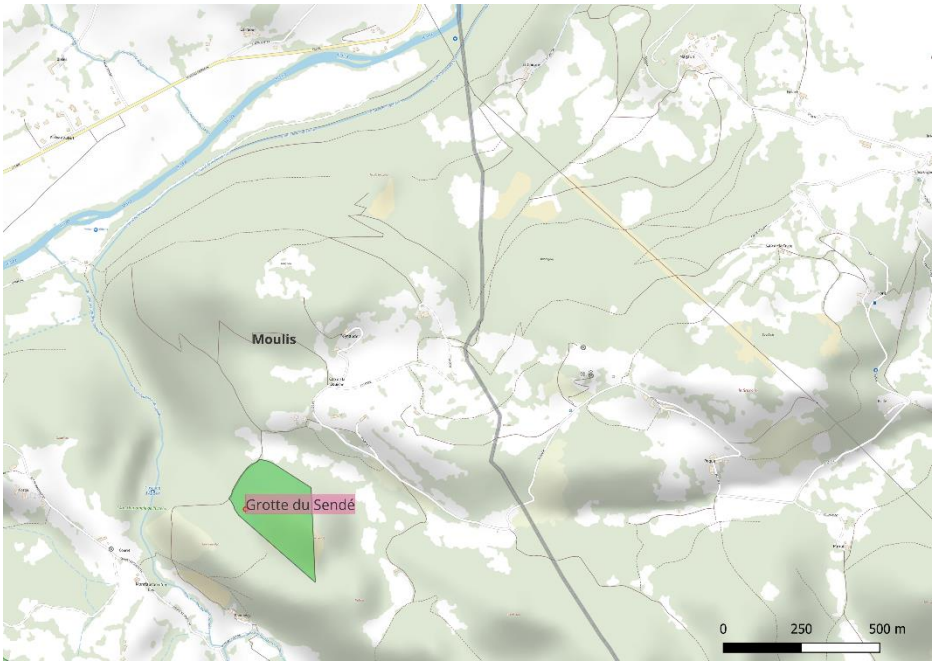
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	MOULIS	**Ensemble géographique**	Massifs de Sourroque et Arize
Parcelles concernées	1 parcelle en domanial	**Superficie planimétrée estimée**	6 ha

Localisation du site

(IGN 1 : 10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux et usages en surface

Elle est située au nord du village de Montfaucon, et s'ouvrait en limite prairie/boir en versant nord. La grotte de Sendé se situe sur le massif en rive droite du Lez, nommé par le DOCOB Natura 2000 « Chars de Moulis, Vallées de Sour et d'Astien » (ci-dessous, extrait du DOCOB Natura 2000 du site :

Le relief de moyenne montagne combine plateaux et vallées, les pentes sont marquées, l'altitude moyenne se situe entre 500 et 700 mètres et culmine à 1 226 mètres sur la crête du *Castel Segui*, au Nord. Les formations géologiques dominantes sont des roches calcaires karstifiées. Grottes, gouffres et galeries, réseaux souterrains superficiels sont présents partout. Le sous-sol présente par endroits des minerais de fer ou du marbre.

La Grotte de Sendé, localisée sur les cartes IGN, se situe à côté d'un sentier balisé. L'accès qui relie la grotte au sentier est plus ou moins défriché selon l'intervention des promeneurs et des marques sur les arbres permettent d'être guidé jusqu'à l'entrée.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Extrait du DOCOB (ADASEA 09, 2016) :

- « L'enjeu premier du site réside dans le maintien d'une activité agricole pérenne et raisonnée
- Les recommandations générales en matière de gesstion des habitats naturels forestiers sont : obtenir la présence de l'ensemble des stades du développement des peuplements ; préserver les habitats associés (maintien de bois mort sur pied

et au sol, maintien des arbres à cavités, création d'îlots de vieillissement et préservation des arbustes en sous-bois) »

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique	Sourroque		**Système karstique**	Sourroque	
Altitude entrée	640 m	**Développement**	150 m	**Profondeur**	-5m

Description cavité	Cette grotte fossile est composée d'une première salle, relativement basse, vaste et éclairée, proche de l'entrée, et d'une seconde, vaste également, large de 15 à 30 m et hauteur de plafond de 6-7 m. La séparation entre ces deux salles est matérialisée par un pilier (Bertrand, et *al.*, 2002).
Hydrogéologie / substrat	Le massif du Sourroque présente une grande variété de karsts dont certaines cavités verticales se rejoignent (Vinel, 2014). Il s'agit d'un synclinal d'axe orienté nord-ouest et sud-est développé dans des marnocalcaires du Crétacé inférieur (Aptien et Albien) et des dolomies du Jurassique moyen à supérieur (MNHN & OFB, 2003-2023). La grotte du Sendé se situe sur une faille (Mouries, 1977). Elle présente un plancher de calcite au fond, ainsi que des coulées stalagmitiques et des sols argileux à l'entrée de la deuxième salle. Quelques suintements et petites flaques ont été relevées au fond de la cavité (Bertrand, et *al.*, 2002). Des coulées de « mond-milch » ont également été notées (comm. H. Brustel).
Climatologie	Prise de température par Jeannel en 1909 : 9, 5°C au fond de la cavité (Mouries, 1977).
Biocorrosion	Quelques indices ont été repérés (comm. H. Brustel) mais n'ont fait l'objet d'aucune étude pour l'instant.
Usages	Cette grotte et son réseau souterrain fait l'objet d'un APPB depuis 1993. Le DOCOB préconise pour cette grotte le maintien de l'APPB ainsi que la mise en place d'un plan de gestion et de suivi de la grotte.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	14	Bon	
Arachnides	11	Assez bon	4 espèces non revues récemment
Coléoptères	11	Bon	D'autres endogés peuvent exister
Myriapodes	6	Assez bon	
Crustacés	4	?	(Bertrand et *al.*, 2002)
Collemboles	3	?	(Bertrand et *al.*, 2002)

ENJEUX NATURALISTES

- ## LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ **Les suivis de cavités**

Les suivis chiroptérologiques de la Grotte de Sendé se basent sur les périodes d'occupation principales depuis 1986. Depuis 2014, les suivis pluriannuels de cette cavité dans le cadre de Natura 2000, sont devenus réguliers, permettant une connaissance plus fine de l'utilisation de ce site par les chiroptères :

- **Suivi de l'hibernation** : chaque année, entre mi-janvier et mi-février ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.

- **Suivi du transit** : des visites opportunistes et bénévoles sont effectuées sporadiquement par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie jusqu'à deux fois par an maximum.
- **Suivi de la reproduction** : Un comptage en sortie de gîte est de rigueur sur ce site en période de reproduction, durant la première quinzaine de juillet. Il est habituellement effectué par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.

❖ **Les opérations de captures au filet**

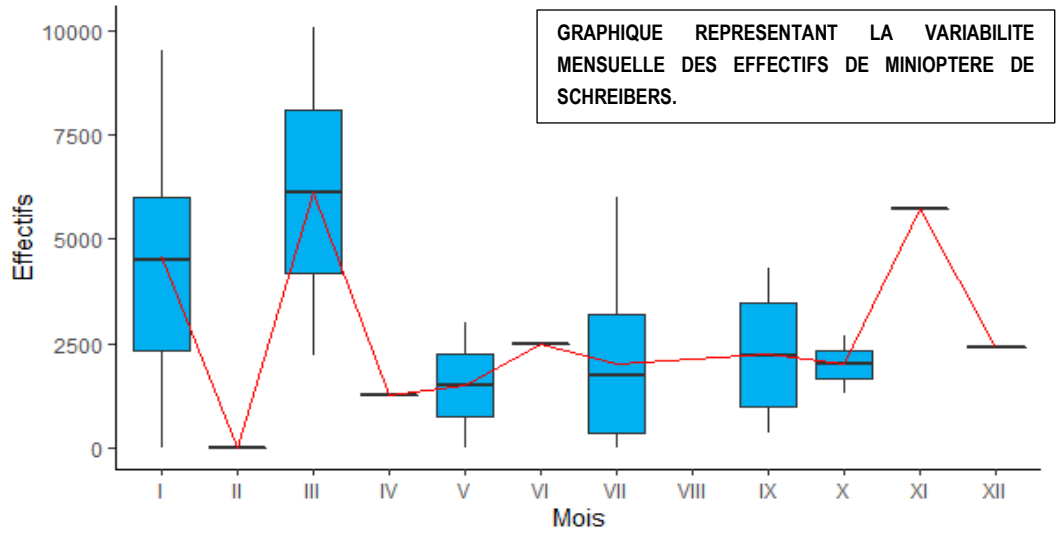
Des captures au filet ont été menées sur site, notamment en 2005 par Alain Bertrand, vraisemblablement dans le cadre de la mise en place du site Natura 2000 « Chars de Moulis et de Liqué, Grotte d'Aubert, Soulane de Balaguères et de Sainte-Catherine, granges des vallées de Sour et d'Astien ». Nous n'avons en notre possession aucune autre donnée concernant d'autres captures sur ce site.

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2014 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**X**	**4 - 16**	**0 - 4**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**X**	**2 - 6**	**0 - 3**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**X**	**1**	**(125 ; 1988)**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**1500 – 1850 – 6000**	**0 – 5390 – 10088**	**1250 – 2150 –3000**
Murin à oreilles échancrées	***Myotis emarginatus***	**X**	**X**	**(? ; 2005)**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**X**	**(1 ; 1986)**	**(? ; 2005)**
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	X	X	**(? ; 2005)**
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	X	(1 ; 1987)	**(? ; 2005)**
Murin à moustaches	*Myotis mytacinus*	X	(1 ; 1987)	X
Murin de Natterer	*Myotis nattereri*	X	1	X
Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	X	X	**(? ; 2005)**
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	X	X	**(? ; 2005)**
Oreillard roux	*Plecotus auritus*	X	X	**(? ; 2005)**
Nombre d'espèces	14	1	8	11

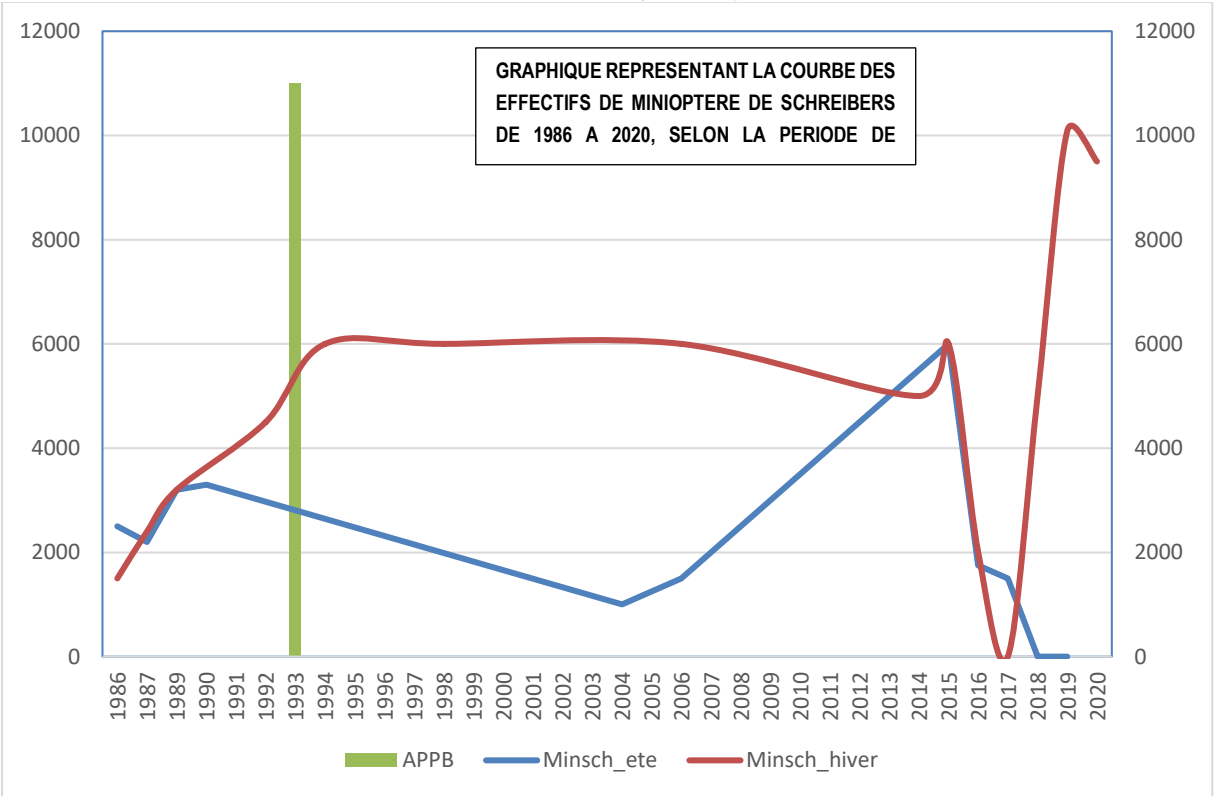
PHENOLOGIE. Le Minioptère de Schreibers est l'espèce principale du cortège des chiroptères. Ses effectifs sont importants, contrairement aux autres espèces qui ne sont pas significatifs. Une observation ancienne fait mention de la présence d'un nombre significatif de Rhinolophes euryales (n=125) en septembre 1988. La phénologie de cette espèce sur le site devra être actualisée et précisée.

Le Minioptère de Schreibers est lui présent tout au long de l'année dans le site. La compilation des données disponibles nous permet de visualiser la variabilité mensuelle des effectifs de Minioptères.



TENDANCES. Les populations de Minioptères ne sont pas stables au sein de la Grotte de Sendé. Le site étant mieux suivi en faveur de la reproduction et de l'hibernation, nous détaillerons les tendances pour ces deux périodes :

- Reproduction : le mois de juillet rassemble habituellement 2 000 à 3 000 adultes pour la mise-bas. La mise-bas n'a d'ailleurs plus été observée depuis de nombreuses années, probablement depuis la fin des années 90. D'importants rassemblements ont perduré jusqu'à l'été 2018 où l'absence de Minioptère fut observée pour la première fois. L'année suivante a apporté le même constat.
- Hibernation : malgré des suivis très peu réguliers, la tendance des effectifs semble plutôt stabilisée depuis la mise en place de l'APPB en 1993 avec une augmentation des effectifs en 2018, 2019 et 2020. A noter, la colonie, en 2017, a vraisemblablement subi un dérangement ayant induit sa fuite.



MENACES LIEES AUX ESPECES. Les visites de la cavité en période d'interdiction causent un dérangement des populations de chauve-souris, dérangement volontaire ou non.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les premières données remontent au XIX° siècle avec la description des premières espèces. Puis c'est essentiellement au siècle dernier, à l'époque des célèbres biospéléologues Racovitza et Jeannel que les plus importantes récoltes d'invertébrés ont été réalisées. A l'époque, le matériel arachnologique a été envoyé et déterminé par un des précurseurs de l'arachnologie française, Eugène Simon (Simon, 1911). Rares sont les autres naturalistes à ensuite poursuivre ces études, mais le matériel à longtemps était étudié. Aucune donnée récente n'a été signalée dans le premier dossier de réserve en 2003. Il faudra attendre 2014, pour que de nouveaux inventaires sur les araignées et opilions soient réalisés en même temps que les suivis chiroptères. Comme par le passé, les différents naturalistes ont eux aussi capturés plus largement la faune souterraine pour mettre à jour les données actuelles. Depuis, une visite annuelle permet de mener des recherches régulières.

RICHESSE SPECIFIQUE. 11 espèces d'arachnides sont actuellement connues dans la grotte de Sendé, dont 8 araignées et 3 opilions. On peut ranger ces espèces par catégories selon leur degré de dépendance au milieu souterrain et leur endémisme comme le propose le tableau suivant. L'astérisque désigne une espèce décrite de la cavité (localité-type). Une majorité des espèces est troglophile, mais deux taxons dits troglobies (non connues à l'extérieur des grottes) apportent un enjeu supplémentaire. La moitié des espèces est cependant endémique des Pyrénées, voire de périmètres beaucoup plus restreints. Le *Troglohyphantes marqueti*, est ici en limite de répartition vers l'Est, mais représente l'espèce dominante des cavités hypogés de l'Ouest jusqu'à l'Atlantique.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X		Pyrénées	2020	Déjean, 2020
		Leptoneta convexa	X			Ariège, Haute-Garonne	2015	Déjean
		Leptoneta sp. n. sp (?)*	?			Ariège	2014	Ponel et Brustel
	Linyphiidae	*Troglohyphantes marqueti*		X		Pyrénées	2020	Déjean
		Tenuiphantes zimmermanni			X		2015	Déjean
		Palliduphantes cernuus			X	Sub-endémique	2015	Déjean
		Lepthyphantes leprosus					1909	Simon, 1911
	Tetragnathidae	*Meta menardi*		X			2020	Déjean
Opilions	Nemastomatidae	*Nemastomella bacillifera*		X		Quasi-endémique	1909	Simon, 1911
		*Mitostoma pyrenaeum**		X		Sub-endémique	1909	Simon, 1911
	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*		X		Ariège, Haute-Garonne	1909	Simon, 1911

Plusieurs espèces nouvelles pour cette cavité sont à citer, non détectées par le passé, comme *Leptoneta convexa,* espèce très localisée à l'est des Pyrénées ariègeoises (Couserans) et au sud de la Haute-Garonne et endémique de France. On peut noter aussi *Palliduphantes cernuus,* une espèce localement très commune sur toute la chaine des Pyrénées dans les milieux hygro-sciaphiles, dont les grottes font partie, comme les sous-bois forestiers, les prairies humides, …

Enfin, une espèce dont le statut reste à valider, une *Leptoneta* connue d'un seul mâle, mais ne correspondant à aucune espèce connue. Il s'agit soit d'une aberration génétique, soit d'une nouvelle espèce ; sans autre matériel, il est impossible de trancher, mais des études génétiques sont aussi en cours.

A l'inverse, des espèces notées par le passé n'ont pas été retrouvées, comme *Lepthyphantes leprosus*, espèce à très large répartition européenne voire introduite en Amérique du Nord, sans enjeu pour le site et plutôt sinanthrope désormais.

Aucun opilion n'a été récolté dans la grotte récemment. Cependant, 3 espèces sont citées, assez communes localement et sans aucun doute présentes dans la grotte voire à l'extérieur, sous les pierres ; elles restent à retrouver. Il est à noter que la grotte de d'« Aubert » est la localité-type de *Mitostoma pyrenaeum*, récolté par Charles de la Brûlerie et décrit par Simon en 1879.


Leptoneta convexa © B. Baillat

COMMENTAIRE. Les espèces troglobies et même les troglophiles souvent observées en grotte, ont un cycle biologique continu dans ce type de conditions écologiques, qui présentent un taux d'humidité et une température, constants. Ainsi tous les stades de développement peuvent s'observer tout au long de l'année. Les espèces se répartissent dans la grotte selon leur degré de troglophilie. Si les *Meta* sont communes à l'entrée des cavités, d'autres espèces sont plus lucifuges et se rencontrent bien plus au fond de la grotte, comme *Troglohyphantes marqueti* dont il existe localement une grande population : il se rapproche ici de sa limite de répartition vers l'Est, mais représente l'espèce dominante des cavités hypogées de l'Ouest jusqu'à l'Atlantique. *Leptoneta convexa* reste bien plus rare et seulement observée en 2015.

Leptoneta micropthalma est connue de la grotte du Cap del Bouich qui s'ouvre à 350m vers l'Est. Les 2 espèces occupent à peu près la même aire de répartition, mais n'ont pas l'air de cohabiter.

Ce site est protégé une bonne partie de l'année pour ses colonies de chauves-souris, période à laquelle la recherche d'invertébrés est compliqué en dehors de l'entrée principale. Des recherches complémentaires doivent être menées afin de retrouver les espèces d'opilions non revues depuis plus de 100 ans, malgré des recherches de nombreux naturalistes. De-même, une éventuelle nouvelle espèce de *Leptoneta* est à rechercher afin d'avérer son statut. A l'heure actuelle sa population semble petite puisqu'aucun autre individu n'a été capturé ; à moins qu'il s'agisse d'un individu aberrant.

Leptoneta convexa a été découverte récemment dans cette cavité (2015), l'estimation de sa densité et sa répartition dans la grotte est à étudier.

- LES MYRIAPODES

RICHESSE SPECIFIQUE

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile	Endémisme	Dernière observation	Observateurs
Chilopodes	Geophilidae	*Geophilus chalandei* Brölemann, 1909		X	Sub-endémique	2016	
	Dignathodontidae	*Henia vesuviana* (Newport, 1845)				2016	
	Lithobiidae	*Lithobius cavernicolus* Fanzago, 1877	X		Ariège-Aude	1877	

		Lithobius macilentus L. Koch, 1862				**1926**	
		Lithobius piceus piceus L. Koch, 1862				**1926**	
		Lithobius speluncarum Fanzago, 1877	**X**		**Sub-endémique**	**1926**	

- LES COLEOPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION. C'est l'une des grottes les plus anciennement connue – depuis au moins 1868 - et des plus visitées des Pyrénées par les biospéléologues (Abeille de Perrin, 1872 ; Marquet, 1873 ; Déliot, 1995). Déliot (1995) dresse un historique des prospections et des découvertes qui se sont enchainées sur plus d'un siècle. Avec Lestelas, c'était un des lieux favoris du guide local de chasse Jean-Marie Brunet rétribué de ses récoltes et de ses prestations par les entomologistes de la fin du XIXème siècle. Les trois espèces les plus récemment découvertes au Sendé, et d'où elles sont décrites (*Geotrechus saulcyi* en 1913 *Geotrechus trophonius inferorum* en 1926 et *Hydraphaenops peccoudi* en 1938), y sont également les plus rares et dont on ne connait de cette grotte que quelques individus. Geotrechus saulcyi et Hydraphaenops peccoudi s'avèrent par contre relativement abondants en profondeur dans plusieurs gouffres du massif de Sourroque (Déliot s.d. ; Déliot, 1995 ; Charles Bourdeau com. pers). Les deux Aphaenops, pluto et cerberus au niveau des suintements, ainsi que les deux Speonomus, diecki et stygius sur guano, sont visibles à chaque visite (accès autorisé au seul mois de septembre par arrêté). Les Geotrechus spp., dont orpheus au moins était jadis abondant (Marquet, 1873), semblent avoir déserté cette grotte. Coiffait (1959) avance que la coupe des arbres à l'entrée a modifié les conditions d'humidité et appauvrit la faune endogée qui y vivait. Le milieu a cicatrisé depuis, sans résilience de ce type de faune a priori.

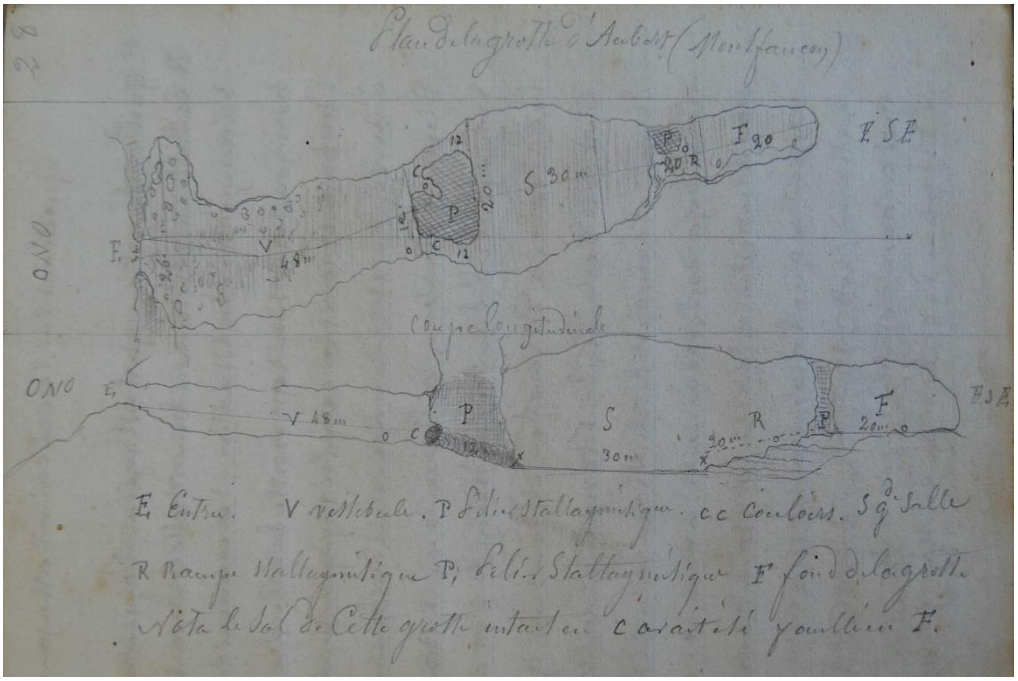
RICHESSE SPECIFIQUE. Avec au moins 11 espèces de Coléoptères connus de cette grotte, dont pas moins de 7 dont c'est la localité typique, la grotte du Sendé est mondialement connue pour sa richesse en coléoptères cavernicoles.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Carabidae	*Aphaenops pluto pluto*	X		Massif	06/09/2019	Hervé Brustel
	Aphaenops cerberus cerberus	X		Massif	06/09/2019	Hervé Brustel
	Laemostenus oblongus		X	/	O6/09/2019	Hervé Brustel
	Hydraphaenops pecoudi	X		Massif	< 2010	Christian Vanderberg
	Geotrechus saulcyi		X	Massif	< 2010	(Déliot, 1995)
	Geotrechus trophonius inferorum		X	Grotte	< 2010	(Déliot, 1995)
	Geotrechus orpheus orpheus		X	Massif	< 2010	(Déliot, 1995)
Leiodidae	*Bathysciola arcuatipes*		X	Ariège	30/09/2013	Hervé Brustel
	Bathysciola sp.		X	Ariège	30/09/2013	Hervé Brustel
	Speonomus diecki	X		Massif	O6/09/2019	Hervé Brustel
	Speonomus stygius stygius	X		Massif	O6/09/2019	Hervé Brustel

EN ROUGE : GROTTE DONT C'EST LA LOCALITE TYPE.

COMMENTAIRE. Cette grotte a été très bien prospectée dans le passé. Sa faune la plus guanophile et troglobie y est abondante et facile à observer. La faune endogée de l'entrée (Bathysciola et Geotrechus spp.) mérite des prospections nouvelles au moyen de techniques adaptées (pièges Owen, tamisages et lavages de terre). Bathysciola ovata et talpa sont probablement présentes au Sendé car elles sont abondantes à l'entrée de la grotte du Cap de la Bouiche voisine.

L'abbé Pouech visita régulièrement la grotte d'Aubert, Sendé ou Montfaucon. Il y réalisa plusieurs croquis du massif, des plans et coupes de la grotte et a listé le matériel paléontologique prélevé (Pouech, 1848-1889 - 71 J 253, 257, 262, 265, 316).



Plan de la grotte d'Aubert (Montfaucon), dessin par Jean-Jacques Pouech en 1862, carnet conservé aux archives départementales de l'Ariège (71 J 257), p.28.

Après la découverte du site par l'abbé Pouech, la grotte est fouillée en 1870 par Jeanbernat. Il y prélève de nombreux ossements d'animaux. Elles reprennent en 1885 et 1886 sous la responsabilité de Félix Régnault. Il relève le plan. Il est frappé par la quantité considérable d'ossements d'animaux. Selon lui c'est un repaire « de bêtes féroces » (Filhol, 1987). Garrigou et Viret auraient d'après Félix Régnault entrepris des sondages superficiels avant lui. En 1899-1890, Louis Roule découvre un os frontal considéré comme néandertaliens à l'époque (Roule, 1900). L'étude par H. Vallois démontre que c'est en réalité un crane moderne (Documentation Service Régional de l'Archéologie, Moulis). Il est conservé au Museum d'Histoire Naturelle de Toulouse.

La grotte fait l'objet d'une exploitation pour le phosphate à la fin du XIX^{e} siècle.

Au cours du XX^{e} siècle, le site subit plusieurs fouilles clandestines à grande échelle (trafic de crâne d'ours des cavernes démantelé en 1991). La faune « saisie » n'a pas fait l'objet de publication.

Paléontologie **:**

Ours des cavernes (dont très jeunes), *dicerorhinus mercki*, hyène, grand cerf, auroch, cheval, petit ours, rennes, grand bœuf, loups…

Archéologie *:*

- Faune : os de ruminants, bœufs, mouton, chèvre dans un foyer, plusieurs os d'ours d'enduits de charbon et de bois carbonisé (Jeanbernat, 1871)
- Une hache polie (collecteur Miquel Henri) est mentionnée dans l'inventaire du MHNT
- Un morceau de crane (frontal) d'homo sapiens : sépulture

L'abbé Pouech, en contact régulier avec Lartet, identifie plusieurs ossements de mouton, chèvre, d'ossements « noirci par l'action du feu » ou os « portant la trace de l'action de l'homme. » (Pouech, 1848-1889 - 71 J 316). Le docteur Jeanbernat précise que des maxillaires d'*ursus speleaus* semblent cassés par l'Homme. Il conviendrait de reprendre

l'étude des collections de la grotte d'Aubert et d'effectuer de nouveaux sondages pour compléter et caler chronologiquement l'occupation humaine de la grotte.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Il s'agit d'une cavité ne présentant que peu d'intérêt spéléologique ; cependant le gisement paléontologique et la richesse de l'entomofaune cavernicole en ont fait pendant longtemps un lieu très fréquenté par des fouilleurs clandestins et par les entomologistes. La mise en protection par arrêté de protection de biotope depuis 1991 a été partiellement suivit d'effet, aucun moyen réel d'application de l'arrêté n'ayant été mis en œuvre (Bertrand et *al.*, 2002).

Aujourd'hui, seul un vieux panneau à l'intérieur du site prévient des dates d'interdiction et d'autorisation de pénétration dans le site. La mise en place d'un panneau à l'extérieur du site, en retrait de la voie de circulation des chauves-souris, pourrait permettre de prévenir certaines intrusions. Une dernière menace de l'intégrité du site est la fermeture du milieu. La végétation obstrue de plus en plus l'entrée du site et mériterait d'être contrôlée afin de garder une certaine attractivité pour des espèces exigeantes en termes d'espace comme le Minioptère de Schreibers. Enfin, la grotte est simple d'accès, et non contrôlée : elle a subi des fouilles clandestines (comme en atteste l'état du sol en grande partie retourné), et présente des débris de verre et autres déchets. Les dérangements de chauve-souris, notamment en période d'interdiction d'accès (APPB), sont probables.

VOLET CONNAISSANCE.

Etroitement lié au suivi de la population de chauve-souris. Mais aussi important pour l'étude du fonctionnement du paléo-environnement.

Des indices de biocorrosion ont été repéré au sein de la cavité d'autant qu'elle a été exploitée pour les phosphates découlant probablement d'anciens guanos de chauves-souris. Dans le cadre de ces recherches, L. Bruxelles a prévu d'aller la visiter. Le compte-rendu de cette sortie pourrait très prochainement compléter cette fiche.

VOLET VALORISATION.

Elle apparait comme l'une des plus riches en faune souterraine et pourrait inspirer une valorisation spécifique, sous réserve du respect de la sensibilité de ladite faune.

LE SYSTEME DE LA GROTTE DE MOULIS

ID = 20

				
PATRIMOINE NATUREL - INTERET		+++	+	++
MENACE ET/OU VULNERABILITE	non		MPY1607	
VALORISATION ET PEDAGOGIE SCIENTIFIQUE		Intérêt fort		
SCIENCE ET RECHERCHE		Intérêt fort		

Site de la directive "Habitats, faune, flore"

FR7300836 - Chars de Moulis et de Liqué, grotte d'Aubert, Soulane de Balaguères et de Sainte-Catherine, granges des vallées de Sour et d'Astien

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012070
Massif du Bouireix et Montagnes de Sourroque

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012085
Massifs du mont Valier, du Bouirex et montagnes de Sourroque

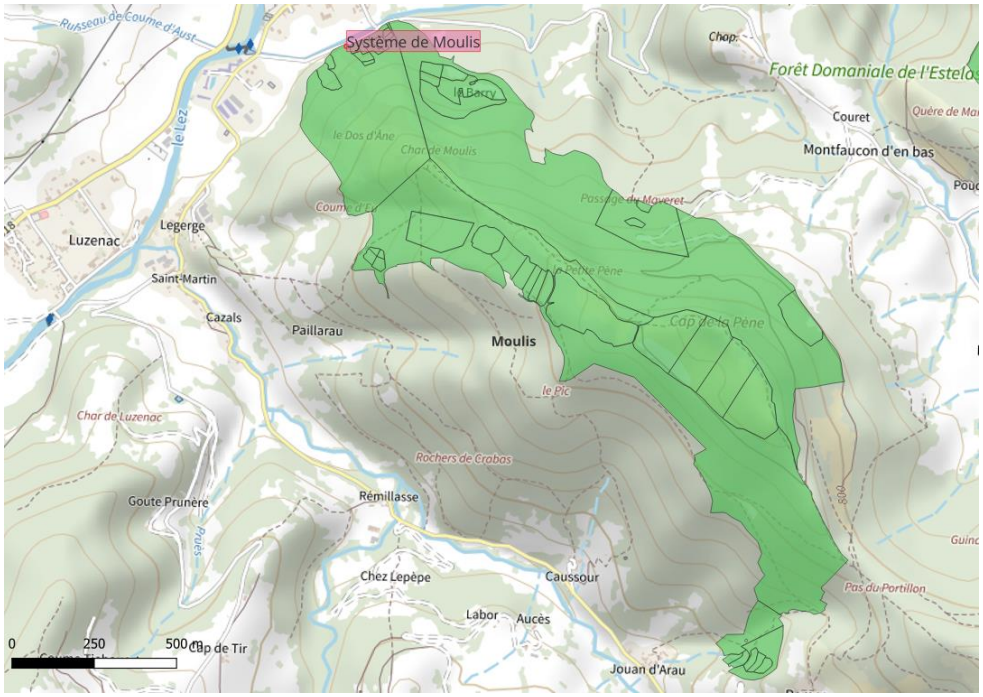
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	MOULIS	**Ensemble géographique**	Sourroque et Arize
Parcelles concernées	48 parcelles	**Superficie planimétrée**	106.2 ha

Localisation du site

(IGN : 1 : 10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

Le massif de Sourroque est un massif très boisé d'environ 6 km², délimité par les vallées du Sabat, du Lez et d'Alos. Il est séparé du massif de Castillon par la vallée du Sour et le col de Fortech (DREAL Occitanie, 2016).

Le système de référence de Moulis s'étend de la grotte laboratoire de Moulis jusqu'au gouffre du Portillou. Il inclut ainsi la source de Juan d'Arrau et la grotte laboratoire de Moulis ainsi que l'exutoire du système, la résurgence du Pont de Moulis à proximité de la grotte (Bedos, *et al.*, 2021). Le massif de Sourroque contient l'essentiel des caractéristiques morphologiques du karst : lapiés, pertes, dolines, gouffres, grottes, réseaux de galeries, drains souterrains et résurgences, permettant d'appréhender l'organisation d'un réseau souterrain (DREAL Occitanie, 2016).

Le site se situe dans une zone de moyenne montagne. Le massif de Sourroque culmine au cap d'Aruille à 1 252 mètres d'altitude. Le relief est principalement structuré par des pentes douces. Le site est drainé par le Lez, affluent du Salat (BRGM, 2017d).

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Le versant est silloné de nombreux sentiers dans la forêt, véritable site de promenade. La carte IGN indique un rocher d'escalade à proximité du ruisseau de Sour « les rochers de Crabas ». Au sommet du Massif appelé le Cap de la Pène, un aménagement touristique est présent et c'est également le départ de vols de parapentes.

On note aussi que le site fait partie du site Natura 2000 appelé « chars de Moulis, vallées de Sour et d'Astien ». Sur cette zone très boisée, le Document d'objectifs donne des préconisations de gestion forestière.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Sourroque

Description cavité Le gouffre du Portillou affiche un développement de 2 000 m environ, et une profondeur de -130 m. La grotte de Moulis elle-même dépasse 3 000 m de développement pour +100 m de dénivellé. La relation de ces cavités a été prouvée par coloration en 1954, ce qui a démontré que la Grotte de Portillou constitue le système amont de la Grotte de Moulis (Carrère, 1954). Une bonne partie du système reste inconnue à ce jour. Il est proposé d'associer ou d'intégrer à la réserve les cavités et sources du système hydrogéologique de la grotte de Moulis, à l'exception du gouffre du Portillou. (Bedos, *et al*., 2021)

Géologie / substrat Le massif de Sourroque est un synclinal d'axe orienté nord-ouest – sud-est, formé des marnocalcaires du Crétacé inférieur (Aptien et Albien) et des calcaires et dolomies du Jurassique moyen à supérieur. Ce synclinal est faillé et déversé vers le nord-est. Dans ce secteur les structures géologiques normalement orientées est-ouest lors du plissement pyrénéen, ont pris une orientation nord-sud en raison de la présence du massif cristallin de Castillon. Les barres calcaires de la branche ouest (Tuc Bidau) constituent de grands escarpements alors que les calcaires de la branche est (Troumajou) déterminent un relief moins spectaculaire. Entre les deux, le coeur du synclinal est représenté par des marnes noires à spicules, très épaisses (plus de 300 m) et rigoureusement imperméables qui représentent une barrière hydraulique entre les branches. Ce sont les calcaires des deux branches qui sont aquifères et très karstifiés. En effet, une dizaine de gouffres permettent d'atteindre le collecteur dans des galeries de grandes dimensions, 180 à 200 m plus bas. La partie occidentale du massif est drainée par deux sources : la résurgence de Moulis dans la vallée du Lez et la Tute de Jovis dans la vallée d'Alos. La partie orientale est drainée par la Fontaine de Ribens, située dans le cours du Lez au hameau d'Aubert. Le système aquifère de Fontaine de Ribens correspond à un bassin versant de 5,7 km^2 comprenant à la fois les calcaires, mais également dans sa partie amont le ruissellement sur les marnes noires qui se perd au niveau des calcaires (perte de Sengouagneich). Dans la partie aval, le ruissellement de surface constitue le ruisseau d'Aubert, qui se jette dans le Lez à proximité de Fontaine de Ribens. Cette source, compte tenu de sa position dans le Lez, n'a pas pu être jaugée, mais son débit moyen serait de près 200 l/s. La distance à vol d'oiseau entre la perte et la résurgence est de 6,8 kilomètres. (DREAL Occitanie, 2016)

Usages La grotte de Moulis appartient au CNRS et fait partie de la plate-forme Grottes et Karst du laboratoire CNRS SETE à Moulis. A l'heure actuelle, la SETE (Station d'Ecologie Théorique et Expérimentale) est une Unité d'Appui et de Recherche du CNRS. Dans la grotte de Moulis, les recherches sur le domaine souterrain sont principalement focalisées sur l'écologie et la physiologie des urodèles hypogées (e.g. Guillaume 2020, Pottier *et al*. 2021), ainsi que sur le concrétionnement actuel et fossile (spéléothèmes) et la paléoclimatologie (e.g. Perrin *et al*. 2022). La grotte abrite également un sismographe opéré par l'Observatoire Midi-Pyrénées (CNRS-Université de Toulouse) et intégré au réseau de surveillance sismique du territoire RESIF.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Crustacés aquatiques (source de Juan d'Arrau)	22	Bon	
Arachnides	0	Non étudié	
Coléoptères (grotte de moulis)	11	Assez bon	Les endogés sont à prospecter et les introduits à suivre

- LES ARACHNIDES

COMMENTAIRES. Le site n'est pas connu pour la faune arachnologique car la grande partie de la cavité semble inondée. Au niveau de la résurgence, on pourrait trouver le cortège d'espèces troglophiles et si, des parties étaient accessibles et asséchées, d'autres espèces plus originales pourraient exister. En effet, les cavités présentent au-dessus (Portillon), montrent la présence de *Leptoneta infuscata* (endémique des Pyrénées centrales) et *Leptoneta convexa* (endémique locale). Ce site reste donc à étudier.

- LES COLEOPTERES (GROTTE LABORATOIRE DE MOULIS)

EFFORTS DE PROSPECTION. Marquet (1873), accompagné par le guide local Jean-Marie Brunet, mentionne déjà des prospections biospéléologiques. L'accès était alors difficile avant que le laboratoire souterrain de Moulis n'aménage l'entrée actuelle au milieu du XX^{ème} siècle. La faune locale autochtone est classique de la faune du massif de Sourroque mais bien plus pauvre que, par exemple, la grotte du Sendé proche. Le site de Moulis est surtout singulier par les activités biospéléologiques et les élevages qui y ont été conduits. Il en résulte de nombreuses introductions dont au moins 5 coléoptères se sont plus ou moins durablement installés (Déliot s.d. ; Juberthie et Gers, 1992) : *Ceutosphodrus navarricus* (Pays basque : massif des Arbailles) ; *Speonomus hydrophilus* et *Speonomus longicornis* (Ariégeois absents du massif de Sourroque) ; *Speonomus delarouzei* (Pyrénées Orientales) ; *Troglodromus bucheti* (des Alpes maritimes) et Dolichopde (du Mont Canigou et/ou d'Italie).

RICHESSE SPECIFIQUE. La grotte laboratoire est assez riche en Coléoptères cavernicoles grâce à l'apport des espèces exogènes introduites, dont on ne peut affirmer si toutes celles qui s'y étaient établies sont encore présentes. Des 11 espèces de Coléoptères qui furent au moins un temps présentes, dont 6 autochtones, il n'en reste peut-être aujourd'hui que 8, dont 5 autochtones.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Carabidae	*Cerbaphaenops pluto pluto*	X		massif	02/09/2016	Hervé BRUSTEL
	Cerbaphaenops cerberus cerberus	X		massif	05/04/2016	Hervé BRUSTEL Samuel DANFLOUS
	Geotrechus orpheus orpheus		X	massif	? < 2010	COIFFAIT, 1967
	Ceutosphodrus navarricus	X		introduit	1991 ?	Juberthie et Gers, 1992
Leiodidae	*Speonomus stygius stygius*	X		massif	Eteint ?	Déliot s.d. ; Juberthie et Gers, 1992
	Speonomus longicornis	X		introduit	05/04/2016	Hervé BRUSTEL Samuel DANFLOUS
	Speonomus hydrophilus	X		introduit	02/09/2016	Hervé BRUSTEL
	Speonomus delarouzei	X		introduit	Eteint ?	Déliot s.d. ; Juberthie et Gers, 1992
	Troglodromus bucheti	X		introduit	Eteint ?	Déliot s.d. ; Juberthie et Gers, 1992
	Choleva angustata		X	/	05/04/2016	Hervé BRUSTEL Samuel DANFLOUS
Staphylinidae	*Atheta subcavicola*		X	/	? < 2010	(Marquet, 1873)

COMMENTAIRES. Les espèces d'arthropodes introduites fussent-elles d'un massif Ariegeois voisin n'en demeurent pas moins de sérieuses perturbations. L'état actuel des populations de tels aliens serait intéressant à suivre en l'absence de nouvelles introductions, a priori, depuis les années 1990. De récentes prospections coléoptérologiques ont montré la persistance des *Speonomus longicornis* et *hydrophilus* et même la relative abondance de ce dernier. Dans d'autres groupes, les Dolichopodes (Orthoptères) et les *Titanethes albus* (Crustacé des Balkans) semblent toujours très abondants. Il serait intéressant de vérifier que certaines espèces autochtones n'ont pas subi ces introductions au point de localement disparaitre (*Speonomus stygius* sur les périphéries de la grotte de Moulis par exemple).

- LES CRUSTACES (SOURCE DE JUAN D'ARRAU)

RICHESSE SPECIFIQUE (CLAUDE BOU 2017).

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Ostracode	*Pseudocandona sp.*				nr	LS-FLM,DD
	Cryptocandona vavrai				nr	LS-FLM,DD
	Potamocypris wolfi				nr	LS-FLM,DD
	Cypria sp.				nr	LS-FLM,DD
Harpacticide	*Parapseudoleptomesochra subterranea*				nr	(CHAPPUIS, 1928) LS-FLM-RR
Syncaride	*Vandelibathynella vandeli*				nr	(DELAMARE-DEBOUTTEVILLE & CHAPPUIS, 1971) LS-FLM
Isopode	*Stenasellus virei virei*				nr	DOLLFUS, 1897 LS-FLM
	Stenasellus virei hussoni				nr	MAGNIEZ, 1968 LS-FLM
	Microcharon rouchi				nr	COINEAU, 1968 LS-FLM
Amphipode	*Niphargus pachypus*				nr	SCHELLENBERG, 1933 LS-FLM-CB
	Niphargus gineti				nr	BOU,1965 LS-FLM-CB
Cyclopide	*Ceuthonectes gallicus*				nr	CHAPPUIS, 1928 ; LS-FLM-RR
	Attheyella crassa				nr	LS-FLM-RR
	Bryocamptus pygmaeus				nr	LS-FLM-RR
	Antrocamptus longifurcatus			Localité typique	nr	ROUCH, 1970 ; LS-FLM-RR
	Graeteriella brehemi			Localité typique	nr	LESCHER-MOUTOUE, 1968 ; LS-FLM
	Speocyclops racovitzai sandetsi				nr	CHAPPUIS & KIEFER, 1952 ; LS-FLM
	Speocyclops anomalus				nr	CHAPPUIS & KIEFER, 1952 ; LS-FLM
	Paracyclops fimbriatus				nr	LS-FLM

- MOLLUSQUES (SOURCE DE JUAN D'ARRAU)

RICHESSE SPECIFIQUE (CLAUDE BOU, 2017).

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Gastéropodes	*Moitesseria simoniana*				nr	LS FLM
	Islamia minuta				nr	LS FLM
	Bythinella				nr	LS FLM

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Après la seconde guerre mondiale, sous l'impulsion de René Jeannel et Louis Fage, tous deux professeurs au Muséum national d'histoire naturelle, une commission de spéléologie, dont le projet central était la création d'un laboratoire souterrain, a été mise en place au CNRS. Le site de Moulis a été sélectionné pour sa proximité avec de nombreux réseaux karstiques et la présence d'une cavité suffisamment grande et à fort développement horizontal. En 1948, le Laboratoire souterrain du CNRS est créé et Albert Vandel, alors professeur à l'Université de Toulouse, en est le premier directeur.

Pendant près de 60 ans, le Laboratoire souterrain a développé des recherches pluridisciplinaires sur l'évolution et l'adaptation des espèces au milieu souterrain ainsi que sur la genèse et la dynamique des systèmes karstiques. Le Laboratoire a également acquis quatre grottes karstiques pour ses recherches (voir ci-dessous).

En 2007, le laboratoire de Moulis a été transformé en une station d'écologie expérimentale dont les travaux portent sur les écosystèmes et les espèces aussi bien épigées qu'hypogées, au-delà du cadre de la biospéléologie. Au cours de la dernière décennie, la Station d'Ecologie Théorique et Expérimentale (SETE) a été équipée de plusieurs dispositifs expérimentaux novateurs et d'une série de plates-formes scientifiques, parmi lesquelles la plate-forme Grottes & Karst.

Ce laboratoire souterrain est devenu un lieu mythique de la recherche en biospéologie (Bedos, *et al.*, 2021) et le milieu souterrain (microclimatologie, via les travaux d'Adrieux notamment, études des cristalllisations, travaux de Gèze, etc.).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Ce volet n'est pas prioritaire pour ce site.

VOLET CONNAISSANCE (Bedos, *et al.*, 2021).

Outre son importance historique en ce qui concerne l'étude du milieu souterrain, la grotte de Moulis et les cavités du massif de Sourroque dans lequel elle se développe abritent une faune cavernicole très riche en espèces souterraines strictes (plus de 20). Elle comprend des coléoptères (deux espèces de *Speonomus*, *Geotrechus orpheus* (Dieck), *Aphaenops pluto* (Dieck) et *A. cerberus* (Dieck)), Gastropodes, Planaires, Oligochètes, Opilions, Aranéides, Chilopodes, Diplopodes, Collemboles, Campodés et Crustacés (Amphipodes, Copépodes, Isopodes).

Aux cavernicoles indigènes listés plus haut s'ajoutent plusieurs espèces introduites intentionnellement ou non, telles, parmi lesquelles 6 coléoptères dont *Speonomus normandi hydrophilus* (Jeannel) d'une région pyrénéenne voisine, *Troglodromus bucheti* (Sainte Claire Deville) endémique du Var et des Alpes Maritimes, *Laemostenus navaricus* (Vuillefroy) de l´ouest des Pyrénées), ou encore le Crustacé Isopode terrestre d'Europe centrale *Titanethes albus* (Koch) (Juberthie & Gers 1992). Cette co-occurrence d'espèces indigènes et introduites fait du système souterrain de Moulis un véritable laboratoire naturel unique au monde pour comprendre les impacts potentiels des introductions d'espèces sur une faune largement endémique. La grotte de Moulis possède par ailleurs un grand nombre d'infrastructures techniques (pour les élevages en particulier) sans équivalent en France. Avec la proximité immédiate d'un gros laboratoire lui-même bien doté en termes d'infrastructures, Moulis offre des conditions excellentes pour permettre des études sur la biologie et l'écologie des espèces cavernicoles. La grotte de Moulis possède également une grande richesse minéralogique (excentriques de calcite et d'aragonite).

Les recherches spéléologiques (prospections, désobstructions, explorations) sur le gouffre du Portillou situé en amont du système, site important pour les spéléologues, nous conduisent à ne pas le mettre dans la réserve. Le système karstique de Moulis serait un bon modèle car ni trop grand, ni trop petit, avec un état des connaissances très poussé dans certains domaines, mais présentant des lacunes dans beaucoup d'autres, y compris du point de vue faunistique.

VOLET VALORISATION. (Bedos, *et al.*, 2021)

En termes de représentativité, ces grottes hébergent à elles seules la plupart des grandes lignées souterraines présentes en Ariège. Avec la grotte du Sendé voisine qui appartient à un bassin hydrologique adjacent, le massif de Sourroque apparait comme le plus riche en faune souterraine troglobie d'Ariège.

Les mêmes infrastructures de recherche décrites ci-dessus et la facilité d'accès au site offrent des opportunités pédagogiques uniques, dont ont bénéficié de très nombreux étudiants, scolaires et visiteurs depuis des décennies. Cette grotte est le cadre idéal pour sensibiliser le grand public à l´environnement souterrain et aux particularités de la faune qui y vit. La valorisation est aujourd'hui organisée dans le cadre de la plateforme Grotte et Karst, et est du ressort du laboratoire SETE.

LA GROTTE DE LA PETITE CAOUGNO

ID = 21

					
PATRIMOINE NATUREL - INTERET		++	+++	+	+
MENACE / VULNERABILITE Responsabilité	**Oui** ----	**X** Régionale			MPY1434
VALORISATION ET PEDAGOGIE SCIENTIFIQUE	**Intérêt fort**				
SCIENCE ET RECHERCHES	**Intérêt fort**				

Site Natura 2000

Directive "Oiseaux"

FR7312002

Quiès calcaires de Tarascon-sur-Ariège et grotte de la Petite Caougno

Au sein de la ZICO : zone rupestre du tarasconnais et massif d'Aston

Site Natura 2000

Directive "Habitats, faune, flore"

FR7300829

Quiès calcaires de Tarascon-sur-Ariège et grotte de la Petite Caougno

Type de zone : 1

ZNIEFF 730003061 Parois calcaires et quiès du bassin de Tarascon

Type de zone : 2

ZNIEFF 730011919 Parois calcaires et quiès de la haute vallée de l'Ariège

APPB (1993)

FR3800360

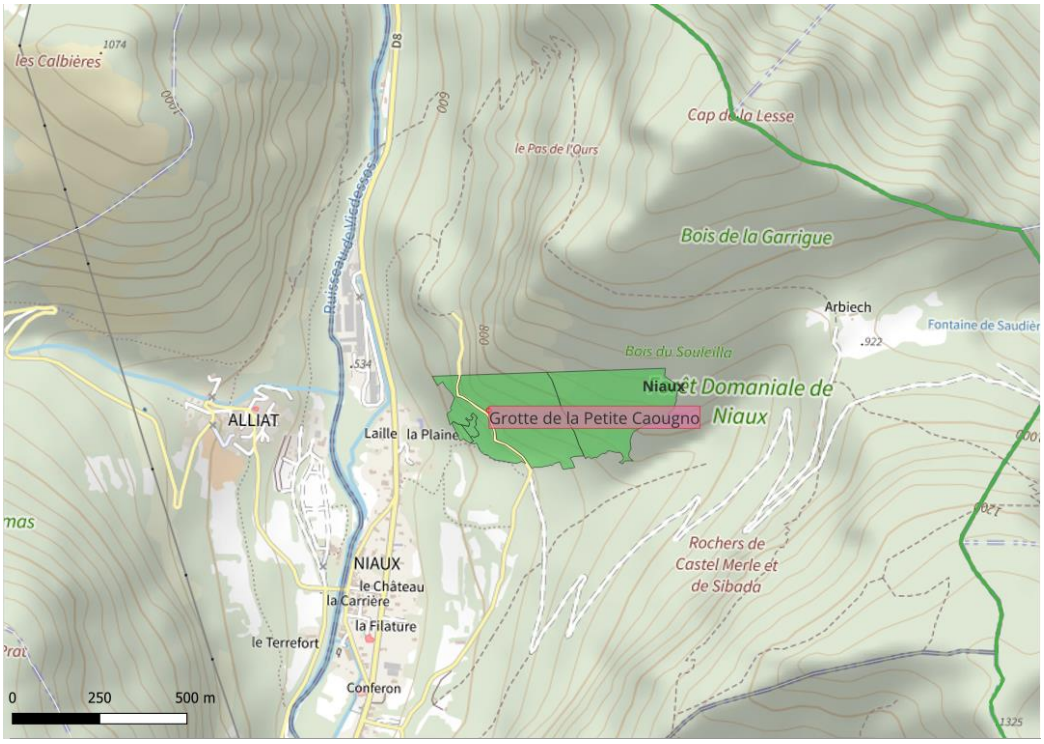
Grotte De La Petite Caougno

CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	NIAUX	**Ensemble géographique**	Tarasconnais et Vicdessos
Parcelles concernées	5 parcelles dont 3 en forêt domaniale	**Superficie planimétrée**	14.2 ha

Localisation du site (IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

Dans le massif du Cap de la Lesse, une quarantaine de cavités ont été répertoriées, s'étageant entre le cours actuel de l'Ariège et 1000 m d'altitude (BRGM, 2017b). La petite Caougno est située sur la route qui mène du village à la grotte de Niaux (Bertrand, et *al.*, 2002).

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

La cavité se trouve sur le site Natura 2000 « Quiés calcaires de Tarascon-sur-Ariège et grotte de la petite Caougnau ». Dans ce cadre, un panneau d'information a été mis en place à l'entrée de la grotte. Le site est géré par l'ONF. Le document d'objectifs Natura 2000 présente les objectifs suivants (ANA-CEN Ariège, 2016) :

« Objectifs et préconisations d'ordre écologique :

- Maintenir la diversité en habitats et en espèces
- Maintenir la qualité structurelle et fonctionnelle des habitats naturels et des habitats d'espèces ; restaurer ou limiter la dégradation des habitats en mauvais état de conservation.
- Approfondir les connaissances sur certains habitats et certaines espèces : falaises, rapaces forestiers, rapaces rupestres.

Objectifs d'ordre socio-économique :

- Maintenir et/ou développer une activité pastorale favorable aux objectifs de conservation et de restauration des habitats et des espèces.

- Favoriser un développement socio-économique adapté aux caractéristiques du site. Soutenir le développement d'activités humaines et de projets nouveaux favorables à la préservation des espèces et des habitats.

Objectifs généraux Natura 2000 :

- Favoriser la prise en compte des enjeux environnementaux dans les projets d'aménagement ou dans les projets de type contractuel (mesures agroenvironnementales, aides forestières).
- Informer sur les enjeux de préservation des espèces et des habitats les divers publics : les gestionnaires et les divers usagers du site (agriculteurs, forestiers, chasseurs, gestionnaires d'infrastructures, élus…). »

La gestion de la forêt domaniale de Niaux suit un plan d'aménagement forestier, revu en 1996 pour une durée de 15 ans. Le DOCOB précise : « aucune intervention n'est prévue au niveau sylvicole sur toute la partie de la forêt concernée par l'habitat "Forêt de Hêtre sur calcaire" (Bois du Souleilla). De l'autre côté (Castel Merle et Sibada), la parcelle 1 correspondant à l'Habitat "Forêt de Hêtre …" est exploitée : une coupe d'amélioration est prévue en 2010, de même que la révision de l'aménagement forestier. »

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique	Paléokarst de Niaux-Lombrives Sabart				
Altitude entrée	680m	**Développement**	200m	**Profondeur**	-

Description cavité

La grotte de la petite Caougno possède un vaste porche, puis une longue galerie sèche qui se divise en deux parties superposées dans sa seconde moitié (Bertrand, et *al.*, 2002).

Hydroéologie / substrat

Le substrat géologique du Cap de Less est constitué de grès et de calcaires du Crétacé inférieur. Creusée dans ces calcaires aptiens[48], la grotte de la petite Caougno fait partie du vaste système karstique de Niaux-Lombrives-Sabart, localisé à la confluence de l'Ariège et du Vicdessos (Renault, 1983 ; Sorriaux, et *al.*, 2016). Tout comme le reste du massif du Cap de la Lesse, ce réseau, dont l'exutoire principale n'a pas encore été identifié, comprend une partie noyée, en lien avec le Vicdessos. Ces calcaires à fort potentiel de karstification présente un drainage bien organisé dont le débit peut être élevé et variable selon les saisons (BRGM, 2017b).

Plusieurs études récentes (Sorriaux, 1992 ; Bakalowicz, et *al.*, 1984 ; Sorriaux, 1981) proposent un modèle d'évolution de ce réseau en plusieurs phases :

- Une mise en place ancienne et, probablement, d'origine alluviale ;
- Une fossilisation et une phase d'asséchement ;
- Une réactivation des karts à chaque glaciation du Quaternaire avec des apports détritiques fluvio-glaciaires (ex : vague d'érosion, dépôts de cailloutis, sables et limons) avec des processus endokarstiques (concrétions) pendant les périodes interglaciaires.

À l'échelle de la grotte c'est une cavité sèche comportant des éboulis et concrétions mais qui se limite à des suintements et des gours temporaires (Bertrand, et *al.*, 2002).

[48] Ces calcaires ont longtemps été considérés comme ceux à faciès urgoniens (Sorriaux et *al.*, 2016) c'est-à-dire : « […] *compacts, à pâte fine semi-cristalline, de teinte généralement gris clair.* » (Casteras et *al.*, 1970)

Vue de la vallée de Niaux, Jean-Jacques Pouech, 1861.



Données paléoenvironnementales

Des recherches paléoclimatiques et paléoenvironnementales ont été menées dans le système karstique Niaux-Lombrives-Sabart (Sorriaux, et *al.*, 2016). À partir des données fournies par les spéléothèmes (datation U/Th), des moraines extérieures (l'âge cosmonucléides Be) et des reconstitutions des paléo-limites würmiennes, elles ont conclu que : « les maximums d'englacement enregistrés dans le karst correspondent, pour le plus récent, aux stades isotopiques MIS 4 à MIS 2, et pour les plus anciens pourraient correspondre aux stades isotopiques MIS 6, MIS 8 et, éventuellement, MIS 14 ou MIS 16. […] À chaque glaciation, la totalité du réseau du Cap de la Lesse pouvait potentiellement être remise en charge, mais c'est la dernière glaciation associée aux MIS 2 à 4 qui a laissé les traces les plus fraîches et les plus généralisées de la réactivation du réseau. D'un point de vue de la dynamique du karst, cette différence montre qu'il faut une coïncidence entre les circulations d'eau de fonte glaciaire en surface et les zones de captures potentielles du karst vers un réseau profond pour que la réactivation se produise. Sans cette coïncidence, le karst reste isolé. Même avec un recouvrement total par les glaciers, la réactivation ne peut avoir lieu, ou produit des enregistrements plus faibles (cas des stades pré-würmiens MIS 6 et MIS 8). » (Sorriaux, et *al.*, 2016, p. 15).

Climatologie

Depuis les années 70 (Andrieux, 1974 ; Andrieux, 1977 ; Andrieux, 1981; Andrieux, 1983 ; Renault et Brunet, 1981 ; Renault, 1982), des suivis de températures, de pression, de CO2, d'humidité ont été réalisés dans le système karstique Niaux-Lombrives-Sabart. L'équipe de GEConseil (Bourges, 2018) suit plusieurs de ces capteurs dans la grotte de Niaux. Aucun de ces relevés n'a été effectué dans la grotte de La petite Caougno à notre connaissance.

Biocorrosion

H. Brustel (comm. perso) nous a fait part de plusieurs indices de biocorrosion, notamment des tas de guano. Dans le cadre des recherches de L. Bruxelles, une sortie de terrain est prévue à la grotte de la petite Caougno (comm. perso).

Usages

L'APPB de la Grotte de la Petite Caougnau (03/12/1993) interdit l'accès de la grotte entre le 1er mars et le 30 septembre de chaque année pour protéger les populations de chauve-souris. En 2000, une grille et des panneaux d'information ont été posés à l'entrée de la grotte, située à proximité de la grotte de Niaux. (ANA-CEN Ariège, 2016)

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Niveau de connaissance	Nombre d'espèces connues	Commentaires
Chiroptères		6	
Arachnides	Faible	2	

Orthoptères	Bon	1	
Lépidoptères	Assez bon	2	
Coléoptères	Bon	3	D'autres troglobies et endogés peuvent exister

ENJEUX NATURALISTES

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

- **Les suivis de cavités** se basent sur les périodes d'occupation principales depuis 1989. Depuis 2013, les suivis pluriannuels de cette cavité dans le cadre de Natura 2000 sont devenus réguliers, permettant une connaissance plus fine de l'utilisation de ce site par les chiroptères. Ils sont régulièrement effectués en partenariat avec l'ONF.
- Suivi de l'hibernation : de façon régulière depuis 2016, entre mi-janvier et mi-février, ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.
- Suivi du transit : presque aucun suivi en période de transit n'est effectué. Avant 2000, 2 visites ont eu lieu en transit printanier et une à l'automne. Après 2000, nous ne disposons des données que pour une seule visite en transit automnal. Ces suivis sont réalisés par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.
- Suivi de la reproduction : depuis la reprise des suivis en 2013, ceux-ci étaient d'abord réalisés en sortie de gîte. La voûte étant très haute, les comptages n'apportaient pas une fiabilité satisfaisante. Des visites en journée sont donc effectuées tant que la mise-bas n'y est pas observée. Ces suivis sont réalisés par l'ANA – CEN09 et le CEN Occitanie.

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous la liiste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2011 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Grotte R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**H, TX**	**0 – 10 - 16**	**0 - 3**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**H, T0 - 1**	**2 – 7 - 17**	**1 - 7**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**0 - 1**	**X**	**X**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**H, R, T1 – 400 - 2500**	**0 – 50 - 300**	**60 – 620 - 1250**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**0 - 1**	**X**	**X**
Molosse de Cestoni	*Tadarida teniotis*	1 - 5	X	X
Nombre d'espèces	146	5	3	3

PHENOLOGIE. La Petite Caougno est principalement occupée par le Minioptère de Schreibers. Les autres espèces ne dépassent jamais quelques dizaines d'individus. Cependant, peu de données sont disponibles en période de transit printanier ou automnal et ne permettent pas d'affirmer que le site n'est pas occupé par d'autres espèces en transit. Les données disponibles attestent d'une occupation du site essentiellement en période de transit par le Minioptère de Schreibers avec un estivage régulier de quelques centaines d'individus et une présence sporadique de l'espèce en hiver en de faibles effectifs (à l'exception de 2020, n=302).

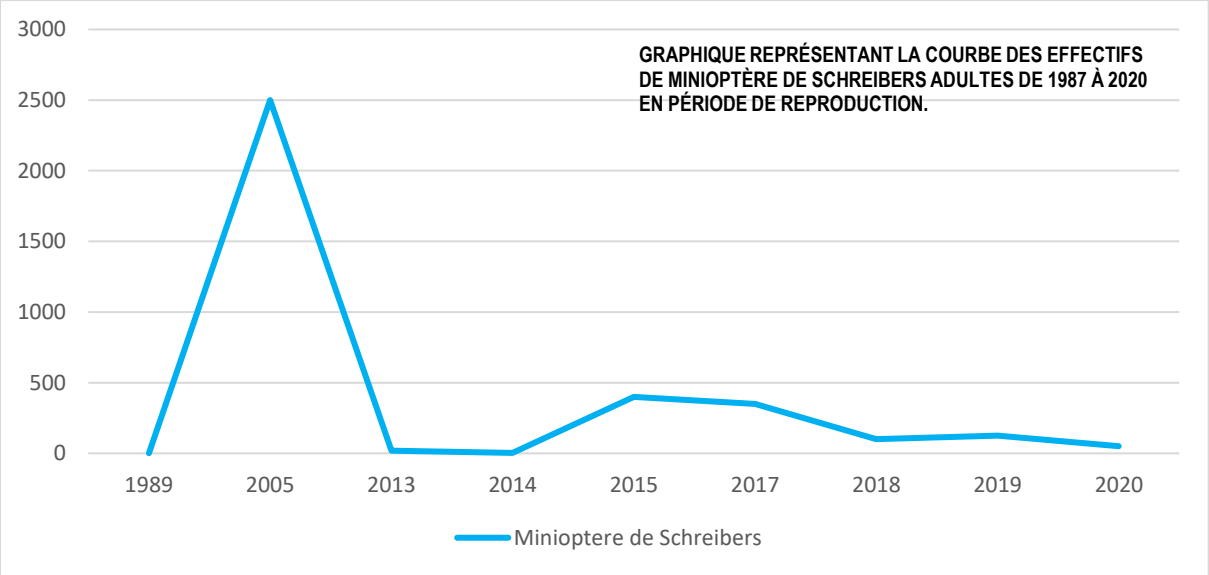
Des données bibliographiques attestent de la reproduction du Minioptère sur site (ANA-CEN Ariège, 2016) mais d'autres documents tel que le premier projet de réserve note une certaine incertitude quant à la reproduction de l'espèce sur site. Il est donc nécessaire de pouvoir réunir plus de témoignages, notamment de la part d'Alain Bertrand mais aussi d'autres naturalistes et connaisseurs historiques du site afin pouvoir statuer sur la reproduction historique sur ce site. Actuellement, aucune reproduction n'y est observée.

A noter que le Molosse de Cestoni fréquente les anfractuosités de la voûte d'entrée, ce qui a été recensé principalement en période de reproduction. Etant donné le niveau de connaissance sur cette espèce en Ariège comme en France, sa présence peut représenter un enjeu de connaissance.

TENDANCES. La tendance des effectifs estivants/reproducteurs pour le Minioptère de Schreibers montre une forte irrégularité inter-annuelle. Mais beaucoup d'années sont manquantes pour que la représentation graphique soit vraiment représentative.

Plusieurs témoignages nous permettent d'attester d'une présence marquée des chauves-souris dans le site qui était connu pour cela au moins jusqu'à 1995. Des groupes y étaient emmenés par des accompagnateurs pour effectuer des observations.

Pour ce qui est des effectifs hivernants, ils sont trop faibles pour justifier une quelconque analyse. Cependant, il est possible de dire que ces effectifs, même faibles, semblent assez réguliers pour le Grand et le Petit rhinolophe. Le Minioptère de Schreibers est généralement absent même si sporadiquement présent.



GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA COURBE DES EFFECTIFS DE MINIOPTÈRE DE SCHREIBERS ADULTES DE 1987 À 2020 EN PÉRIODE DE REPRODUCTION.

MENACES LIEES AUX ESPECES. La principale menace concerne le dérangement par les visites dans le site. Cette grotte est facile d'accès et attire la curiosité des visiteurs de la Grotte de Niaux qui peuvent être tentés de franchir la palissade qui ferme le site pour visiter son réseau horizontal. La fréquentation du site est fluctuante mais systématique en été, ce qui limite les chances d'une installation irrégulière voire pérenne d'une colonie de parturition sur ce site favorable.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Peu de données bibliographiques sont mentionnées pour cette cavité, alors que les grottes de Niaux, Lombrives et Sabart ont été assez étudiées, au moins pour les coléoptères. Les données pour les arachnides sont assez récentes et remontent aux premiers suivis réguliers des chiroptères, vers les années 2015. Des recherches ont été menées lors des comptages, mais peu de temps à la leur recherche spécifique.

RICHESSE SPECIFIQUE. Le site s'avère est assez pauvre en arachnides, même si des prospections sont à faire. La cavité est assez sèche, en dehors de certaines arrivées d'eau ponctuelles et quelques gourgues. Dans ce contexte, il est normal que la diversité soit faible. On notera une classique espèce d'entrée de grotte *Metellina merianae*, à très large répartition. La situation géographique de la cavité (centre de l'Ariège) ne lui confère aucune potentialité d'espèces micro-endémiques, qui sont localisées soit vers l'Est soit cers l'Ouest. On notera donc uniquement *L. infuscata*, à répartition ariègeoise, avec une population assez riche et surement mieux représentée encore.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X	Pyrénées	2016	Déjean
	Tetragnathidae	*Metellina merianae*		X		2016	Déjean

COMMENTAIRE. Beaucoup d'espèces classiques du cortège troglophile manquent à l'appel, peut-être dû à un manque de prospection, mais aussi dû à son aspect très sec, peu accueillant pour une faune cavernicole, qui recherche des conditions d'hygrophilie assez forte.

- LES INSECTES

EFFORTS DE PROSPECTION. En même temps que les prospections d'arachnides, d'autres invertébrés ont été relevés au cours des passages. Pour ces derniers les parois plus sèches leur sont à l'inverse des arachnides plus favorables, rappelant les cavités plus méditerranéennes.

Cette grotte a été assez peu prospectée aujourd'hui car mise en défens par une grille. Elle est par contre très anciennement connue en raison de son accès facile et de sa proximité avec la célèbre grotte ornée de Niaux. On suppose qu'il puisse s'agir de la localité typique du *Speonomus pyrenaeus* (« grotte des environs de Tarrascon ») à moins qu'il ne s'agisse de la grotte de Sabart ou de Bedeilhac. La fréquentation de cette grotte par les Chiroptères offre d'importantes ressources en guano rendant la faune qui en dépend très abondante : par exemple Laemostenus oblongus et Quedius mesomelinus pour ne citer que les coléoptères.

RICHESSE SPECIFIQUE. Si les papillons observés sont assez communs en entrées de grottes, l'espèce originale ici est une sauterelle cavernicole *Dolichopoda linderi*. L'espèce a une répartition méditerranéenne. Les plus proches populations sont situées vers Bélesta et ensuite dans la haute vallée de l'Aude. L'espèce est connue uniquement dans le secteur des grottes de Niaux et de Sabart, où la nuit venue, elle peut s'observer en dehors de la cavité.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglophile cavernicole	Trogloxène cavicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Coleoptera	Leiodidae	*Speonomus pyrenaeus*	X		Massif	10/12/2016	Brustel
	Carabidae	*Laemostenus oblongus*	X		/	10/12/2016	Brustel
	Staphylinidae	*Quedius mesomelinus*	X		/	10/12/2016	Brustel
Orthoptère	Raphidoporidae	*Dolichopoda linderi*	X		Méditerranéen	2015	Déjean
Lépidoptère	Noctuidae	*Scoliopteryx libatrix*		X		2016	Déjean
	Geometridae	*Triphosa tauteli*		X		2016	Déjean

COMMENTAIRE. Malgré son isolat, dans son aire de répartition méditerranéenne cette population semble bien autochtone et connue de longue date. Les individus observés sont nombreux des deux sexes et de toute classe d'âge. Cette population pourrait être mieux étudiée, pour délimiter son domaine vital dans la dition.

La grande proximité de cette grotte avec le réseau Niaux-Lombrive-Sabart fait que les autres troglobies du secteur pourraient croiser cette grotte : *Anthrocharis querilhaci* et *Aphaenops minos*. Le premier est commun mais le second n'est connu de Lombrives que par environ six exemplaires capturés en près d'un siècle et demi.



Dolichopoda linderi © B. Baillat

Jean-Baptiste Noulet fouille une partie de la cavité dans les années 1860. Cependant la nature et l'emplacement des fouilles Noulet ne sont pas connus. L'abbé Pouech y fait quelques ramassages au même moment.

Dans les années 1860, Félix Garrigou et Henri Filhol ont procédé à des fouilles dans l'entrée de la grotte. Il semble qu'ils aient ensuite fouillé une zone plus à l'intérieur de la grotte. Entre 1930 et 1931, Philippe Héléna fouille une zone indéterminée, ayant livré un mobilier s'étendant du Néolithique au Bronze moyen, ainsi que quelques tessons du Bronze final.

Le talus de l'entrée de la grotte est fouillé par Louis Méroc entre 1936 et 1940, et en 1946, avant sa destruction (établissement de la route). Cette zone est décrite comme stérile. En 1964, Robert Clastres a procédé à des « ramassages ». En 1971, Jean Clottes et Robert Simonnet mènent une fouille de sauvetage au niveau d'une poche d'eau contenant un grand nombre de tessons céramiques, à 200m de l'entrée. La zone fouillée fait 7m de longueur pour 2m de largeur. Cette fouille a révélé une couche charbonneuse de 5 à 10cm d'épaisseur, reposant sur le sol stalagmitique,

1977-1978, C. Duchange reprend et fouille les déblais des fouilles anciennes (Nicolas, 2018).

Archéologie :

L'occupation de la petite Caougno s'étend de la période néolithique à la fin de l'âge du Bronze. Les collections ont été dispersées dans divers collections :

- Collection Pouech au collège Jean XXII de Pamiers et Muséum d'histoire Naturelle de Toulouse
- Collection Noulet, Garrigou au Muséum d'histoire Naturelle de Toulouse (Haute-Garonne)
- Collection Garrigou, Duchange, Musée de Foix (Ariège), Muséum d'histoire Naturelle de Toulouse -Haute-Garonne)
- Collection Henri Filhol, Muséum d'histoire Naturelle de Toulouse -Haute-Garonne)
- Collection Héléna, Institut d'Archéologie de la Faculté de Montpellier (Hérault)
- Collection Héléna, Musée de Narbonne (Aude)
- Musée d'Aquitaine de Bordeaux (Aquitaine)
- Collection Clastres, Tarascon-sur-Ariège (Ariège)
- Collection Bonnans, Niaux (Ariège) (Nicolas, 2018)

Le mobilier découvert est constitué (Cornédé, 2018):

- D'un grand nombre d'outils de pierre : haches d'ophite, de serpentine et de schiste polies et des meules en granite ou en syénite, pointe de flèches. Plusieurs instruments plats façonnés avec des côtes de bœuf et perforés de grandes dimensions ont été découverts dont un avec des traces d'ocre rouge par l'abbé Breuil 1907(Nougier et Robert, 1952) ;
- D'un riche matériel osseux : poinçons, polissoirs, poignards, points de flèches ou de lances
- De la faune : Bos primigenius, bos bachyceros, bos frontosus, mouton des tourbières, chèvre, sus scrofa, chien domestique, chasse, chevreuil, cerf elaphe, isard, loup ? Oiseaux, échassier et surtout du coq, pêche, hélix nemorils, Coquilles d'escargot, blaireau
- De céramiques : céramique cortaillod vases à fond rond, parfois décorés de tétons préhensifs, pâte lissée finement micacée, rouge vif. Poterie très évoluée : vase à impressions digitales, vase à impressions ongulaires, vase avec bourrelet d'argile et décors en relief, vase à pate fine, vase à gorge, peson… A été retrouvé fond de vase polypode : le vase repose sur 3 petits mamelons inédit en Ariège, typiquement pyrénéen (Nougier, 1952).
- De matériel carpologique : noisettes et cerises sauvages
- De matériel métallique : hache plate en cuivre
- D'ossements humains

En 1971, Robert Simmonet remarque des tessons de poteries qui jonchaient le sol. Durand la fouille, une seule couche, truffée de charbons : tessons de poteries en majorité du Bronze Final III. Certains tessons sans doute plus anciens (fin du bronze ancien) à datation de la couche à 1160 avant JC (Clottes, 1973). Lors des prospections de Leconte, en 1993, il observe des foyers et prélève des coquilles d'escargot (Documentation Service Régional de l'Archéologie, Niaux).

Jean-Noël Lamiable a repéré à droite de l'entrée naturelle de la grotte de Niaux des traces de coups de pic dans le "mond-mich" de la paroi. Comme on se situe dans une zone proche de l'entrée où les composés azotés sont abondants, il imagine que ce pouvait être lié à la recherche de salpêtre. En 1867 Félix Garrigou en 1867 fait aussi la même observation à l'entrée « la roche est taillée à pic » (Garrigou, 1867) massif du Cap de la Lesse est creusé de petits porches perchés dont une partie peut avoir à une vocation sépulcrale et/ou défensive. Florence Guillot mène depuis plusieurs

années des prospections dans ces porches ou spoulgas en Haute Ariège. Quand du mobilier a pu être découverts, il s'avère être des éléments datant de la protohistoire ou des éléments médiévaux (fin du XIIe siècle au début du XIVe siècle) (Guillot, 2021) La parcelle concernée par le classement comprend plusieurs porches, comme autant de sites archéologiques et paléontologiques classés.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

La mise en tranquillité de la grotte de la petite Caougno a eu des effets spectaculaires tant sur la population que la durée d'utilisation de la cavité par l'espèce. (ANA-CEN Ariège, 2016). Les nombreuses concrétions, sources, peintures rupestres et les chauves-souris participent fortement à l'attractivité du site pour la pratique d'une spéléologie fédérée ou non. La fréquentation de l'entrée de la cavité s'appuie largement sur la fréquentation de la grotte de Niaux, donc principalement, l'été. Une palissade installée par l'ONF est quelques fois dégradée. Cela limite l'installation régulière d'une colonie de parturition.

VOLET CONNAISSANCE

Au cours de la constitution de cette fiche, peu de références bibliographiques proposaient une description hydrogéologique de la cavité à notre connaissance. Si lacune il y a, elle pourrait être comblé par une description. De plus, si l'équipe de L. Bruxelles ajoute cette grotte à leur corpus de recherche sur la biocorrosion, la mise en place d'un suivi CO_2 et température pourrait être réalisé en même temps.

Sur le volet naturaliste, la présence du Molosse de Cestoni pourrait faire l'objet d'observations particulières afin de compléter les connaissances au niveau national sur l'espèce. La présence originale de la sauterelle cavernicole *Dolichopoda linderi* pourrait également inspirer des études, afin de délimiter son domaine vital dans la dition.

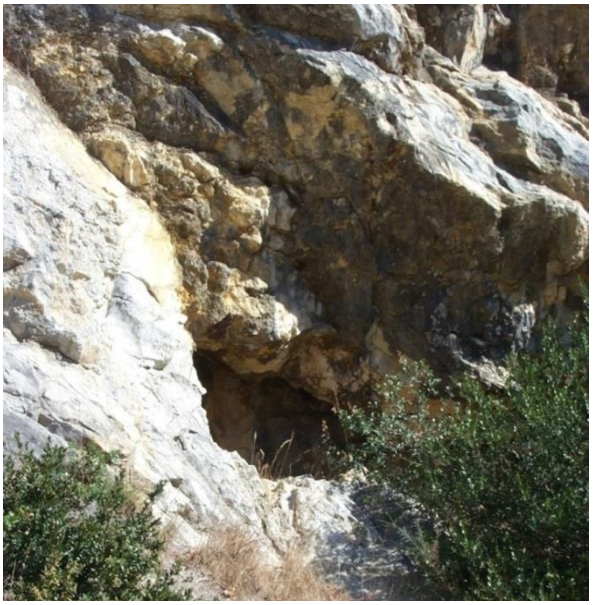
VOLET VALORISATION.

Le système Niaux-Lombrives-Sabart est un site de référence pour la connaissance du Quaternaire régional et l'évolution géodynamique et géomorphologique des vallées de l'Ariège et du Vicdessos, et présente ainsi un véritable intérêt géologique et pédagogique (tout public, mais aussi pour les géologues, étudiants, enseignants, scolaires, amateurs). Il pourrait être associé à la RNNSA par convention pour constituer un site vitrine ; tout en déviant l'attractivité de la petite Caougno, qui reste sensible.

LA GROTTE DE LA CARRIERE DE SABARAT

ID = 22

					 C
Patrimoine naturel - intérêt		++	+	+	+
Menace et/ou Vulnérabilité Responsabilité	Oui -----	x Régionale	x	x	MPY1065
Valorisation et pédagogie scientifique	Intérêt fort				
Science et recherche	Intérêt potentiel				



ENTREE DE LA CAVITE SITUEE DANS LA CARRIERE DE SABARAT (BERTRAND, ET AL., 2002)

Site de la directive "Habitats, faune, flore"

FR7300841 - Queirs du Mas d'Azil et de Camarade, grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat

Type de zone : 1

ZNIEFF 730011977
Le Plantaurel occidental

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012019
Le Plantaurel

Arrêté de protection de Biotope

FR3800354-1993

Réseau Souterrain De La Grotte De La Carrière De Sabarat

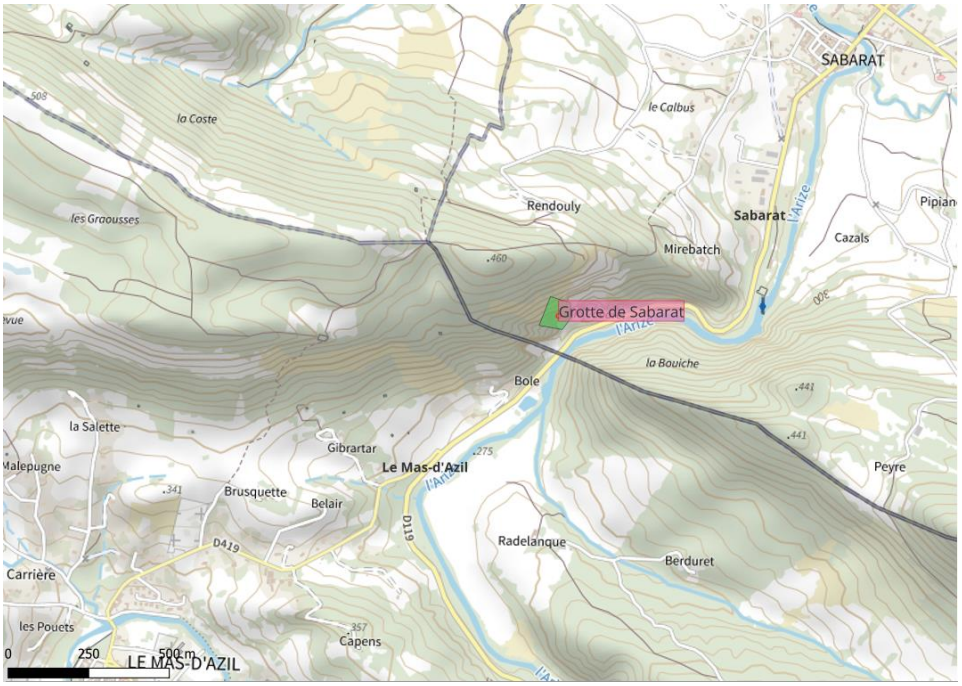
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	SABARAT	**Ensemble géographique**	Plantaurel et Petites Pyrénées
Parcelles concernées	1 parcelle	**Superficie planimétrée estimée**	0,7 ha

Localisation du site

(IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

La grotte de la carrière de Sabarat s'ouvre dans un front de taille de carrière « Sable de la Garonne » qui se situe en bord de la D 119 et de l'Arize. Son ouverture se localise à quelques mètres au dessus du sol, et à cinq mètres environ d'un grand joint de stratification vertical dans lequel s'ouvrent trois autres entrées et à son pied une petite grotte résurgence. Elle fait donc partie d'un système plus complexe.

Elle se développe perpendiculairement au front de taille sur une vingtaine de mètres, elle est instable et dangereuse en raison des risques d'éboulement. Elle a été ouverte par l'exploitation de la carrière et certainement sa partie antérieure a disparu si on juge par les traces subsistantes au pied du joint (Bertrand, et *al.*, 2002).

La carrière et sa grotte sont surplombées par une mosaïque d'habitats de bois occidentaux de chêne pubescent et de landes sèches.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

La carrière de Sabarat offre à l'une de ses extrémités un plan de faille de très grande taille et d'accessibilité des plus aisées puisqu'il est situé au bord de la route (avec présence d'un parking). De ce fait ce phénomène géologique revêt un intérêt pédagogique exceptionnel.

Ce site est inclus dans le périmètre Natura 2000 « Queirs du Mas d'Azil et de Camarade, grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat », comme les deux autres mentionnées dans ces fiches : la grotte de Peyronnard (n°34) et la grotte du Mas d'Azil (n°52). Le document d'objectif a été revu en copil début 2021, et il s'agit du document cadre sur tout le périmètre. Elle est protégée par un APPB depuis 1993.

La principale menace qui pèse sur la Grotte de la Carrière de Sabarat serait une reprise de l'exploitation de la carrière sans mesures fortes de réduction et d'évitement. Une étude d'impact menée par le Bureau d'Etudes Biotope a été menée dans la perspective d'une nouvelle

exploitation de la carrière, mais le projet et été abandonné par le porteur de projet et les résultats ne sont pas publics.

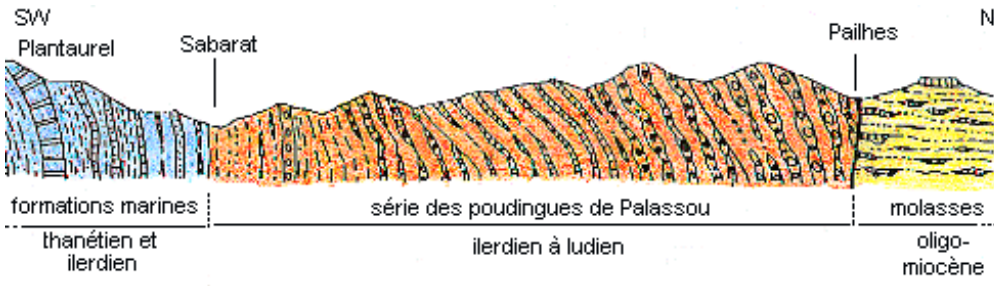
PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Plantaurel

Altitude entrée 345 m **Développement** 30m **Profondeur** - 1 m à +6 m

Description cavité C'est une petite cavité avec des dimensions restreintes qui a été ouverte lors de l'exploitation de la carrière (Bertrand, et *al.*, 2002). L'entrée donne sur une galerie assez large constituée de blocs instables. Cette dernière se prolonge jusqu'à une salle terminale comportant un éboulis et une coulée de calcite surmontée d'une cheminée de 6 m (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012).

Géologie Le massif de Sabarat abrite trois grottes qui sont toutes creusées dans des calcaires du Thanétien inférieur à faciès récifal (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012). La cavité de Sabarat se trouve à proximité de la faille de Sabarat qui s'est formé pendant l'orogénèse pyrénéenne. Elle représente une rareté dans les phénomènes géologiques puisqu'elle s'est formée en décrochement et en compression simultanément. C'est pourquoi, plusieurs stries subverticales sont visibles à la surface du plan de faille (Bertrand, et *al.*, 2002 ; MNHN & OFB, 2003-2023). Les séries affectées par ces failles sont carbonatées (calcaires massifs), d'où leur exploitation comme matériaux de ballast. Ces calcaires sont soit des calcaires lithographiques lacustres datés du Danien, à rares fragments de gastéropodes, soit des calcaires de plate-forme interne du Thanétien ; tous sont riches en microflores et microfaunes benthiques caractéristiques de ces périodes (MNHN & OFB, 2003-2023).



Coupe géologique SW-NE passant par la carrière de Sabarat (d'après B. CROCHET)

Hydrogéologie L'alimentation de l'émergence de la carrière se fait par les infiltrations sur le versant et des pertes diffuses. L'eau circule vraisemblablement dans un réseau de fentes, pour ressurgir plus bas, au niveau de la nappe alluviale de l'Arize, dans le cours d'eau même. Une partie des eaux infiltrées, est drainée dans de petits conduits dont la partie visible est l'émergence. On ne connait aucune perte importante, pérenne ou temporaire, dans la région. Le début de l'émergence est faible en hiver, presque nul en étiage (Lebas, 1980b).

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance
Chiroptères	5	Moyen
Arachnides	2	Faible
Lépidoptères	1	Faible
Coléoptères	2	Faible

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ **Les suivis de cavités**

Le premier projet de réserve citait la présence de 500 Minioptères en reproduction. Cependant, des suivis plus récents ne permettent plus de confirmer que la reproduction avait lieu et ont été progressivement abandonnés au profit de visites irrégulières. Ces visites ont permis de recenser des effectifs intéressants en transit automnal. L'ANA-CEN09 a entrepri un suivi plus régulier au cours de l'année 2018 révélant d'impressionnants effectifs au printemps. L'année 2019 a permis de confirmer ces effectifs et les enjeux toujours présents au sein du site maintenant suivi à hauteur de 3 à 4 passages au cours de l'année :

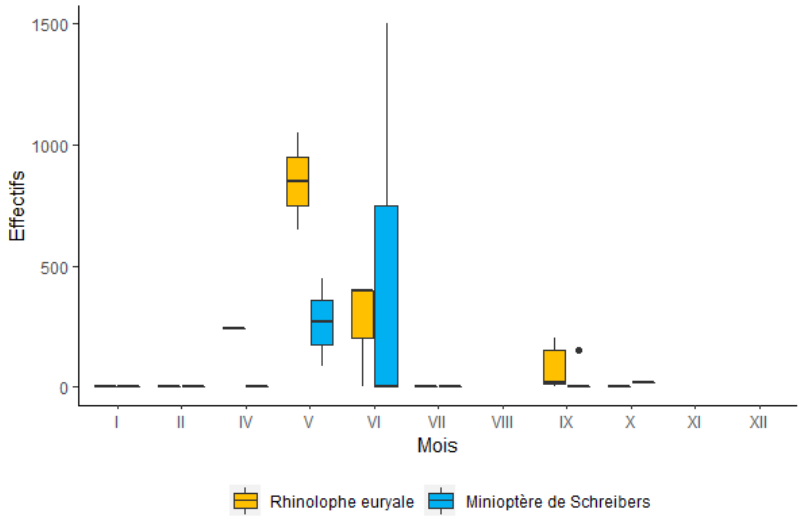
- Suivi de l'hibernation : irrégulièrement, entre mi-janvier et mi-février, ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Occitanie.
- Suivi du transit : Depuis 2018, des suivis plus réguliers, simultanés à la Grotte du Mas d'Azil sont menés d'avril à septembre par l'ANA – CEN09 et le CEN Occitanie.
- Suivi de la reproduction : Depuis 2018, un passage en juin ainsi qu'un second en juillet est effectué en simultané avec la Grotte du Mas d'Azil par l'ANA – CEN09.

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2014 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**X**	**0 – 3**	**X**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**0 – 20 (Estivage)**	**0 - 2**	**0 – 4 - 20**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**0 – 400**	**X**	**1 – 300 - 1050**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**0 - 1500**	**0 - 1**	**0 – 100 - 450**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**0 - 1**	**X**	**0 - 1**
Nombre d'espèces	5	4	3	4

PHENOLOGIE. Le site de la Grotte de la Carrière de Sabarat se démarque principalement par les importants effectifs qu'elle abrite au printemps en transit ainsi qu'à l'automne dans une moindre mesure. D'importants effectifs sont notés jusqu'à la mi-juin mais le site est déserté en juillet. La proximité avec le site de reproduction de la Grotte du Mas d'Azil mène à croire à de fortes relations entre les individus présents dans ces deux cavités. En effet, il est fort probable que les individus présents au début du mois de juin sur le site de la Grotte de la Carrière de Sabarat quittent le site pour la grotte du Mas d'Azil juste avant la mise-bas.

Le site n'abrite pas d'effectifs significatifs en période d'hibernation.



GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERE DE SCHREIBERS ET RHINOLOPHES EURYALE DE 2014 A 2019.

TENDANCES. Aucune analyse de tendance n'est légitime sur ce site qui n'abrite ni mise-bas, ni hibernation, deux périodes où les suivis pluriannuels sont fiables. En effet, malgré les importants effectifs notés en période de transit, de nombreux auteurs ont montré l'importante variabilité des effectifs de chauves-souris cavernicoles d'un soir à l'autre en période de transit. Cette analyse n'est donc pas interprétée pour ce site.

MENACES LIEES AUX ESPECES. Le site de la carrière de Sabarat est protégé par le haut par sa topographie abrupte et par le bas par un périmètre grillagé. Ce dernier, abîmé, montre des traces de fréquentation évidentes de la carrière (quelques graffitis notamment). Cependant, la fréquentation humaine, qui reste à quantifier, ne semble pas si importante si on en croit la reproduction du Grand-Duc d'Europe qui réussit régulièrement et les importants effectifs de chiroptères observés dans la grotte. De plus, l'accès à la grotte devient de moins en moins évident avec la végétation qui évolue au pied du front de taille et ne laisse apparaitre aucune trace de fréquentation importante (pas de branche cassée ni d'empreintes dans le sable).

Cependant, la configuration de la cavité rend très vulnérables les chiroptères à une quelconque intrusion du fait de l'espace très confiné. De plus, l'entrée du site semble utilisée comme reposoir par le Grand-Duc, ce qui appuie le besoin de tranquillité.

AUTRES ENJEUX LIES AUX CHIROPTERES. D'autres enjeux pour les chiroptères sont à noter à proximité immédiate de la Grotte de la Carrière de Sabarat, à savoir une petite cavité s'ouvrant juste à l'aplomb au-dessus du front de taille où des traces importantes de guano et une observation de chiroptères indéterminés en nombres conséquents ont été notés (2017) et sont à vérifier.

D'autre part, le front de taille de la carrière abrite une colonie de Molosse de Cestoni dont le statut mérite d'être réactualisé depuis le précédent projet de réserve.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Le site n'a été que très peu visité pour l'arachnofaune et uniquement lors d'un comptage hivernal des chiroptères. Dans ces conditions la connaissance y est très partielle et clairement à compléter.Aucune donnée bibliographique n'a été trouvée, le site de petite taille étant peut-être peu intéressant.

RICHESSE SPECIFIQUE. Malgré le peu d'observation et les seules 2 taxons trouvées, on note clairement un côté thermophile dans cette cavité qui accueille au moins 2 espèces d'affinité méditerranéenne. *Meta bourneti*, une espèce classique et troglophile proche de *M. menardi* mais qui la remplace dans la cavité plus « chaudes ». L'autre espèce, *Robertus mazaurici*, est cantonnée aux milieux karstiques des Cévennes et de l'Ariège, où elle arrive en limite d'aire de répartition. Sa présence est remarquable.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglophile cavernicole	Trogloxène cavicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Tetragnathidae	*Meta bourneti*	X			2015	Déjean
	Theridiidae	*Robertus mazaurici*		X	Sud de la France	2015	Déjean
	Noctuidae	*Apopestes spectrum*		X	Sud de la France	2015	Déjean

COMMENTAIRE. Lors de cette sortie, un papillon de nuit a été relevé, lui aussi typique des grottes sèches et de répartition méditerranéenne, *Apopestes spectrum*, ce qui complète et confirme l'originalité du cortège. Des recherches spécifiques et plus pointues sont nécessaires dans cette cavité originale.



Apopestes spectrum © S. Déjean

- LES COLEOPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION. Habitats terrestres uniquement avec blocs rochers et concrétions. Des coléoptères souterrains y vivent et y ont été inventoriés lors de la construction du premier projet. Ils n'ont pas été revus depuis. Cette grotte n'a pas fait l'objet de prospections entomologiques récentes. Ni Déliot (s.d.), ni Coiffait (1959) n'y mentionnent des observations de Coléoptères.

RICHESSE SPECIFIQUE. Deux espèces de coleoptères y ont été identifiées dans le projet de 2002 : *Speonomus longicornis (*troglobie) *Laemostenus oblongus.*

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Les cavités de la carrière de Sabarat sont explorées en 1973. Elles tombent dans l'oubli jusqu'en 1980 où topographies et levés géologiques sont effectués dans le cadre du début de l'inventaire de la région du Mas d'Azil par le spéléoclub de l'Arize (Lebas, 1980b).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Tel qu'il a été envisagé par l'arrêté de protection de biotope et par l'arrêté d'exploitation, le fonctionnement de la carrière peut être poursuivit (Bertrand, et *al.*, 2002). Ce projet de RNNS viendrait compléter la réglementation et ainsi protéger la cavité.

VOLET CONNAISSANCE.

En lien notamment avec le suivi des populations de chauve-souris, mais aussi avec les populations originales typiques des climats plus chauds (*Apopestes spectrum*, *Meta Bourneti, Robertus mazaurici* entre autres).

Un complément de description géologique, notamment sur le lien entre la faille et la grotte, pourrait être prévu.

VOLET VALORISATION.

La proximité de la cavité avec la faille de Sabarat en fait un site d'un grand intérêt pédagogique pour la compréhension des phénomènes tectoniques pyrénéens, notamment pour les classes de géologie. Il est aussi possible de valoriser la paléontologie (microflores et microfaunes) et la sédimentation en milieu lacustre au Danien et la sédimentation en milieu de plate-forme interne au Thanétien.

LA GROTTE BERNARD

ID = 23

		
PATRIMOINE NATUREL - INTERET		+++
MENACE ET/OU VULNERABILITE	non	
VALORISATION ET PEDAGOGIE SCIENTIFIQUE		Intérêt potentiel
SCIENCE ET RECHERCHE		Intérêt fort

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012019

Le Plantaurel

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012905

Le Plantaurel : du Mas d'Azil à l'Ariège

CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	SAINT-MARTIN-DE-CARALP	**Ensemble géographique**	Petites Pyrénées et Plantaurel
Parcelles concernées	12 parcelles	**Superficie planimétrée**	18.6 ha

Localisation de l'entrée de la cavité (Carte IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux et usages La cavité est située à proximité de la D117 reliant Foix à Saint-Girons. Elle s'ouvre sur une surface d'érosion versant nord. Les parcelles au dessus accueillent un boisement très clair, et quelques prairies et pelouses

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

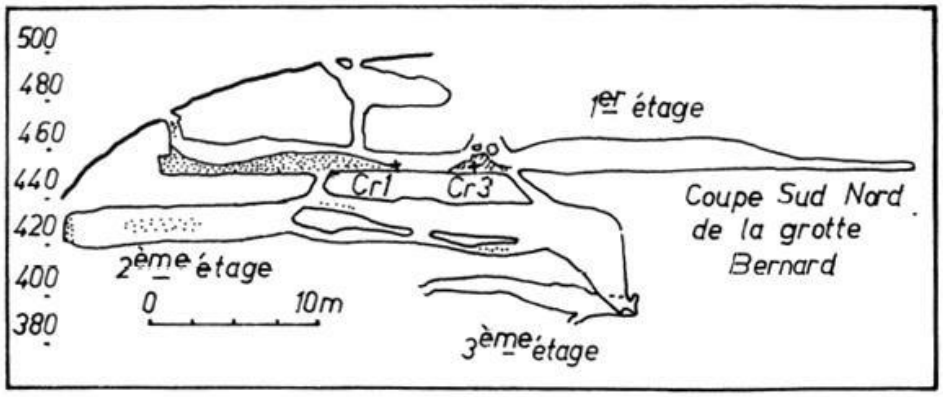
Les seules descriptions topographiques et géologiques retrouvées pour cette cavité sont issues d'observations spéléologiques ou de fouilles archéologiques.

Massif karstique Plantaurel

Altitude entrée 553 m **Développement** 100 m **Profondeur**

Description cavité Cette cavité est située à l'extrémité sud d'une crête de dolomies Hettangiennes appuyée sur le chaînon du Saint-Sauveur de Foix, au niveau du ruisseau de Carol. La cavité est composée de trois niveaux. L'entrée actuelle, correspond à un puits de 2 m, étroit et vidé de son remplissage. L'ancienne entrée est localisée dans le 1er étage de la galerie, constitué d'un couloir d'une centaine de mètres de longueur, de 2 à 10 m de largeur et orienté N-S. Sa hauteur est très variable puisqu'elle va de quelques décimètres à 3 ou 4 mètres. Une diaclase de 30 m et orientée N, termine ce réseau. Plusieurs griffades indiquent une présence animale. Ils sont certainement tombés dans la cavité (Gout et Simmonet, 1966 ; Bouchud, *et al.*, 1986). Il est possible que cette galerie ait été ouverte un jour sur l'extérieur, côté sud. Le 2ième étage, accessible par un puits, est une galerie horizontale et régulière, de 30 m. Elle s'achève par un

effondrement de blocs pris dans de l'argile. Les auteurs suggèrent une possible entrée à cet endroit-là. Le 3ième étage est beaucoup plus court et est orienté vers le sud (Gout et Simmonet, 1966).



Plan de la grotte Bernard, publié par Louis Méroc en 1969, p. 497

Hydrogéologie /substrat La cavité est creusée dans un substrat de brèches dolomitiques (Hettangien supérieur et Sinémurien inférieur). Celles-ci affleurent d'ailleurs au fond de la première galerie. Sa morphologie karstique résulte de plusieurs étapes de creusement par des rivières d'âge Würmien (Bouchud, *et al.*, 1968), comme la forme méandrique du 2e étage. Ainsi, ces trois étages horizontaux correspondent à des variations du niveau de base local (*Ibid.*). La diaclase a joué un rôle essentiel dans la partie ouest de la galerie par l'apport de matériaux de surface (terre argileuse et cailloux). Plusieurs concrétions de calcite sont présentes dans l'ensemble de la cavité, elles découlent d'infiltrations depuis la surface (Gout et Simmonet, 1966).

Climatologie Températures moyennes annuelles (°C) établies à partir des mesures de Christine Perrin[49] sur plusieurs années : Bernard > 13.5 (haut) - 11.3 (étage 2).

Gestion existante La grotte est gérée par la DRAC en raison de son intérêt paléontologique.

Usages Depuis sa découverte, cette grotte a subi des fouilles clandestines.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Calotriton	X	Présent	

ENJEUX NATURALISTES

- LE CALOTRITON

EFFORTS DE PROSPECTION. La cavité est prospectable dans partie amont sur presque 200 m et permet de remonter quasiment à la perte, en revanche le réseau est beaucoup plus étendu vers l'aval, la résurgence étant située dans le lit de l'Ariège environ 10 km après la perte. Sur cette partie visitable, on peut observer jusqu'à une quarantaine d'individus. Un peu en amont de la résurgence, le ruisseau souterrain peut être retrouvé au niveau de la grotte Sainte-Hélène mais aucune observation n'est mentionnée à ce niveau. C'est un des rares sites suivis sur plusieurs années par marquage-recapture, qui a permis d'estimer de façon très approximative la taille de la population qui semble faible par rapport aux estimations sur les populations épigées. En outre, les analyses génétiques montrent une très forte

[49] Maitresse de conférences au Museum d'histoire naturelle de l'Homme Préhistorique, UMR 7194 HNHP – PAST

distanciation avec la population de Labouiche située à seulement quelques kilomètres, ce qui confirme l'isolement ancien des deux populations.

TENDANCES. Le suivi n'a pas permis de dégager une tendance, la population semble stable.

MENACES LOCALES. La qualité de l'eau selon les activités agropastorales (dépôt de fumier constaté parfois au niveau des sources) et de voirie à proximité de la perte.

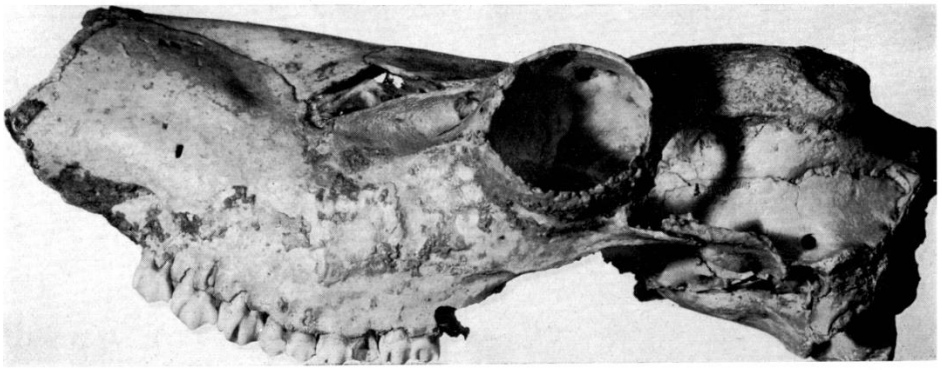
- LES COLEOPTERES

Déliot (s.d.) mentionne *Geotrechus vulcanus* et *Speonomus longicornis* de cette grotte où nous ne disposons pas d'inventaire entomologique récent. Ces observations sont cohérentes avec les données récentes de la perte du Fustié, toute proche, où ces deux espèces abondent dans le lit du ruisseau et où *Euproctus asper* est aussi présent.

ENJEUX ARCHEOLOGIGIQUES ET HISTORIQUES

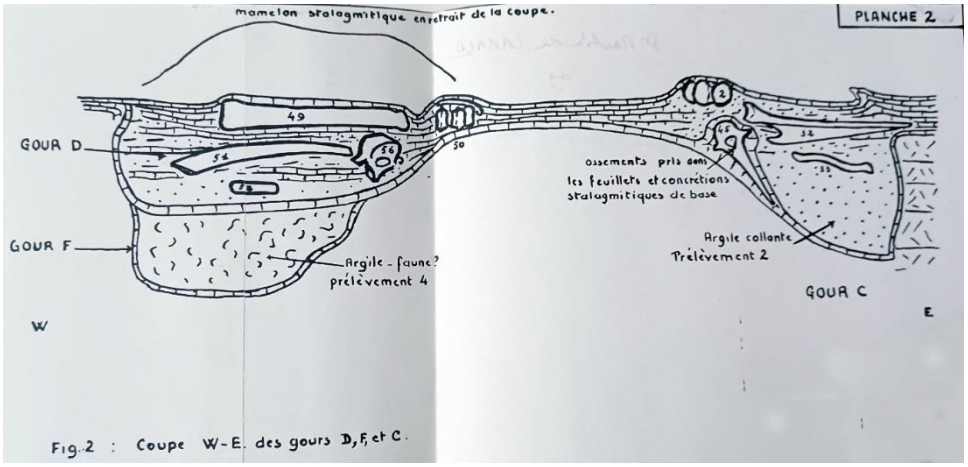
En 1952, un habitant de Foix, M. Xavier Bernard s'introduisit avec quelques amis dans la grotte et découvrit, emprisonné dans le plancher stalagmitique, un crâne de renne complet avec ses deux mandibules sans bois mais aussi plusieurs os longs, un fémur de bovidé et divers ossements d'*Ursus speleaus* déposés au musée de la ville […]. C'est le premier crâne de renne complet connu en France et le quatrième dans le monde. Il s'agit d'un crane mâle, d'au moins 4 ans. Il a été daté de 9150 B.P. » (Bouchud, *et al*, 1968).

En décembre 1965, Robert Simmonet découvre un second crane de renne, en réalité un squelette complet de renne partiellement en connexion anatomique. Fouille en 1967, par Bouchud, Bertouille, Danis et Vallery (Méroc, 1954 et Documentation Service régional de l'archéologie, Saint Martin de Caralp).



Photographie du crane de renne, in *Gallia* Préhistoire, 1969, auteur inconnu

Cet aven a fonctionné comme un piège à faune, sans présence humaine avérée et constitue donc un site paléontologique de référence pour étudier les populations naturelles d'animaux du Paléolithique supérieur sur une importante séquence stratigraphique *: Bison priscus, Capreolus capreolus, Rangifer tarandus, Equus cabalus, Ursus speleaus, Ursus arctos, Gulo borealis, Helix*…) (Bouchud, *et al*., 1968). Il note la présence de petite faune : oiseaux, chiroptères, rongeurs, coquilles de mollusques. Une série de gours recouverts par l'argile a aussi été identifiée.



Coupe W-E des gours D, F et C, réalisée par Robert Simmonet en 1965 (Documentation Service régional de l'archéologie, Saint Martin de Caralp)

Lors de ces fouilles, il fut aussi réalisé des prélèvements géologiques qui devaient être comparés aux études de Malarnaud et Le Portel. Des recherches de pollens dans les argiles étaient prévues. Des recherches pourraient être effectuées pour essayer de retrouver ces études. Les archives de Léon Pales sont aussi une bonne piste de recherche pour des compléments sur la grotte Bernard.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Non prioritaire pour ce site, la population de calotriton n'étant pas menacée. Un travail pourrait cependant être engagé sur la qualité de l'eau.

VOLET CONNAISSANCE.

La population de calotritons et ses relations génétiques avec les autres populations hypogées des grottes pyrénéennes a été étudiée (travaux O. Guillaume et collaborateurs). Les recherches en cours portent sur la population de calotritons, le microclimat de la grotte et les spéléothèmes, les collections paléontologiques.

VOLET VALORISATION.

A proximité de la route, la grotte Bernard offre tous les caractères d'un aven de dissolution karstique par opposition aux grottes d'origine glaciaire fréquentes en Ariège. Diverses ouvertures étroites ont existé temporairement et à des époques différentes, formant ainsi des pièges naturels dans lesquels des animaux sont tombés pour y mourir et par où se sont introduites des quantités importantes de sol du plateau supérieur.

LA GROTTE DE PAYSSA

ID = 24

Patrimoine naturel - intérêt		++	+	+	
Menace et/ou Vulnérabilité	non				MPY 1635
Valorisation et pédagogie scientifique	Non prioritaire				
Science et recherche	Non prioritaire				



Grotte de Payssa ©V. Leenknegt-PNRPA

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012080
Sud de la vallée de la Bellongue

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 2

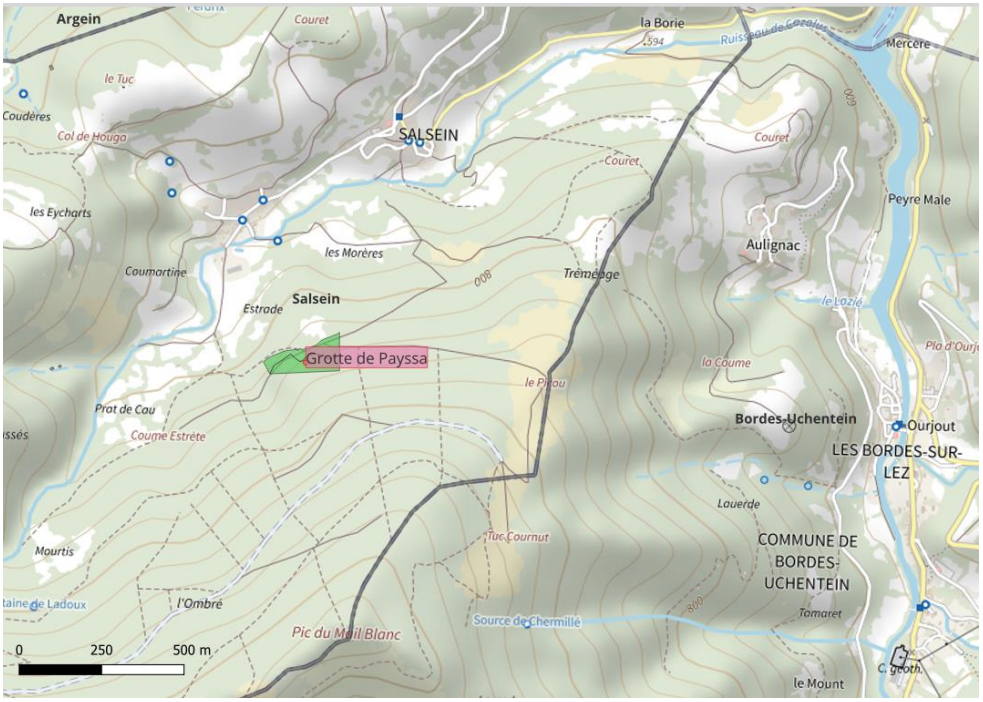
ZNIEFF 730012102
Montagnes entre la haute vallée de la Garonne et la haute vallée du Lez

CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	SALSEIN	**Ensemble géographique**	Massifs de l'Estelas, Ballaguère et Sérau
Parcelles concernées	2 parcelles en domanial	**Superficie planimétrée**	1.7 ha

Localisation de l'entrée du site
(IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description milieux & usages en surface

Cette grotte s'ouvre en bordure de la hêtraie de l'Ombrée, à 500 m au sud de Salsein et à 3 km au sud-ouest de Castillon, dans le Couserans. (Bertrand, et *al.*, 2002)

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Le site en sufarce est géré par l'ONF (Bertrand, et *al.*, 2002)

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Sérau

Altitude entrée	885 m	**Développement**	40 m	**Profondeur**	-32m

Description cavité

Il s'agit d'une grotte fossile descendante, de 10 m de section, orientée est-ouest et longue d'une quarantaine de mètres. Elle atteint une profondeur de -32 m et se termine des fissures impénétrables. Le talus d'entrée de 20 m est sous-tendu par un éboulis de gros blocs instables. Cette première partie est régulièrement couverte par les feuilles mortes en automne, rendant la progression difficile. Plus loin, la galerie s'évase pour atteindre une grande salle allongée (Appel, 1996 ; Bertrand et al 2002). Ce site intègre le paysage de la vallée de la Ballongue qui sépare le massif d'Arbas de la chaine axiale

des Pyrénées. Elle est drainée par la Bouigane, un sous-affluent du Salat. Aussi appelé « fossé de la Ballongue » ce bassin pull-apart[50] triangulaire est formé par la transtension[51] sénestre au cours du Crétacé (Albo-cénomien) qui fut comblé par la suite de 3000 à 4 000 m de flysch et d'évènements géologiques divers (magmatisme, alcalin, métamorphisme pyrénéen, etc.) (BRGM, 2017a ; MNHN & OFB, 2003-2023).

Hydrogéologie

Ce réseau est creusé dans des calcaires métamorphiques, à patine gris clair cryptocristallin d'âge secondaire qui surmontent des dolomies grises à brèches dolomitiques (Lias inférieur) Le fond de la cavité possède un sol argileux et des coulées de mondmilch sur les parois. Au point le plus bas, une petite fosse est remplie de blocs calcités (BRGM, 2017a ; Bertrand, et *al*., 2002 ; SMSP, 1990 ; Appel, 1996).

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Arachnides	5	Moyen	
Coléoptères	14	Bon	Bon
Mollusques	4	Moyen	Données issues du premier projet, à mettre à jour

ENJEUX NATURALISTES

- LES ARACHNIDES

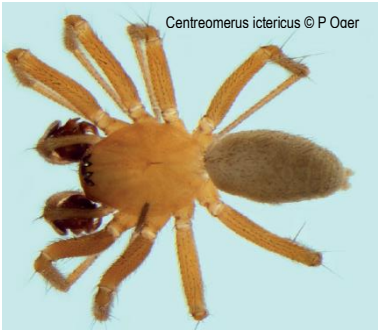
EFFORTS DE PROSPECTION. Les recherches bibliographiques sur cette grotte pour les arachnides n'ont rien mis en avant. Sûrement connue par le passé pour d'autres groupes, les araignées n'y avaient jamais été étudiées. Ce n'est que très récemment qu'Hervé Brustel (2013) a rapporté le premier matériel de cette cavité. Plusieurs sessions de prospections ont été menées sur plusieurs années de suite, mais assez peu de matériel a en été rapporté, malgré des recherches spécifiques.

RICHESSE SPECIFIQUE. Les espèces communes troglophiles d'entrées de grottes n'ont pas été relevées, mais sont sûrement présentes. On notera donc uniquement cinq taxons pour l'heure dans cette cavité, qui mérite peut-être des prospections complémentaires pour ce groupe.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Linyphiidae	*Centromerus ictericus*		X	Pyrénées	2016	Déjean et Brustel
	Leptonetidae	*Leptoneta* sp.	?	?	Pyrénées	2016	Déjean et Brustel
	Agelenidae	*Eratigena inermis*		X	Pyrénées et Cantabriques	2016	Danflous et Brustel
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X		2016	Danflous et Brustel
Opilions	Phalangodidae	*Scotolemon lespesii*		X	Pyrénées	2016	Danflous et Brustel

[50] « [...] bassin sédimentaire allongé formé à la faveur d'une zone locale affectée par une tectonique coulissante (en) et en extension. Ce bassin est une zone de décrochement le long de failles plus ou moins parallèles où les blocs se déplacent latéralement les uns par rapport aux autres. » (https://fr.wikipedia.org/wiki/Bassin_en_pull-apart)

[51] « […] l'état dans lequel une masse rocheuse ou une zone de la croûte terrestre subit à la fois une contrainte extensive et une contrainte de décrochement. Ainsi, les régions transtensionnelles sont caractérisées à la fois par des structures d'extension (failles normales, grabens) et des structures de cisaillement (décrochements). » https://fr.wikipedia.org/wiki/Transtension


Centreomerus ictericus © P Oger

Le genre *Leptoneta* est assez bien représenté en Ariège avec plusieurs espèces, mais ici un seul individu immature a été capturé, rendant impossible sa détermination. Du matériel nouveau devra y être collecté. Cependant, vu la situation géographique, il pourrait s'agir de *Leptoneta infuscata*, la plus commune et largement répartie en Ariège.

Les autres espèces troglophiles à plus large répartition sont la tégénaire *Eratigena inermis* et l'opilion *Scotolemon lespesii*. Ces deux espèces peuvent évoluer à l'extérieur des cavités en micro-habitat similaire (éboulis, forêts sombres sous les pierres, …)

L'espèce remarquable localement est le *Centromerus ictericus*. Les recherches récentes dans cette cavité ont permis de trouver enfin le mâle de cette espèce, non connu, malgré la découverte de la femelle en 1929. Une publication (Bosmans, Déjean, Oger, & Ponel, 2015) a aussi était nécessaire pour redécrire la femelle et améliorer la classification phylogénique de l'espèce.

COMMENTAIRE. Le site se présente sous la forme d'un tunnel descendant sur éboulis, où des recherches peuvent être faites plus spécifiquement. La recherche de matériel de *Leptoneta* semble pertinente, avec une forte potentialité d'accueil pour des opilions comme le genre *Ischyropsialis*.

- LES COLEOPTERES

Bien que découverte plus tardivement et difficile à trouver, cette grotte fait partie des sites entomologiques à cavernicoles les plus riches et les mieux connues de l'Ariège. Certaines espèces y sont très communes et visibles en abondance à chaque visite (par exemple *Aphaenops vandeli* et *Speonomus carrerei*), d'autre y sont bien plus rares et connues de très peu d'exemplaires (par exemple *Hydraphaenops bourgoini vandeli* et *Aphaenops bucephalus*).

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Carabidae	*Hydraphaenops bourgoini vandeli*	X		Grotte	18/09/2018	Bernard Junger
	Cerbaphaenops bucephalus	X		massif	17/07/2016	Hervé BRUSTEL
	Cerbaphaenops sioberae	X		Grotte	15/01/2020	Hervé BRUSTEL
	Cerbaphaenops vandeli vandeli	X		Massif	15/01/2020	Hervé BRUSTEL
	Geotrechus trophonius trophonius		X	Massif	10/08/2016	Hervé BRUSTEL
	Hypotyphlus pandellei		X	Pyrénées	10/08/2016	Hervé BRUSTEL
	Laemostenus oblongus		X	/	05/03/2015	Hervé BRUSTEL
Leiodidae	*Bathysciola ovata ovata*		X	Pyrénées	13/06/2015	Hervé BRUSTEL
	Bathysciola schioedtei		X	Pyrénées	23/02/2014	Hervé BRUSTEL
	Speonomus carrerei		X	massif	15/01/2020	Hervé BRUSTEL
Cantharidae	*Rhagonycha sp.*	Occasionnel		/	13/03/2015	Hervé BRUSTEL
Platypsyllinae	*Leptinus testaceus*		X	/	10/08/2016	Hervé BRUSTEL
Staphylinidae	*Atheta subcavicola*		X	/	1953 et 1954	Henry Coiffait
	Quedius mesomelinus		X	/	1953 et 1954	Henry Coiffait

L'entomofaune est bien connue à Payssa mais la validité taxonomique du complexe *Aphaenops bouilloni/sioberae/coluvii* reste à étudier.

- LES MOLLUSQUES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les données ci-dessous sont issues du 1er projet de Réserve (Bertrand, et al., 2002)

RICHESSE SPECIFIQUE. 4 ESPECES DE Gastéropodes ont été trouvées dans cette cavité : *Oxychilus lucidus ; Oxychilus alliarius ; Goniodiscus rotundatus ; Fruticola sericea*

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

La grotte de Payssa a fait l'objet d'une visite d'experts en mai 2024 (service régional de l'archéologie – DRAC Occitanie et PNR). Lors de cette visite deux observations importantes ont été faites :

- La grotte présente des traces de griffades d'ours sans que nous puissions déterminer l'espèce ou les espèces d'ours en question ;
- La grotte présente des traces anthropiques certaines sans que nous puissions déterminer avec précisions la période ou caractériser l'occupation.
-

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Au regard des informations recueillies, cette cavité est plus intéressante pour la faune que pour le géopatrimoine et la géodiversité du karst. Ce volet n'est pas prioritaire sur ce site peu accessible.

VOLET CONNAISSANCE.

Si la richesse des coleoptères a motivé le classement de cette cavité, la validité taxonomique du complexe *Aphaenops bouilloni/sioberae/coluvii* reste à étudier.

La recherche de matériel sur les arachnides, et notamment *Leptoneta* ou opilions comme le genre *Ischyropsialis* semble pertinente. Les données sur les mollusques sont également à mettre à jour.

VOLET VALORISATION.

Ce volet n'est pas prioritaire pour ce site peu accessible

LA GROTTE DE SIECH

ID = 25

Patrimoine naturel - intérêt	+	+	+++	+	+
Menace / Vulnérabilité	x				MPY1614
Valorisation et pédagogie scientifique	**Intérêt fort**				
Science et recherche	**Intérêt potentiel**				

Entrée de la grotte de Siech (Bertrand, et al., 2002)



znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012057
Massif de l'Arize, versant sud

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

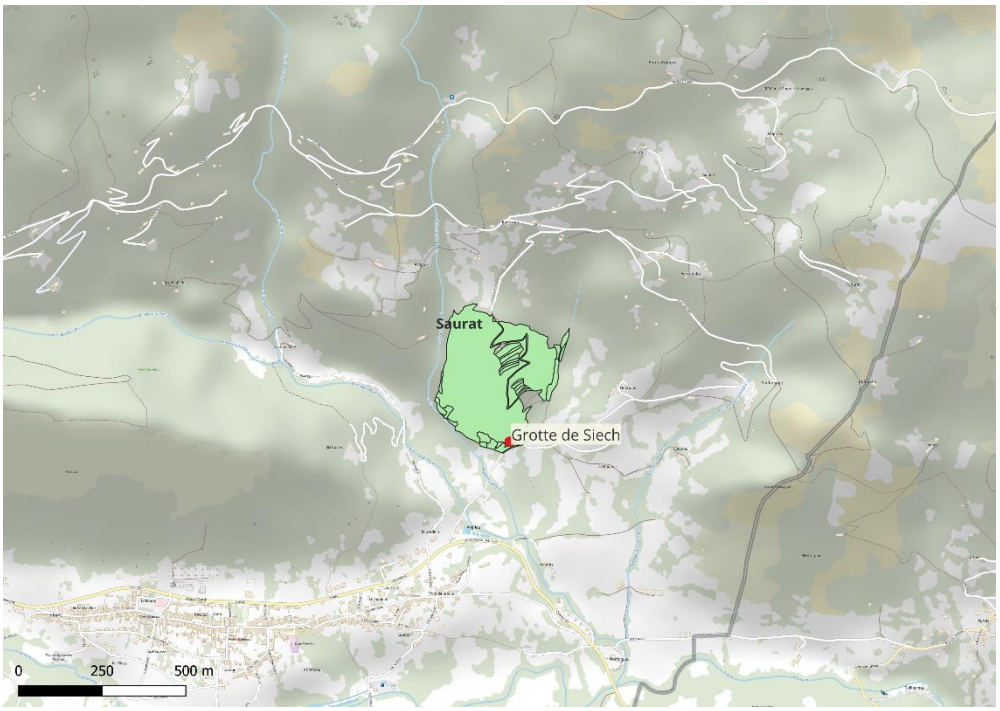
Type de zone : 2

ZNIEFF 730012054
Massif de l'Arize

LOCALISATION

Commune	SAURAT	**Ensemble géographique**	Tarasconnais
Parcelles concernées	29 parcelles	**Superficie planimétrée**	9 ha

Localisation du site
(IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

Cette grotte est située sur le versant sud du massif de l'Arize, au nord-est du village de Saurat et à proximité du ruisseau de l'Arse (Maire, et *al.*, 1996). Ce cours d'eau, de 4,4 km, prend sa source dans la commune d'Aulus-les-bains et se jette dans le Garbet (EauFrance, 2017b). L'entrée de la cavité est visible à quelques mètres de la route (Bertrand, et *al.*, 2002). La cavité est surplombée de pelouses calcicoles et landes. Son accès facile suppose une haute fréquentation (Berge, 1978).

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Tarascon Bédeilhac

Altitude entrée 676 m **Développement** 4980 m **Profondeur** -40m

Description cavité

L'entrée de cette cavité mène à plusieurs salles et couloirs se développant sur 3, 5 km. Cette cavité est active puisqu'elle est traversée par la rivière de l'Arse. Certaines galeries sont parcourues par le ruisseau. Ce réseau se divise en deux parties : la plus anciennement connue est constituée d'une galerie étroite aux parois abruptes qui débouche sur une modeste salle en connexion avec d'autres galeries de taille modeste. Il se termine par un laminoir. Au-dessus, un réseau supérieur est constitué de galeries très étroites qui contraignent les explorateurs à ramper (Berge, 1978).

Hydrogéologie / substrat

Le nord du bassin de Tarascon-sur-Ariège s'ouvre sur des calcaires barrémo-bédouliens reposant sur des dolomies jurassiques. L'ensemble est pincé sous le massif de l'Arize. La grotte s'est développée dans des dolomies noires et légèrement cristallines (du Dogger et du

Malm) (Maire, 1978 ; Berge, 1978 ; MNHN &OFB, 2003-2023). Sa proximité avec le ruisseau de l'Arse fait qu'elle présente une des morphologies typiques de drainage, telles que son entrée étroite correspondant à un petit méandre et nombreux coups de gouges sur les parois[52] (Berge, 1978). La présence de coupoles de corrosion, de chenaux et de pendants de voûtes suggère un creusement paragénétique. Puis se succèdent plusieurs phases de remplissages détritiques (dépôts morainiques, de varves, de sable) et chimiques (planchers stalagmitiques) (Maire, 1996 ; Berge, 1978).

Le ruisseau de l'Arse est un aquifère sans réserve jugées intéressantes et n'a donc fait l'objet d'aucune études hydrogéologiques. C'est un système karstique unaire de 0, 72 km² de superficie (BRGM, 2017b). Une possible infrastructure hydraulique aurait été installé à la sortie de la cavité (comm. Perso H.Brustel).

Usages C'est une cavité idéale pour l'initiation de la spéléologie. De nombreux groupes se succèdent dans cette grotte à la saison estivale.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	4	Assez bon	
Arachnides	8	Assez bon	
Coléoptères	3	Bon	D'autres endogés peuvent exister
Myriapodes	1	nc	**(Bertrand et *al.*, 2002)**
Crustacés	2	nc	**(Bertrand et *al.*, 2002)**
Collemboles	1	nc	**(Bertrand et *al.*, 2002)**
Plathelminthe	1	nc	**(Bertrand et *al.*, 2002)**
Amphibien	1	nc	

ENJEUX NATURALISTES

- LE CALOTRITON

EFFORTS DE PROSPECTION. Premier site souterrain de découverte du Calotriton des Pyrénées, répertorié en 1958. Les observations ont surtout porté sur la partie avale de la galerie inférieure avec une vingtaine d'individus adultes observés lors de certaines visites. En amont du réseau, la densité d'individus semble très faible. Au contraire, la partie noyée en aval au niveau de la résurgence a révélé lors d'une plongée un grand nombre d'individus concentrés dans ce secteur. La population de Calotritons de Sièch a été échantillonée génétiquement, permettant de donclure que ces populations sont isolées génétiquement, et ont une faible capacité de dispersion (Mila, et al., 2010 ; Lucati, et al., 2020).

TENDANCES. La densité d'individus observés dans la galerie semble avoir été un plus importante jusque dans les années 1990 avec un plus grand nombre d'observations de juvéniles.

MENACES LIEES AUX ESPECES. Très facile d'accès, le site a fait l'objet d'un grand nombre de capture définitive de la part de scientifiques notamment étrangers surtout dans les années 1980-1990. Dans un courrier au président du CNPN en date du 23 octobre 2023, Olivier Guillaume souligne la menace du réchauffement climatique sur le Calotriton :

52 Morphologie typique d'érosion par des dynamiques hydrologiques (« vague » : Lismonde Baudouin, Lagmani Abdallah. Les vagues d'érosion. In: *Karstologia : revue de karstologie et de spéléologie physique*, n°10, 2e semestre 1987. La table ronde franco-polonaise (1-8 juin 1987) pp. 33-38).

« De Pous et al. (2015) ont modélisés les effets du réchauffement global sur la répartition et la variabilité génétique du Calotriton des Pyrénées, en intégrant des capacités de dispersion spécifiques (basées sur des simulations) au modèle de prédiction (2020-2080). Le réchauffement climatique devrait fortement réduire l'aire de répartition de *C. asper*, entraînant une importante perte de diversité génétique, notamment dans les populations de petite taille et isolées. […] Dans la perspective d'un effet négatif du réchauffement climatique sur les habitats épigés dans le secteur, […] et nous assisterions donc plutôt à un renforcement de l'isolement de ces populations ». (voir Annexe 9e. « Courrier de réponse au CNPN concernant la classement des sites à calotritons »).

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Malgré un accès facile et une grotte de vaste développement très bien connue, les données pour ce groupe sont rares. Le premier projet fait mention d'un seul opilion, et de rares donnés datant de la moitié du siècle dernier, par Denis ou Dresco, mettent en avant de la très commune *Meta menardi*. Les données contemporaines, ont pu difficilement montrer une diversité de 9 taxons, dans cette cavité très fréquentée pour la découverte de la spéléologie. Les inventaires naturalistes et arachnologiques en particulier y ont été rares, avec seulement 3 visites en 10 ans.

RICHESSE SPECIFIQUE. 6 araignées et 3 opilions sont désormais connus de la grotte avec des effectifs très faibles malgré la large répartition des espèces. La plus commune et connue de longue date est *M. menardi*. Tout le cortège est globalement troglophile. La cavité est localisée au centre de l'Ariège, en dehors des zones d'expression de la biodiversité des arachnides. On trouvera donc certes quelques espèces endémiques, mais au niveau de la chaîne des Pyrénées, n'apportant que peu d'originalité pour la biodiversité souterraine.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Troglophile ponctuel	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Agelenidae	*Eratigena atrica*			X		2008	Déjean
		Eratigena inermis		X		Pyrénées et Cantabriques	2008	Déjean
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X		Pyrénées	2018	Déjean
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X			2018	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta menardi*		X			2018	Déjean
		Metellina merianae		X			2008	Déjean
Opilions	Ischyropsalidaae	*Ischyropsalis luteipes*		X		Pyrénées et Massif central	2018	Déjean
	Nemastomatidae	*Nemastomella bacillifera*		X				Bertrand et *al.*, 2002
	Phalangodidae	*Scotolemon sp.*		X		Pyrénées	2018	Déjean


***Metellina merianae* © S. Déjean**

COMMENTAIRE. Le site propose une diversité de micro-habitats, qui demanderaient à être mieux étudiés cependant, sable, graviers, ruisseau souterrain, rochers au sol, parois sèches et humides, …pouvant accueillir d'autres taxons.

Les rares suivis ne permettent pas une estimation de la population, mais le peuplement semble pour l'heure pauvre et peu diversifié, l'utilisation massive de la grotte est sans doute à l'origine de cette faible occupation apparente.

En effet, le site est très visité à certaines périodes avec de nombreux groupes de spéléologues en herbe qui s'y succèdent. Cette fréquentation, génère un piétinement et un « nettoyage » des parois réguliers, empêchant les espèces à toiles de se sédentariser, reculant ainsi dans les parties plus tranquilles.

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

Ce site ne fait l'objet d'aucun suivi spécifique, car l'enjeu chiroptères y est assez faible. Ainsi dans les bases de données nous avons répertoriés 7 passages entre 1997 et 2020 mentionnant des chiroptères de 4 espèces différentes.

❖ **Les suivis de cavités**

Aucun suivi spécifique

- **Suivi de l'hibernation** : Aucun suivi spécifique, même si l'ensemble des 7 passages se concentrent entre le 30 octobre et le 21 février, dont durant la période hivernale essentiellement.
- **Suivi du transit** : Aucun suivi spécifique

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 1997 (Min–Max).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**X**	**1-24**	**X**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**X**	**1**	
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	**X**	**1**	**X**
Murin de natterer	*Myotis nattereri*	**X**	**X**	**1**
Nombre d'espèces	4	0	3	1

TENDANCES. Aucune tendance exploitable**.** Néanmoins en l'absence de données en période de transit printanier, automnal et de parturition, il sera important de recueillir de l'information à ces 3 saisons.

MENACES. Cette cavité est le lieu d'activités spéléologiques régulières, voire journalière selon les saisons. Le dérangement des Petits rhinolophes en hibernation pourrait leur être préjudiciable, et une attention particulière devra être portée sur cet enjeu.

- LES INSECTES

La grotte est très fréquentée mais peu par les biospéléologues car elle ne recèle pas a priori une grande richesse entomologique. Trois espèces y sont enregistrées dont une a donné lieu à la description d'une sous espèce endémique : *Speonomus abeillei bouilloni* qui semble fréquente.

Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile ou Endogé	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Leiodidae	*Antrocharis querilhaci dispar*	X		Massif	12/10/2014	Sébastien Cally
	Speonomus abeillei bouilloni	X		Grotte	23/08/2018	Hervé Brustel
	Choleva fagniezi fagniezi		X	/	12/10/2014	Sébastien Cally

En rouge : grotte dont c'est la localité type.

L'entomofaune cavernicole du secteur est pauvre et le potentiel faunistique de la grotte de Siech semble connu.

- LES CRUSTACES

Deux espèces sont identifiées dans le dossier 2002 (Bertrand, et *al.*, 2002) :

- *Trichoniscoides fouresi*

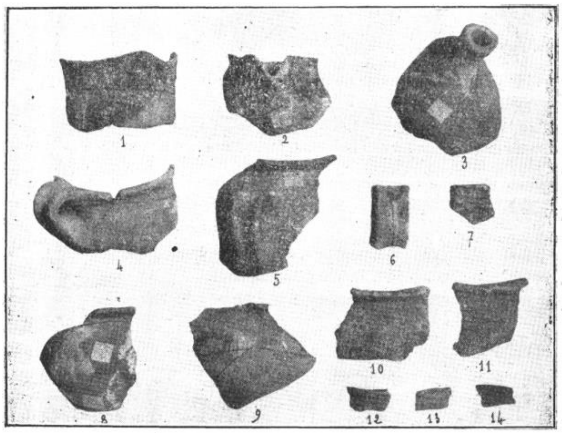
- *Trichoniscoides consoranensis*

- LES ISOPODES TERRESTRES

Mentions historiques : ***Trichoniscoides arcangelii aurigerensis***

Pas de données récentes pour cette grotte qui hébergeait une espèce rarissime, malheureusement non revue sur la période récente.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES



Céramiques de la grotte de Siech, photographies de Georges Vidal.

En 1922, Monsieur G. Vidal visite et fouille la grotte de Siech. La présence humaine ancienne est attestée par la découverte d'une hache en bronze à l'entrée de la grotte dans une brèche osseuse. Elle est mentionnée par Jean Guilaine (Guilaine, 1972).

Georges Vidal trouve de la céramique dans un foyer : aucun vase entier mais des fragments enfouis dans le sol. Cette céramique est dépourvue de vernis et de facture assez grossière, colorée en surface noire, surement employée aux usages domestiques. Il décrit également des vases à becs et à goulot latéral, œnochoé, poteries gris-noirâtre. En complément, se trouve aussi du bois calciné et de la faune (sanglier, mouton ou chèvre, fouine). Il date ces vestiges de la fin de l'époque romaine ou de l'époque wisigothique. Il compare avec les sites de Pladière, le château de Quié et la grotte de Bédeilhac. Pas de localisation de la collection aujourd'hui (Vidal, 1929).

En 2001, un crâne d'*ursus speleaus* avec sa dentition et un fémur sont signalés au Service Régional de l'Archéologie. L'étude fut confiée à Philippe Fosse (Documentation Service Régional de l'Archéologie, Saurat). La présence de l'ours des cavernes est confirmée dans les galeries profondes. Des griffades et des ossements ont été observés.

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Ce volet n'est pas prioritaire pour ce site. En effet, le calotriton parait cohabiter avec les nombreux groupes de visiteurs durant la période estivale. Plutôt que de faire l'objet d'une protection, la grotte de Sièch ferait davantage l'objet d'une valorisation, véritable support pédagogique pour la découverte du Calotriton. En l'état des connaissances, le service régional de l'Archéologie Occitanie devra être consulté avant toute intervention dans ce secteur (aménagements, prélèvements, sondages…).

Pour H. Brustel, il nécessaire de prévoir un aménagement protégeant les calotritons des piétinements en concertation avec les spéléologues et les guides qui font visiter la cavité.

VOLET CONNAISSANCE.

Le volet connaissances n'est pas prioritaire sur ce site.

VOLET VALORISATION.

Compte tenu de la forte popularité de la grotte pour l'initiation à la spéléologie, l'intérêt pédagogique est majeur, pour tous publics : l'inventaire du patrimoine géologique en Ariège (DREAL Occitanie, 2016) cite d'ailleurs les éléments à valoriser suivant : observation d'un réseau karstique facile d'accès, observation des micromorphologies karstiques (scallops), compréhension du fonctionnement d'un réseau karstique. On peut aussi ajouter la sensibilisation à l'écologie du Calotriton. L'encadrement de la spéléologie via des activités d'initiation constitue de très bons supports pédagogiques.

LE SYSTEME MARTEL -CIGALERE-MINES DE BENTAILLOU

ID = 26

Patrimoine naturel - intérêt		+	+++
Menace / Vulnérabilité	Non		MPY1711 MPY1490 MPY1595 MPY1490a
Valorisation et pédagogie scientifique	Intérêt important		
Science et recherche	Intérêt important		





A l'intérieur de la Cigalère © B. Lafage

Site NATURA 2000
Directive Habitats
FR7300821
Directive Oiseaux
FR7312001
Vallée de l'Isard, mail de Bulard, pics de Maubermé, de Serre-Haute et du Crabère

Arrêté ministériel
du 24 avril 1981 portant classement parmi les sites du département de l'Ariège

Arrêté préfectoral
du 7 juillet 2023 portant règlementation de l'accès, des visites et des études de la grotte de la Cigalère

Type de zone : 1
ZNIEFF 730012094
Vallée du Biros

Type de zone : 2
ZNIEFF 730012102
Montagnes entre la haute vallée de la Garonne et la haute vallée du Lez

CARTE D'IDENTITE DU SITE

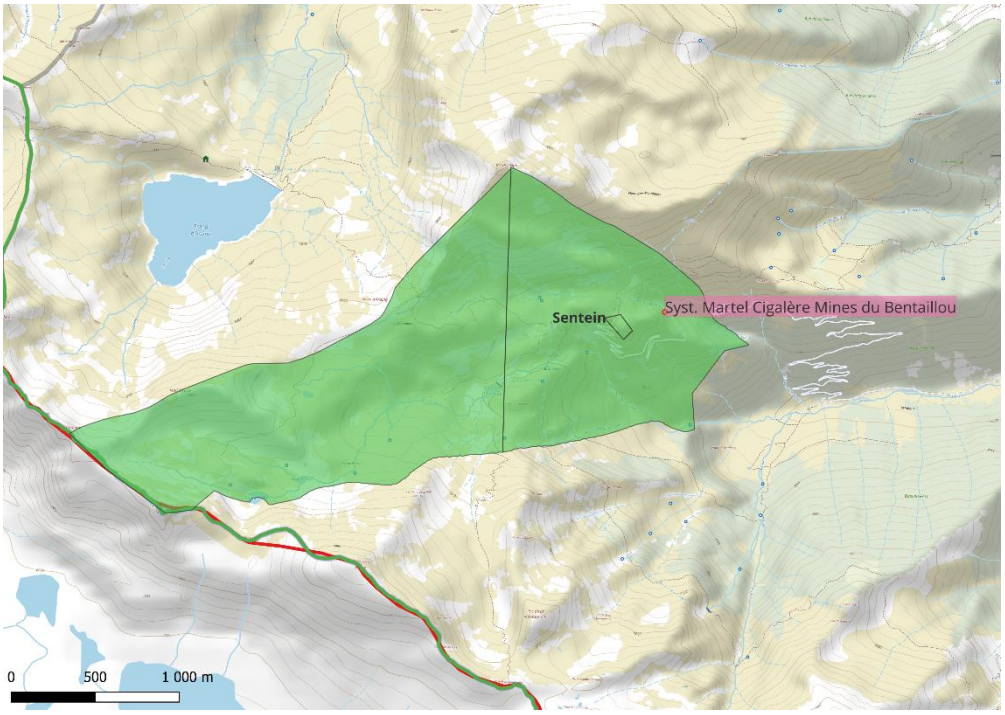
LOCALISATION

Commune	SENTEIN	**Ensemble géographique**	Haute Chaine primaire des Pyrénées
Parcelles concernées	3 parcelles en domanial	**Superficie planimétrée**	375.4 ha

Localisation du site

(IGN 1 : 20 000)

En vert, limite du département ; en rouge, frontière avec l'Espagne



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

Présence d'un ancien village et d'installations minières orphelines : refuges ouverts pour les randonneurs et spéléo, la cabane Arshal (logistique et réfectoire) et la cabane-refuge EDF (installations de captage/repompage), cabane de la mairie utilisée par les chasseurs et spéléos (avec un point eau potable), un bâtiment en hauteur utilisé comme cabane des bergers et refuge. Il existe de nombreux bâtiments industriels en ruine. En surface, le massif sert pour les estives.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

La grotte de la Cigalère et son système sont classés au titre des sites naturels pour leurs concrétionnements exceptionnels (décret du 24 avril 1981), pour une superficie de 600 hectares. L'arrêté de classement et la Commission de la Cigalere sont inaliénables. Aucun article n'a prévu leur dissolution. Un comité préfectoral de gestion gère le site de la Cigalère.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Réseau karstique de Bentaillou

Altitude entrée 1 70 0m **Développement** 21 km **Profondeur**

Description cavité

La grotte présente un porche d'entrée d'environ 10 m de haut sur 5 m de large. L'entrée est fermée par une porte blindée depuis 1987. Elle donne accès à un réseau karstique se développant sur 12 km, entre 1 700 et 2 100 m d'altitude. Le réseau contient une rivière souterraine parsemée de 26 cascades, de 2 à 15 m de hauteur, sur le cours principal et de 52 cascades en comptant les affluents. Cette rivière est en liaison hydraulique avec le gouffre Martel. L'air de la grotte a une température moyenne de 6°C et l'eau de 4°C avec un pH de 2 à 3 (sulfures) (INPN, s. d. a).

Géologie substrat / La grotte de la Cigalère fait partie d'un karst situé dans la zone axiale pyrénéenne où affleure le socle paléozoïque. Le réseau karstique se développe dans la formation ordovicienne du Calcaire de Bentaillou (Cipolin) (INPN, s. d. a). Cette formation apparaît sur 7 km² à l'affleurement sur le versant français, alors que la surface comprise entre la ligne des exutoires et la limite supérieure du bassin versant est de 13 km². Sur cet affleurement, les morphologies karstiques sont bien exprimées. Les réseaux de drainage souterrain bien développés et organisés dans les secteurs où le calcaire est recouvert par les formations supérieures, conformément au schéma de la figure 3, qui illustre l'alimentation de la Cigalère par ses affluents. Il résulte de cette disposition que le torrent de la Cigalère est alimenté par les eaux de ruissellement (fonte des neiges et pluies), par les eaux stockées dans les roches non calcaires qui sont très fissurées mais non affectées par la dissolution, enfin par les réserves contenues dans les éboulis.

Cette disposition explique la faible teneur en bicarbonate de calcium des eaux, celles-ci ne séjournant que très peu dans les calcaires, comme l'ont confirmé les analyses physico-chimiques des eaux. Ceci est valable pour l'ensemble des sources karstiques du massif : Résurgence de Chichoué, Fontaine d'Ardaing, source d'Uretz…etc. Nous sommes donc en présence d'un système karstique ou se superposent en un espace restreint trois types d'aquifères :

- Un aquifère en milieu poreux : Eboulis, dépôts alluvionnaires et morainiques
- Un aquifère en milieu fissuré : Quartzo phyllades, Ampélites.
- Un aquifère karstique : Calcaire de Bentaillou [Arshal]

Un gisement minier de plomb, zinc et cuivre se trouve au toit du calcaire de Bentaillou, à proximité de la grotte, et contribue à la grande diversité des minéralisations rencontrées dans celle-ci. La grotte présente une très grande quantité et variété de concrétions de gypse qui en font une référence internationale (INPN, s. d. a). A Bentaillou, on retrouve les installations de surfaces, les cuves et transformateurs non démantelés, des dépôts de stériles, la laverie souterraine de Narbonne et les dépôts miniers associés (INPN, s. d. b). On observe du gypse sous la forme de croûte, d'aiguilles, de fleurs et crosses, de cheveux d'ange, de cristaux en fer de lance et de fourrures d'hermines. La grotte contient également des concrétions exceptionnelles d'aragonite, des excentriques, des cristaux colorés de gypse et d'aragonite et des cristallisations de manganèse, pyrite, goethite et brochantite (sulfate de cuivre) (INPN, s. d. a).

Lithostratigraphie (Louis, *et al.* 2015) : la lithostratigraphie générale du district minier de Sentein se présente sous la forme d'une pile sédimentaire d'âge Cambrien à Dévonien. Elle comporte notamment les lithologies d'intérêt suivantes :

- le Cambrien ;
- l'Ordovicien Inférieur ;
- Ordovicien Moyen et Supérieur,
- la fin de l'Ordovicien Supérieur ;
- le Silurien ;
- le Dévonien.

Climatologie Les concrétions de cette grotte servent à la recherche sur l'évolution climatique du Quaternaire. Il semblerait que les cristallisations de gypse correspondent à des périodes froides et les cristallisations d'aragonite à des périodes plus chaudes.

Températures moyennes annuelles (°C) à la Cigalère : entre 5.0 et 6.2 (établies à partir de mesures sur plusieurs années) (Perrin et Prestimpnaco, 2013).

Hydrogéologie La Cigalère alimente le versant nord du Lez. Le Lez se forme à la confluence de deux torrents : Coume longue, dont la source est la résurgence de Chichoué, et La Cigalère issue de la grotte du même nom. Les principaux affluents : Uretz et Tartereau sont également alimentés par des exutoires karstiques à la base du calcaire de Bentaillou. En période d'étiage, son débit a été mesuré à 20 l/s. Elle peut être sujette à des crues spectaculaires. Lors de la fonte des neiges, l'accès est impossible depuis l'entrée où il se forme un lac de crue dans la Grande Salle pouvant siphonner si son débit lorsque sa cote atteint 4,5 m. En période d'étiage, son débit mesuré dans la Grande Salle est de 20 litres par seconde. Mais si celui-ci atteint 220 l/s, l'exutoire ne peut plus évacuer suffisamment d'eau

et un lac se forme. Les crues interviennent par les zones d'infiltration rapide, mais selon l'endroit où se produisent les précipitations, elles peuvent s'amorcer via les pertes du gouffre Martel (crue d'août 1989) ou le ravin de Chichoué (crue d'août 1974) Dans ce dernier cas de figure, les explorateurs se trouvant dans la grotte dans le secteur des cascades ne subissent pas la crue, mais peuvent se trouver surpris au retour près de la sortie… (Roucheux, 2011)

Usages

Depuis 50 ans, le système Martel-Cigalère est fortement protégé. Il a fait l'objet d'études en hydrogéologie par le Laboratoire souterrain de Moulis, puis plus récemment de recherches en biospéléologie et géologie par la SETE et le MNHN. A ce jour, les autorisations d'accès et activités sont gérées :

- par la commission scientifique de la Cigalère (dont le Sous-pPréfet est le président d'office)
- par la station de recherche CNRS de Moulis (actuellement SETE) pour le volet scientifique
- par l'ONF et la mairie de Sentein pour les accès
- et par l'Arshal (créée en 1969) pour le coté logistique et exploration souterraine.

La Commission de la Cigalère organise une journée de visite officielle le premier mercredi du mois d'août, la commune de Sentein organise deux 1/2 journées de visites patrimoniales le deuxième mercredi d'août et l'Arshal organise 3 à 4 semaines de camp d'été pour les spéléologues (inscriptions à la semaine).

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

La faune n´y est pas abondante et difficile à collecter ; comme dans la plupart des cavités d'altitude. On peut s'attendre cependant à ce qu'elle soit bien diversifiée car le karst se trouve dans un secteur à riche faune souterraine et édaphique. La faune minière présenterait aussi un intérêt du point de vue de son éventuelle adaptation aux milieux pollués.

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Arachnides	1+	faible	Palpigrade : *Eukoenemia* sp.et divers autres découverts par F. Bréhier
Oligochaetes	1+	faible	Découverts dans le lit du ruisseau souterrain par A Achiura
Insectes	5+	faible	Collemboles cités dans le premier projet : *Pseudosinella superduodecima* *Pseudosinella virei* *Pseudosinella* cf. *centralis* *Onychiurus pseudogradulosus* *Onychiurus minutus* Certains découverts par Nicole Ravaiau, Nadine Valla, Viollette Gould
Diptères	1+	faible	Quelques uns vivent dans la grotte et la mine

Sont recherchés :

- Arachnides et pseudo scorpions par Philippe Tyssandier (grotte et mine)
- *Aphaenops* et autres coléoptères par Christian Vanderbergh

Aucun Coleoptère n'y est connu et peu de potentiel entomologique *a priori* dans ce vaste réseau contaminé par de multiples composés minéraux dissouts.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Contrairement à la plupart des cavités, l'exploration du gouffre Martel et de la grotte de La Cigalère ne fut pas entreprise, à l'origine, à l'initiative des spéléologues mais par la nécessité de renforcer le potentiel énergétique de l'usine hydroélectrique d'Eylie. L'exploration des cavités débuta lorsque Monsieur Paul CATALA alors directeur de l'Union

Pyrénéenne Electrique (UPE), soucieux de parfaire l'alimentation du barrage d'Araing, se proposa de capter les eaux de deux étangs, ceux d'Albe et dont les eaux forment un torrent. 500 g de fluoresceïne jetés dans ces pertes colorèrent 18 heures plus tard le torrent de la Cigalère. Il était donc établi que ces eaux transitaient par cette grotte, mais dont l'exutoire était trop bas pour être valablement capté. Le 30 septembre 1932, pénétrant dans la grotte de la Cigalère, CASTERET retrouve le torrent souterrain. Le 6 septembre 1933, non loin des pertes des eaux d'Albe et de Floret, il découvre un gouffre auquel il donne le nom du père de la spéléologie : MARTEL, et dans lequel il retrouve le torrent. De nombreuses explorations spéléologiques furent organisées pour rechercher l'origine des eaux de la Cigalère en particulier de 1953 à 1955 où fut atteint le terminus du cours principal à 3 200 m de l'entrée A partir de 1969, avec la création de l'Association de Recherche Souterraine du Haut Lez (ARSHaL), la protection et la poursuite des explorations et l'étude hydrologique du bassin-versant de la Cigalère furent menées avec une démarche patrimoniale et coordonnée. L'ARSHaL entreprit la topographie dès 1969, la même année furent découverts et explorés l'Affluent du Solitaire et le début de ce qui allait déboucher sur le Réseau des Chauves-souris. En 1973, le fond du cours principal était de nouveau atteint et la topographie des galeries terminales pouvait être engagée ; une plongée fut entreprise dans le siphon terminal sans succès, mais avec pour résultat une connaissance visuelle de la configuration du site. La même année fut découvert l'affluent du Porche (Roucheux, 2011).

L'histoire de l'exploration des mines a été étudiée en détail par Claude Dubois lors de son doctorat en 2004 (Dubois, 2004). La concession de Sentein est située sur la commune éponyme. Sa limite méridionale se confond avec la frontière franco-espagnole. Les mines ont été exploitées pour le zinc, le plomb et l'argent (dans une moindre mesure), de 1848 à 1963, par une dizaine d'entreprises différentes. Les deux premières demandes de recherches datent de 1824. La première concerne quasiment l'ensemble du Couserans et n'a pas plus de suite que l'établissement d'un atelier composé de dix-sept fourneaux (non localisés). La deuxième sollicitait une concession à Bentaillou : un arrêté préfectoral lui accorde un permis de recherche, mais l'affaire n'a aucune suite connue. De 1838 à 1847, plusieurs demandes de recherche sont effectuées. La concession des mines de plomb et zinc argentifères, de « Sentein et Saint-Lary », par arrêté préfectoral du 25 septembre 1848 (Louis, *et al.* ; 2015). La complexité géologique et l'altitude ont été les deux principaux handicaps de cette mine. La production de minerais préparés fut de 110 000 tonnes de zinc et 40 000 tonnes de plomb peu argentifère.

REPONSES AUX ORIENTATION DE LA RNNS

VOLET PROTECTION

Déjà historiquement protégée par l'arrêté préfectoral de 1981, volet non prioritaire pour ce site.

VOLET CONNAISSANCE.

Le principal intérêt géologique de la grotte Martel-Cigalère autant que les mines de Bentaillou, juste au-dessus, est la minéralisation exceptionnelle qu'elles renferment. La grotte de la Cigalère contient des concrétions exceptionnelles de gypse, aragonite et calcite, liées à sa proximité avec un gisement de plomb, zinc et cuivre. Les mines de Bentaillou, minéralisations de type « Sedex » au toit du calcaire de Bentaillou de l'Ordovicien : blende, galène, argent, pyrite. Présence de graphite, pyrrhotite, arsénopyrite, ilménite, sphène, chalcopyrite, goethite, magnétite, cuivres gris, rutile, etc. Des visites sont organisées pour observer les concrétions et expliquer leur formation. Cette grotte est aussi intéressante pour illustrer l'hydrogéologie et la tectonique. L'étude des concrétions et des minéralisations permettent des recherches sur la géochronologie et les paléoenvironnements (INPN, s.d. a et b).

Des empreintes d'ours (sans détails sur l'ours) ont été observées dans la grotte de la Cigalère. Il a été rapporté récemment au Service régional de l'archéologie la découverte d'un crane d'ours dans la grotte (Maksud et Minet, 2024).

Les mines de Bentaillou sont pertinentes à valoriser sous l'angle de l'exploitation des ressources naturelles par l'Homme, des techniques, de l'histoire économique et sociale du XIX^{e} au XX^{e} siècle, de l'archéologie contemporaine…

VOLET VALORISATION

La Cigalère est sans doute le système le plus atypique des écosystèmes souterrains d'altitude en Ariège et mérite à ce titre d'être pris en compte si on souhaite couvrir ce type d'habitats très original et mal connu dans la Réserve. Toutefois, le potentiel biologique sur lequel est orienté le projet de RNN est faible en rapport aux trésors géologiques du complexe Martel – Mine Bentaillou – Cigalère. Ce sont les volets géologique et minier, et surtout les cristallisations uniques de la grotte, qui offriraient l'opportunité pédagogique la plus évidente, mais les conditions matérielles et l'altitude limiteraient beaucoup une telle approche sur le terrain. Un volet pédagogique biologie souterraine sera une option à retenir lorsqu'on aura réalisé un inventaire suffisant de la faune. Les quelques visites de cavités seront maintenues, mais pas de nouvelles visites seront programmées : la pédagogie sera réalisée hors cavité, à travers une communication adaptée ou dans les locaux du Parc que pourraient développer des animations pédagogiques autour d'images et de textes.

LA GROTTE DE TOURTOUSE

ID = 27

				
Patrimoine naturel - intérêt		+++	+	+
Menace / Vulnérabilité Responsabilité	Oui ----	x Nationale		
Valorisation et pédagogie scientifique	Intérêt potentiel			
Science et recherche	Intérêt fort			



Entrée de la grotte de Tourtouse ©T. Cuypers



Entrée de la grotte de Tourtouse © PNRPA

Site de la directive "Habitats, faune, flore"

FR7300840 - Grotte de Tourtouse

Type de zone : 1

ZNIEFF 730030523
Quères de Bédeille et grotte de Tourtouse

Type de zone : 2

ZNIEFF 730011405
Petites Pyrénées en rive droite de la Garonne

APPB

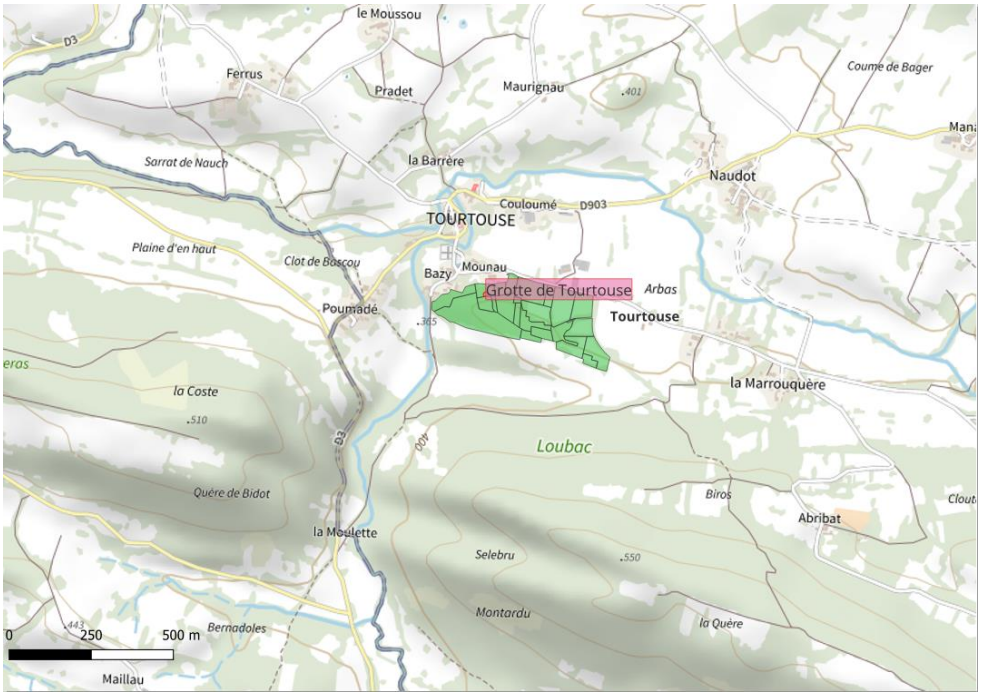
FR3800359 - Grotte De Tourtouse

CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	TOURTOUSE	**Ensemble géographique**	Petites Pyrénées et Plantaurel
Parcelles concernées	22 parcelles	**Superficie planimétrée**	7.9 ha

Localisation du site (IGN 1 : 10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux & usages en surface

Située à quelques dizaines de mètres du coeur du village, la grotte de Tourtouse s'ouvre au milieu d'une prairie. Puis la majeure partie de la grotte de Tourtouse se développe sous une colline calcaire recouverte d'une forêt. L'autre partie des galeries courent parallèlement à la route sous les prairies d'élevage.

La cartographie fait apparaitre 4 habitats naturels différents dont 1 relevant de la Directive Habitats (la grotte). La moitié de la surface de ces habitats est constituée par une chênaie-charmaie avec une dynamique stable et de maturité moyenne, en bon état de conservation. La forêt n'est pas exploitée mais son sous-bois est pâturé. La prairie pâturée présente une dynamique stable. Son état de conservation peut être qualifié de moyen. Elle est gérée de façon traditionnelle : fauche et pâturage.

Des habitations sont situées dans le périmètre de 1ha autour de la grotte.

<u>Activités aux alentours de la grotte :</u>

- Agriculture : fauche et pâturage, cultures
- Exploitation forestière : petites parcelles privées, croissance lente, exploitation du bois de chauffage
- Chasse : pratique importante (20aine chasseurs), grand gibier (chevreuil, sanglier) en forêt, petit gibier (lièvre) vers les cultures, mais peu de pratique à proximité de la grotte car proche des habitations

- Pêche : activité en diminution du fait du réchauffement de l'eau. On observe une transition d'une rivière à salmonidés vers une rivière à cyprinidés
- Randonnée : sentiers existants mais pas d'indication de grotte située dans une parcelle privée

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

C'est un site identifié par la Charte du PNR (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2008) (site E1), et qui fait partie du réseau des grottes Natura 2000 (SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, 2012), dont le PNR est animateur. Elle fait l'objet d'une démarche d'acquisition foncière par l'ANA-CEN09 (Cuypers, 2022). Les orientations de gestion en surface concernent principalement les activités agricoles, dont la poursuite de manière extensive, telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui est recommandée.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Petites Pyrénées

Altitude entrée 398 m **Développement** 800 m **Profondeur** -10

Description cavité

La grotte de Tourtouse a un développement de 800 m et une profondeur de 10 m. Elle s'ouvre par une galerie horizontale aboutissant à un puits de quelques mètres. Un ruisseau souterrain résurge dans le village quelques centaines de mètres plus bas.

Elle est équipée d'une corde d'une 20aine de mètres.

Géologie

Selon la carte géologique à 1/50 000e du BRGM de la feuille du Mas d'Azil, la grotte de Tourtouse est creusée dans un anticlinal au sein du massif de Plantaurel. Son substrat géologique correspond à des calcaires à Alveolina primaeva du Thanétien inférieur (Cénozoïque) (Souquet, 1979).

Bioccorosion

Plusieurs indices de biocorrosion ont été relevé dans cette cavité. Un échantillonnage dans un tas de guano a été réalisé en 2022. Une étude de pollens est en cours. Elle est actuellement en train d'être équipée en sonde climatique (comm. L. Bruxelles).

Usages

La grotte représente peu d'enjeu pour la spéléologie. Il semblerait que tout ait été exploré dans les années 70. La grotte n'est pratiquement plus utilisée pour l'initiation et n'a plus d'intérêt en termes de recherche. Des suivis scientifiques de chiroptères sont réalisés, et quelques rassemblemen festifs ont lieu, et d'autres fréquentations (mais faibles) notamment pour la chasse aux Aphaenops.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupe	Nombre d'espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	8	Bon	
Arachnides	6	Moyen, dont une espèce pariétale	
Coléoptères	2	Faible	Doit être prospectée
Mollusques	1	nc	Donnée issue du 1er projet
Crustacés	2	nc	Donnée issue du 1er projet
Myriapodes	2	nc	Donnée issue du 1er projet

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ **Les suivis de cavités** se basent sur les périodes d'occupation principales depuis 1987. Depuis 2011, les suivis pluriannuels de cette cavité dans le cadre de Natura 2000, sont devenus réguliers, permettant une connaissance plus fine de l'utilisation de ce site par les chiroptères :

- **Suivi de l'hibernation** : Irrégulièrement, entre mi-janvier et mi-février, ont lieu les suivis des effectifs hibernants. Ces suivis sont effectués par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Midi-Pyrénées.
- Aucun suivi en période de transit n'est effectué. Des visites opportunistes et bénévoles peuvent être effectuées sporadiquement par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Midi-Pyrénées mais elles restent extrêmement rares.
- **Suivi de la reproduction** : Un comptage en sortie de gîte est de rigueur sur ce site en période de reproduction, durant la première quinzaine de juin pour le Grand murin et un second la première quinzaine de juillet pour les autres espèces. Il est habituellement effectué par l'ANA – CEN09 et/ou le CEN Midi-Pyrénées.

❖ **Les opérations de captures au filet**

Une capture au filet a été menée sur site, notamment le 26 septembre 2011 par Sylvain Déjean et Julien Barataud, dans le cadre de la mise en place du site Natura 2000 « Grotte de Tourtouse ». Nous n'avons en notre possession aucune autre donnée concernant d'autres captures sur ce site.

RICHESSE SPECIFIQUE. Ci-dessous la liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2011 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

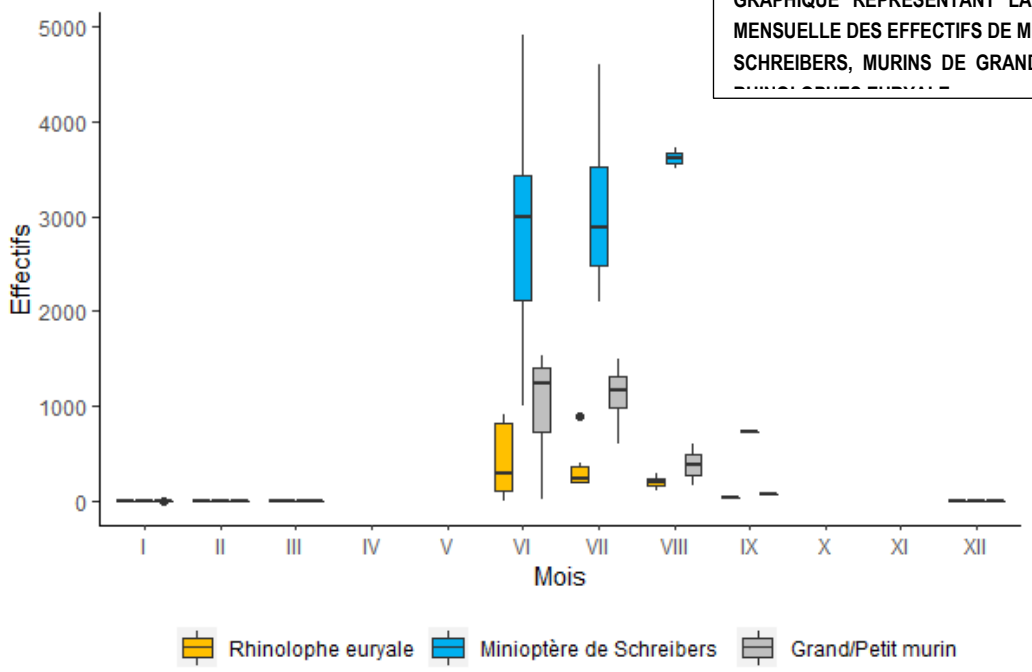
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Grotte R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**H, T1 - 5**	**6 - 15**	**1**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**H, TX**	**6 - 21**	**4**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**250 – 470 - 900**	**0 - 9**	**40**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**H, 1000 – 2100 – 4730**	**1**	**730**
Murin à oreilles échancréesBarbastelle d'Europe	***Myotis emarginatusBarbastella barbastellus***	**TX**	**(1 ; 1994)**	**X**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**900 – 1300 - 1500**	**1**	**80**
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	HX	(2)	**X**
Murin de Natterer/cryptique	*Myotis nattereri/crypticus*	HX	(2 ; 1988)	X
Nombre d'espèces	148	4	8	5

PHENOLOGIE. Le Minioptère de Schreibers est présent tout au long de l'année dans le site. Ce site est surtout un site de reproduction. Des effectifs très importants de Minioptères de Schreibers, Grands murins, Petits murins et Rhinolophes euryale sont observés lors de la mise-bas et de l'élevage des jeunes.

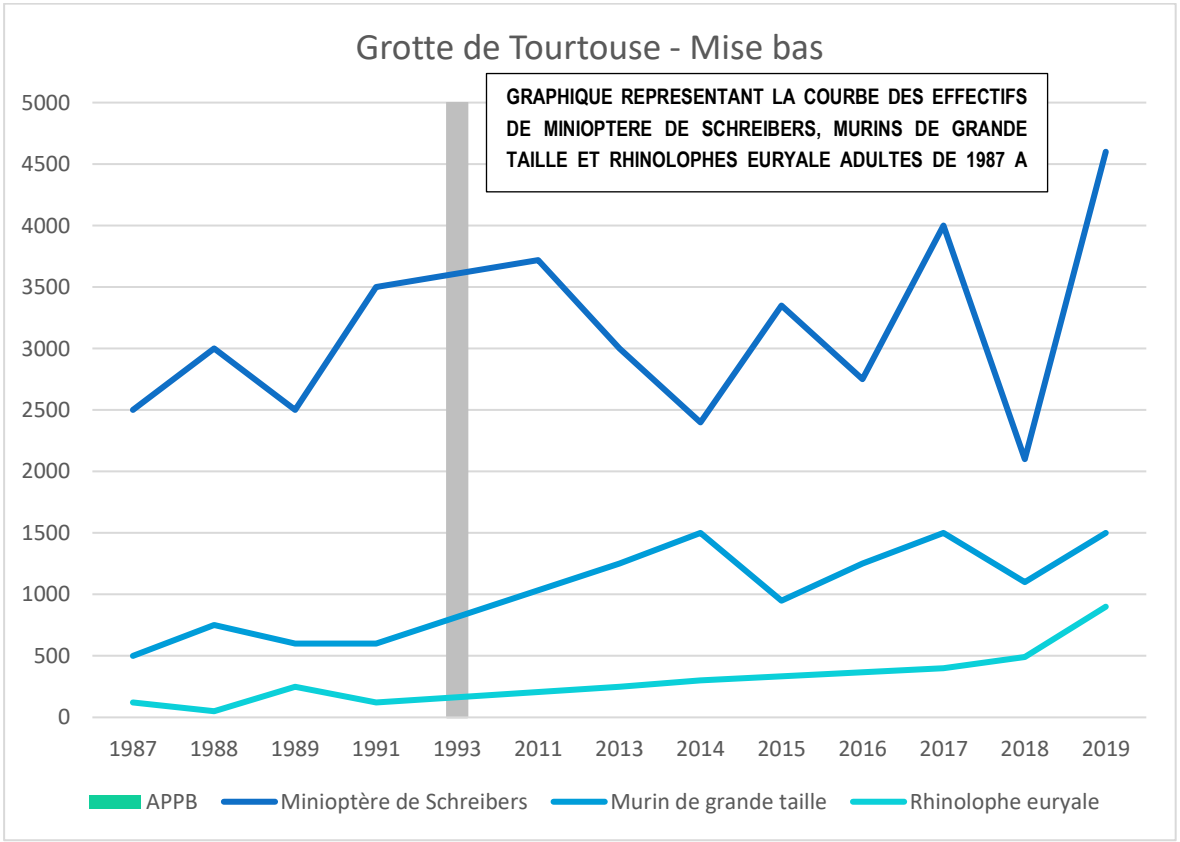
Les périodes auxquelles ces effectifs arrivent au printemps et partent en fin d'été ne sont pas connues précisément. Aucun comptage n'a été effectué à notre connaissance les mois d'avril, mai, octobre ou novembre. Les quelques données disponibles en fin d'été / début de printemps suggèrent un départ général des espèces reproductrices entre août et septembre. Il serait donc pertinent d'effectuer des suivis en avril et en mai afin d'affiner la date d'arrivée des individus sur le site.

En hiver, le site n'abrite jamais d'importants effectifs. Cependant, il peut présenter une diversité intéressante de par son porche accueillant pour les Murins, comme le Murin de Daubenton, le Murin cryptique ou encore les Murins de grande taille.

GRAPHIQUE REPRESENTANT LA VARIABILITE MENSUELLE DES EFFECTIFS DE MINIOPTERE DE SCHREIBERS, MURINS DE GRANDE TAILLE ET

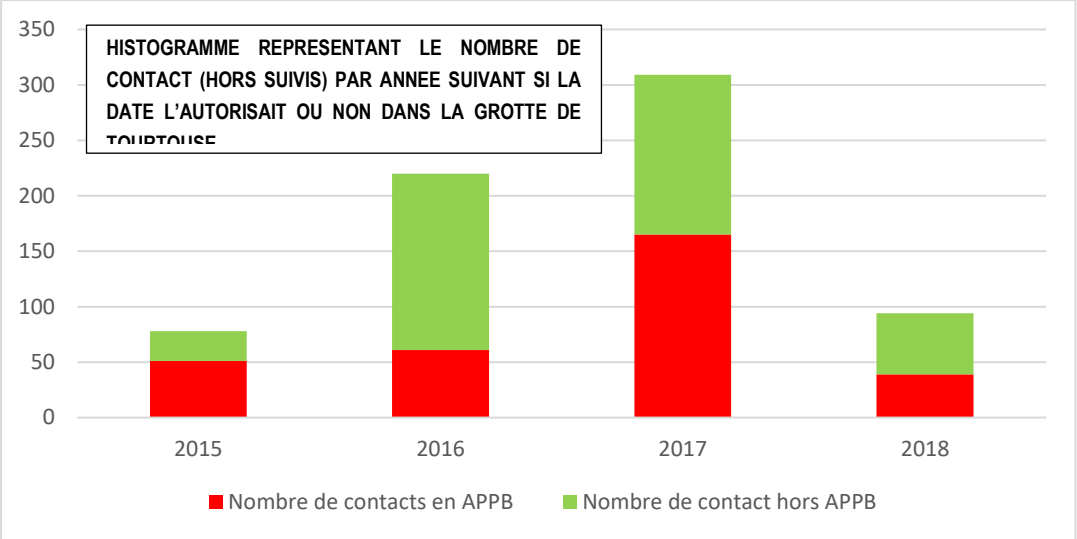


TENDANCES. Globalement, il est observé une augmentation généralisée des effectifs reproducteurs. Les effectifs d'adultes de Rhinolophes euryale ont été multipliés par 4 en 35 ans, alors que les effectifs de Murins de grande taille ont doublés voire triplés sur la même période. Le Minioptère de Schreibers quant à lui, affiche une relative stabilité voire une légère augmentation (les effectifs maximums observés sont de plus en plus récents) malgré une forte variabilité interannuelle.

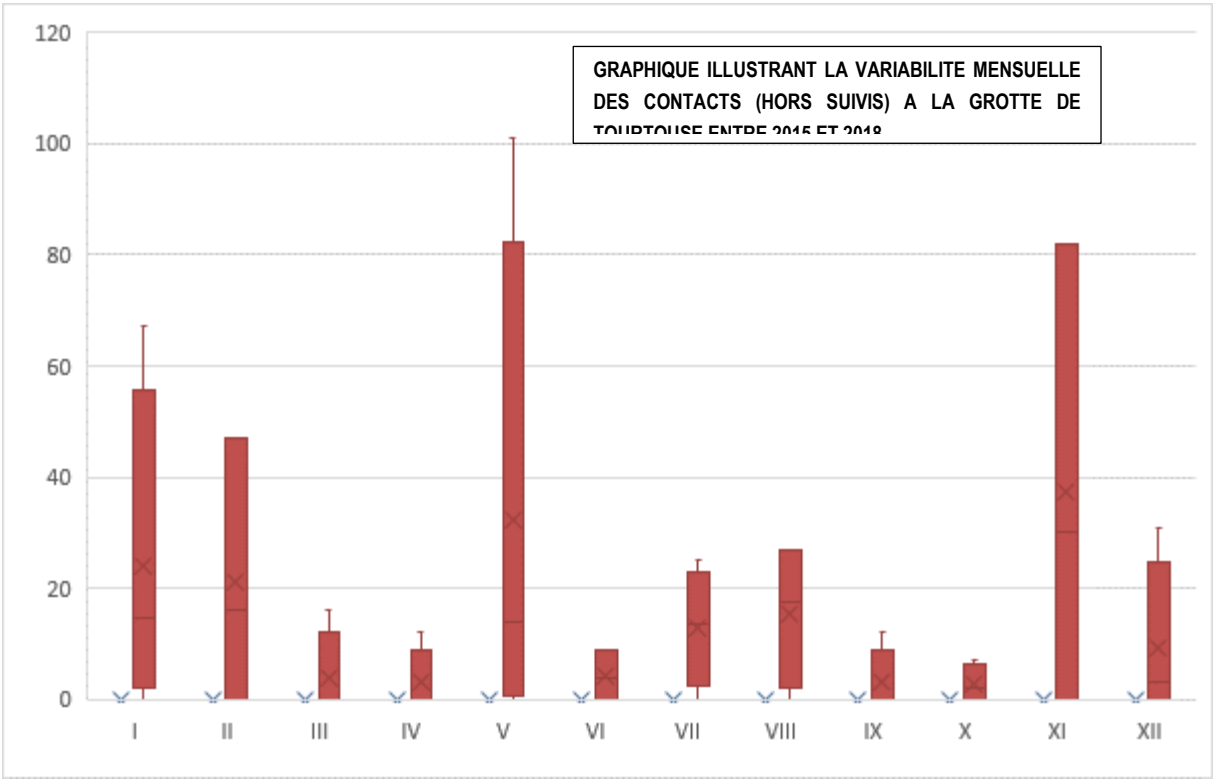


MENACES LIEES AUX ESPECES. Un éco-compteur est situé où l'essaim de chauves-souris est visible : un contact enregistré signifie automatiquement un dérangement potentiel. Un panneau à l'entrée du site signale les dates de l'APPB qui permettent l'accès au site. Ces données n'ont été exploitées que tardivement, à partir de 2018 et un bilan annuel est maintenant effectué.

Bien que le site soit situé sur une parcelle privée et que l'accès passe par une propriété privée, ce site est malheureusement soumis à une fréquentation importante, notamment en période d'interdiction, c'est-à-dire en période sensible où les espèces sont présentes pour mettre bas et élever les jeunes.



Comme le montre la figure ci-dessus, la fréquentation du site en période d'interdiction représente presque la moitié de contacts référencés (47% en moyenne de 2015 à 2018). Ces 4 années de suivi ne permettent pas d'observer une quelconque régularité d'un point de vue quantitatif en fonction des périodes : 2017 montre une fréquentation du site très importante en période d'APPB, qui l'a été beaucoup moins en 2015. Inversement, la fréquentation du site en période d'autorisation en 2016 et 2017 est bien supérieure qu'en 2015 ou 2018.



La compilation des données de l'éco-compteur en fonction du mois (figure ci-dessus) montre que la fréquentation est globalement plus importante les mois où elle est autorisée. Le mois de mai fait exception puisqu'il est le mois où la fréquentation peut être la plus importante alors que l'accès y est interdit, notamment sur les jours fériés. Des groupes de spéléologues (jeunes accompagnés d'un adulte) y accèdent notamment en cette période, selon un témoignage de la commune de Tourtouse. Les données horaires de l'éco-compteur vont dans le sens de la pratique de la spéléologie dans le site en période d'interdiction, avec des données espacées d'une à deux heures, ce qui correspond au temps moyen pour visiter la galerie principale du site.

D'autre part, les données horaires montrent des contacts parfois entre 22h00 et 1h00 ils pourraient s'agir de personnes souhaitant observer l'émergence des chauves-souris, malheureusement durant ces périodes sensibles.

Lors du comité de pilotage de site Natura 2000 tenu en avril 2019, la proposition de l'ANA-CEN Ariège de travailler avec le propriétaire pour engager une procédure de mise en place d'un périmètre de protection physique a été retenue. Celle-ci ne rendrait l'accès possible que pour les suivis scientifiques et la pratique de la spéléologie par des spéléologues fédérés aux périodes fixées par l'APPB. Cette action a pour but de limiter l'accès au public afin de protéger les populations de chauves-souris aux périodes sensibles et pour des raisons de sécurité.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les premières données dans cette cavité remontent à 1907, avec une publication par Simon en 1910, dès lors 3 espèces sont recensées avec *L. infuscata* et 2 opilions. En 1920, les biospéléologues reviennent dans la cavité, mais la *Leptoneta* est retrouvée. Enfin, entre 1946 et 1964, les entomologistes Bouillon, Fourès accompagnés de l'arachnologue Edouard Dresco s'y succèdent. Ils ne mentionneront eux-aussi que la présence de *L. infuscata* qui par conséquent y semblait déjà bien présente.

Les données contemporaines remontent à 2011 jusqu'à 2016, où quelques prélèvements ont eu lieu.

RICHESSE SPECIFIQUE. Les dernières investigations ont permis de mettre en avant le cortège troglophile classique, bien que peu diversifié. Cependant, *E. inermis, S. abnormis* et *N. cellulanus*, n'y avaient jamais été notées. La cavité se situe dans une zone de l'Ariège où le micro-endémisme des espèces n'est pas marqué ; on aura donc des espèces à large répartition, même si cantonnées à l'Ariège ou aux seuls Pyrénées.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglobie	Troglophile cavernicole	Pariétale	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Agelenidae	*Eratigena inermis*		X		Pyrénées et Cantabriques	2011	Déjean et Danflous
	Amaurobiidae	*Amaurobius similis*			X		2011	Déjean et Danflous
	Leptonetidae	*Leptoneta infuscata*		X		Pyrénées	2016	Déjean
	Linyphiidae	*Saaristoa abnormis*					2015	Déjean
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*		X			2015	Déjean
Opilions	Phalangodidae	*Scotolemon lucasi*	X			Pyrénées	2011	Déjean et Danflous
		Scotolemon lespesii		X		Pyrénées	1907	Simon, 1910
	Nemastomatidae	*Nemastomella bacillifera*		X			1907	Simon, 1910

COMMENTAIRE. Si des espèces ont été ajoutées au peuplement, d'autres n'ont pas été revues : les deux opilions *Scotolemon lespesii* et *Nemastomella bacillifera*. Les deux taxons sont connus dans la dition et largement répandus en Ariège. Il est très probable que des recherches ciblées puissent permettre de les retrouver.

En ce qui concerne les *Scotolemon*, les deux espèces sont citées ; une étude systématique et génétique pourrait éclaircir leur statut et vérifier s'il y a eu confusion ou si les taxons pourraient être synonymes. *Amaurobius similis* est une espèce pariétale, simplement signalée car commune aux entrées de grotte, mais ne rentre pas vraiment dans le cortège troglophile.


Amaurobius similis © S. Déjean

- LES COLEOPTERES

Cette grotte ne semble pas avoir bénéficié de prospections récentes par des entomologistes. Déliot (s.d.) y mentionne *Speonomus pyrenaeus* et *Aphaenops cerberus*. Potentiellement d'autres espèces connues du Volvestre pourraient y exister comme des *Geotrechus*. Cette grotte nécessite des prospections entomologiques complémentaires.

- LES MOLLUSQUES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les données ci-dessous sont issues du 1er projet de Réserve (Bertrand, *et al*., 2002)

RICHESSE SPECIFIQUE. Moitessieria simoniana, espèce strictement souterraine a été trouvée dans la grotte de Tourtouse.

- LES CRUSTACES

EFFORTS DE PROSPECTION. Les données ci-dessous sont issues du 1er projet de Réserve (Bertrand, *et al*., 2002)

RICHESSE SPECIFIQUE. Deux espèces de crustacés ont été trouvées, notamment dans le ruisseau souterrain *Acanthocyclops robustus* (Copépode, cyclopide) et *Speocyclops racovitzai,* espèce strictement souterraine.

- LES MYRIAPODES

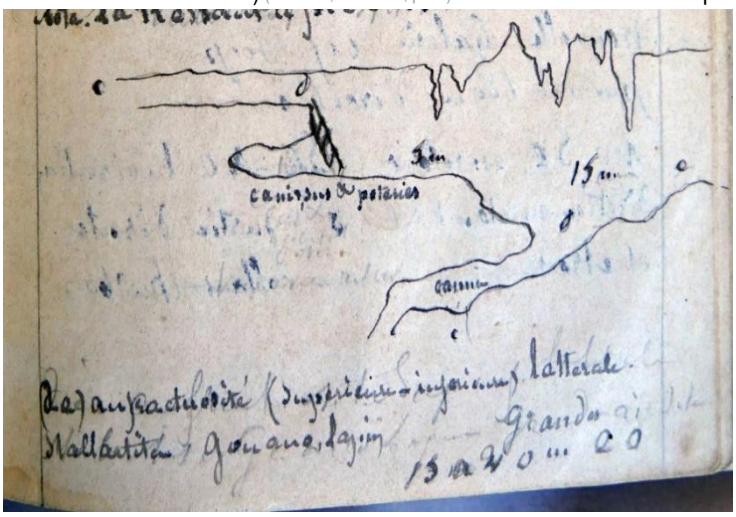
EFFORTS DE PROSPECTION. Les données ci-dessous sont issues du 1er projet de Réserve (Bertrand, *et al*., 2002)

RICHESSE SPECIFIQUE. Deux espèces de myriapodes ont été trouvées, *Lithobiues speluncarum* (Chilopode) et *Blaniulus lorifer* (Diplopodes)

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

L'abbé Pouech fréquente la grotte à plusieurs reprises dans la seconde moitié du XIXe siècle. Le 22 septembre 1863, il visite la grotte. Il réalise des croquis et rédige des descriptions de la cavité (dimensions, présences de stalactites et de stalagmites). Il dessinera deux coupes du massif et une carte géologique locale extrêmement précise (Pouech, 71 J 260, p. 97-102).

L'abbé Pouech y prélève des ossements de Castor (conservés par le département de l'Ariège), de la « poterie » à plusieurs endroits (fragments de poterie fine grise tournée, tasses, 2 fragments de poteries grise fine, tasses rouge tournée, poterie tournée à vernis jaune, poterie non tournée fort mal cuite) (Pouech, 71 J 316, p.55). La collection de céramique n'a pas été retrouvée. Des pièces de monnaie romaine avaient été découvertes au niveau du porche au début du XXe siècle (Maksud, 2024). Une occupation antique du site n'est donc pas à exclure.



Il ramasse de nombreux fossiles (Eocène : oursins *hemiaster, micraster, linthia, phymosoma, ostrea, cerithium*, Stampien Sannoisien *: cerithium*, Oolithique *: micraster*, Cénomanien, micraster, Secondaire : cyclolites, Garumnien : *cerithium*, et *natica* sans période définie), conservés par le Département de l'Ariège (extraction de la base de données du service

Conservation-Musées-Patrimoine-Archéologie) (Teodori, s.d.). Il mentionne du « *gouano en masse* » à plusieurs endroits.

Lors d'une visite de la Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire, en 1962, des griffades d'ours sont découvertes (SMSP, 1962).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Le site est sous APPB depuis le 3 décembre 1993 (grotte d'Aliou et de Tourtouse). Ces grottes sont interdites d'accès du 1er mars au 30 septembre. Néanmoins, l'accès à la grotte n'est pas souhaitable toute l'année de façon à améliorer les capacités d'accueil de la grotte en période hivernale pour les chiroptères. A la création du site Natura 2000, un écocompteur a été installé à l'intérieur du site dans le but de suivre la fréquentation humaine, celui-ci a montré que les périodes d'interdiction ne sont pas respectées. Le renforcement de la gestion du périmètre de protection pour limiter les entrées est souhaitable.

En lien avec le Plan régional d'actions pour les chiroptères et les actions de gestion conservatoire associées, l'ANA-CEN Ariège a engagé une procédure d'acquisition de la grotte de Tourtouse (entrée de la cavité et une partie de son développement).

VOLET CONNAISSANCE.

Des études pourraient permettre de préciser les taxons des arachnides présents dans la cavité. Une expertise archéologique et paléontologique viendrait apporter des compléments aux découvertes de Pouech et confirmer une occupation pressentie de la grotte par la faune ancienne et l'Homme.

VOLET VALORISATION.

En lien étroit avec l'animation Natura 2000.

LA RIVIERE SOUTERRAINE DE VICDESSOS

ID = 28

PATRIMOINE NATUREL - INTERET		+++
MENACE ET/OU VULNERABILITE	non	
VALORISATION ET PEDAGOGIE SCIENTIFIQUE	Intérêt fort	
SCIENCE ET RECHERCHE	Intérêt fort	



Entrée Vicdessos ©*V. Leenknegt-PNRPA*

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012112

Moyenne vallée de Vicdessos, Pic de Tristagne

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012010

Montcalm et Vicdessos

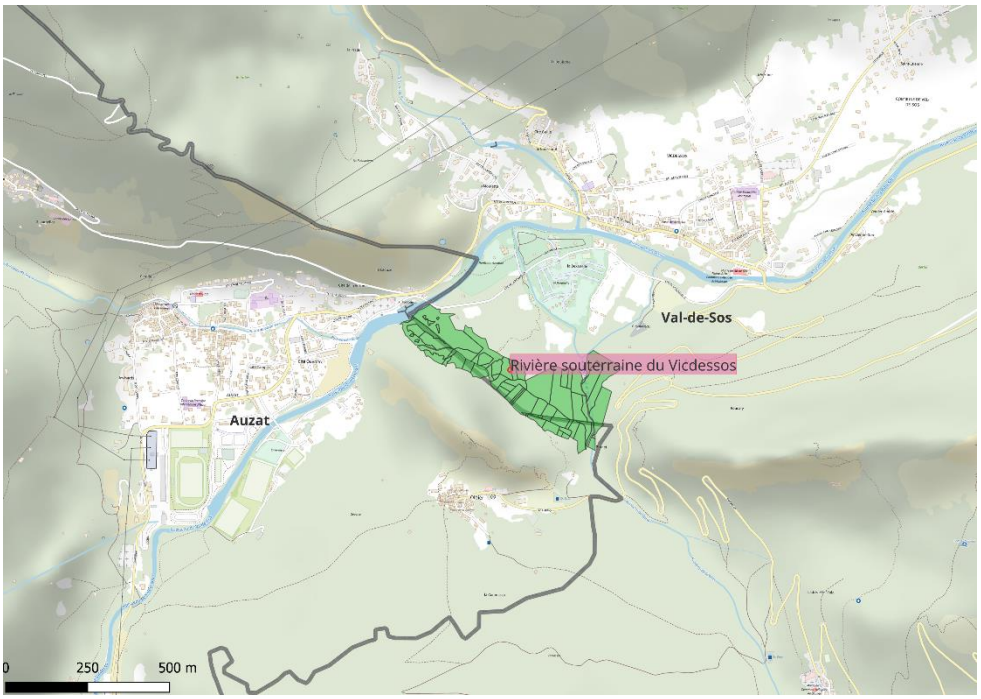
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	VAL-DE-SOS et AUZAT	**Ensemble géographique**	Tarasconnais et Vicdessos
Parcelles concernées	66 parcelles dont 1 parcelle en forêt domaniale	**Superficie planimétrée**	10 ha

Localisation du site

(carte IGN 1 :8 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

La vallée de Vicdessos a été façonnée par les glaciers comme beaucoup de vallées des Pyrénées ariégeoises. Entre Auzat et Vicdessos, la vallée se rétrécit et accueille des zones aujourd'hui très boisées sur ses versants. La rivière de Vicdessos prend sa source dans les Pyrénées et parcourt 36, 8 km avant de confluer avec l'Ariège au niveau de la commune de Tarascon-sur-Ariège (EauFrance, 2017d). C'est dans cet environnement-là que s'ouvrent les entrées sur la rivière de Vicdessos, sur un versant boisé orienté nord-ouest, sous le village d'Olbier.

Gestion existante

Une gestion du système a débuté en 2017 par le syndicat SYMAR Val d'Ariège.

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique

Altitude entrée	700 m	**Développement**	1550 m	**Profondeur**	76 m

Description cavité	Plusieurs entrées sont connues pour accéder à la rivière souterraine et au réseau. Une première entrée se situe au niveau du barrage EDF sur la rivière de Vicdessos où une galerie artificielle a été creusée par EDF et dans laquelle un muret protège la grotte d'une éventuelle montée des eaux. L'entrée de la grotte recoupe cette grande galerie artificielle. Une autre entrée se trouve un peu plus haut dans la forêt sous le village d'Olbier où la descente vers la rivière souterraine nécessite l'usage de techniques de spéléologie verticale (Bence, 2002).
Hydrogéologie /substrat	La cavité est creusée dans des calcaires urgo-aptien (Casteras, *et al.* 1969). La rivière de Vicdessos est l'un des affluents les plus importants de l'Ariège. La rivière a un régime hydrologique de type « montagne » avec des hautes eaux en période de fonte de neige (mai, juin, juillet) et des basses eaux en automne et en hiver. Un suivi des crues a été mis en place depuis 2005 par la station de Vigicrues[53] qui a enregistré un débit instantané maximal de 71,60 m³/s (2014), un débit journalier maximal de 73 m³/s (2019) et une hauteur maximale de 161 cm (2019).
Paléoenvironnement	Des études polliniques menées très récemment ont débouché sur la publication d'un article (Marquer, *et al.* 2020). Elles ont permis d'établir un modèle numérique de reconstruction des paysages de montagne à partir de l'étude des pollens.
Usages	La grotte est très utilisée par les professionnels qui accompagnent des groupes pour la découverte de la spéléologie. Les visites sont quotidiennes en été.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Au niveau de la rivière de Vicdessos, la grotte a été creusée et un muret y a été construit à l'intérieur. Les grottes sous le château de Montréal-de-Sos ont fait l'objet de fouilles : des fouilles clandestines ont notamment modifié les entrées de grottes. En 1960, la grotte du Campanal a subi une fouille clandestine qui a exporté de nombreux objets archéologiques (Guillot, 2011).

REPONSE AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

La cavité ne nécessite pas de mesures de protection. La partie aquatique du réseau héberge une population de calotritons qui paraissent cohabiter avec les nombreuses visites. Certains individus se retrouvent malheureusement écrasés (1 individu retrouvé écrasé lors d'une visite à l'été 2021), mais ce phénomène reste marginal.

VOLET CONNAISSANCE

La population de calotritons sera suivie. Une seule espèce de Coleoptère cavernicole semble signalée de cette grotte (« *Speonomus* sp. » : Déliot, s.d.), qui potentiellement pourrait être *Speonomus pyrenaeus* ou *Anthrocharis querilhaci* présents dans le secteur, tout comme l'*Aphaenops bonneti*. Des prospections entomologiques sont à conduire dans ce réseau dont l'entomofaune semble inconnue.

Dans le cadre de la Réserve, la grotte pourrait faire l'objet d'une étude hydrogéologique détaillée.

VOLET VALORISATION

La rivière souterraine de Vicdessos parait être un excellent support de valorisation des milieux souterrains, en particulier pour sensibiliser le grand public à la préservation de l'habitat du calotriton. Il est fréquent d'en trouver dans le lit de la rivière souterraine ou dans les vasques d'eau. Les professionnels accompagnateurs présentent déjà cet habitat, pour certains. La RNNS pourrait permettre la formation des professionnels sur les conduites à adopter et un discours sur la géologie des galeries (certains parlent de « calcaires noirs » ou encore de « marbres »), et sur l'habitat du calotriton. Enfin, la RNNS serait un argument en faveur de la destination nature des Pyrénées ariégeoises.

[53] https://www.vigicrues.gouv.fr/station/O114462001

LA RESURGENCE DE LABOUÏCHE

Ou résurgence d'Aygue Naychent

ID = 29

PATRIMOINE NATUREL - INTERET		++	+	+
MENACE ET/OU VULNERABILITE Responsabilité	oui	X Départementale		MPY1597b MPY 1713
VALORISATION ET PEDAGOGIE SCIENTIFIQUE	Intérêt fort			
SCIENCE ET RECHERCHE	Intérêt potentiel			



Aygue Naychent ©*V. Leenknegt-PNRPA*

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 1

ZNIEFF 730012905

Le Plantaurel : du Mas d'Azil à l'Ariège

znieff
ZONES NATURELLES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Type de zone : 2

ZNIEFF 730012019

Le Plantaurel

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Décret

Du 6 septembre 2007 portant classement parmi les monuments naturels et les sites du département de l'Ariège de l'ensemble formé par le site de la rivière souterraine de la Labouiche

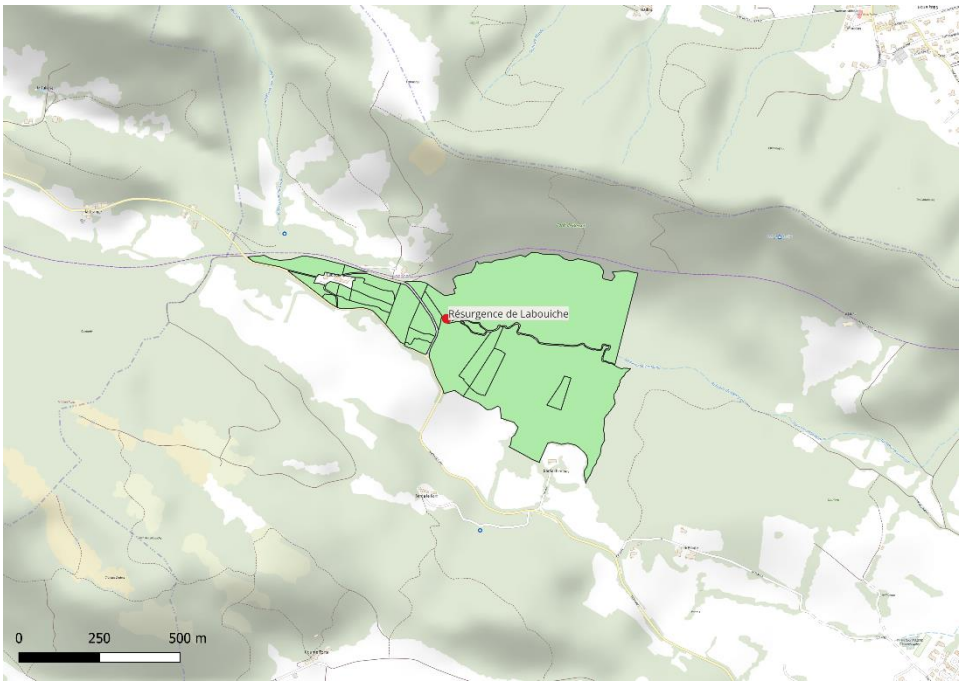
CARTE D'IDENTITE DU SITE

LOCALISATION

Commune	VERNAJOUL	**Ensemble géographique**	Les Petites Pyrénées et le Plantaurel
Parcelles concernées	26 parcelles	**Superficie planimétrée**	35 ha

Localisation du site

(carte IGN 1 :10 000)



PRESENTATION DU SITE EN SURFACE

Description des milieux et usages en surface

Le hameau de Labouïche accueille le site touristique de la rivière souterraine de Labouïche. La billetterie du site se situe à une centaine de mètres au-dessus de la voie verte pour une entrée dans la rivière souterraine par l'entrée naturelle située à *Aygue perdent*. Le site est bien connu en Ariège et accueille de nombreux visiteurs chaque année, plus de 50 000 en 2024 (Thépaut, 2025), dans la même lignée que son voisin, le site archéologique souterrain du Mas d'Azil, situé aussi dans le massif du Plantaurel.

Le site choisi pour figurer dans la Réserve naturelle souterraine de l'Ariège est le site ponctuel de la résurgence d'*Aygue naychent* (eau naissante), au sud de la voie verte. C'est un site qui n'est pas ouvert au public mais qui est situé à proximité des sites touristiques de Labouiche, la grotte de Labouiche et *Aygue perdent*.

Le milieu en surface est principalement boisé.

Gestion existante, autres enjeux connus en surface

Accueil touristique, balades sur la voie verte et alentours

PRESENTATION DU SITE SOUTERRAIN

Massif karstique Plantaurel

Altitude entrée	390 m	**Développement**	-	**Profondeur**	-

Description cavité

La rivière souterraine de 3,6 km de long correspond à la partie terminale du drainage d'un système karstique qui s'étend sur 9,7 km². La source *Aygue naychent* est située à 390 m d'altitude et un affluent, le Fajal, se perd à *Aygue perdent* à 800 m en amont de la source. Ce sont les deux seuls accès naturels à la rivière souterraine. Un puits artificiel permet d'accéder à cette rivière pour un circuit touristique en barque de 1,5 kilomètre (MNHN & OFB, 2003-2023), non concerné par le projet de Réserve. Elle a formé une galerie « monotone » de 3 m de haut et de 12 m de large. Avant 1935, un siphon bloquait les 200 derniers mètres, ce qui faisait que l'eau était peu profonde et régulièrement ensablée. Depuis, celui-ci n'existe plus. Formation de plusieurs résurgentes dues à la présence de blocs éboulés limitant la sortie des eaux.

Hydrogéologie/ substrat

Le bassin versant de ce système karstique quaternaire comprend deux ensembles. A l'amont, les formations calcaires et dolomitiques très karstifiées du Lias au Crétacé inférieur de la partie nord-orientale de la couverture du massif de l'Arize. Vers l'aval, le « lambeau de Baulou », unité synclinale constituée du calcaires thanétiens et en partie recouverte par les marnes et les grès calcareux et de l'Ilerdien. Le « lambeau de Baulou », limité par des failles, se termine vers l'ouest sur les formations détritiques du Cénomanien. L'exutoire du système, l'*Aygue naychent*, est précisément situé à ce contact. Un affluent, le Fajal, ruisseau formé sur les grès maestrichtiens qui borde au nord le « lambeau de Baulou », se perd au contact des calcaires thanétiens, à l'*Aygue perdent* (MNHN & OFB, 2003-2023). Les nombreuses failles présentes dans le secteur vont conditionner l'écoulement souterrain des eaux (Comités départementaux de spéléologie du Tarn et de l'Ariège, 1981).

La rivière actuelle coule à une cinquantaine de mètres sous le niveau du sol et le réseau comprend 5 étages bien marqués dont 3 seulement sont développés. Le plus élevé est fossile et presque entièrement colmaté par des remplissages argileux dans lesquels on retrouve parfois des ossements d'ours des cavernes en quantité (MNHN & OFB, 2003-2023). Cette couche indique alors une stagnation du niveau de l'eau durant un temps assez long (Goron, 1941). Le deuxième et le quatrième apparaissent sous forme de courts tronçons, abondamment concrétionnés avec des restes épars de remplissages ; le troisième est très net et continu, il contient un remplissage argileux important, riche en fer et contenant des ossements d'ours. Enfin, la rivière coule dans une galerie très haute avec, sur les parois, la trace de plusieurs niveaux successifs et les restes de remplissages actuellement déblayés. Les galeries se présentent sous formes de segments généralement courts avec des changements brutaux de direction. On retrouve dans ce tracé, l'orientation des principales diaclases qui affectent les calcaires thanétiens. En somme, la structure de ces galeries est un bel exemple d'une évolution d'un karst en lien avec une rivière souterrain car elle a enregistré les étapes de l'enfouissement des eaux. Les nombreuses cheminées sont probablement en relation avec les eaux de surface (Goron, 1941).

Ainsi, l'histoire de l'évolution de ce drain est complexe avec de nombreuses phases d'activité (creusement, déblayage du remplissage) et des phases de colmatage. Malgré tout, l'enfouissement de la rivière parait avoir été très rapide. Ceci probablement en relation avec le creusement de la vallée de l'Ariège qui a entrainé l'abaissement du niveau de base représenté ici par l'*Aygue naychent*. Le débit moyen de la rivière est de 0,150 m^3/s, les débits extrêmes sont de 1,5 m^3/s et 0,005 m^3/s (MNHN & OFB, 2003-2023).

Usages

La résurgence d'« *Aygues naychent* » n'est pas très fréquentée car en dehors du parcours touristique de la rivière souterraine de Labouiche.

Climatologie

Températures moyennes annuelles (°C) : établies à partir des mesures de Christine Perrin sur plusieurs années : Labouiche > 11.5 degrés.

LA BIODIVERSITE INVENTORIEE SUR CE SITE

Groupes	Espèces connues	Niveau de connaissance	Commentaires
Chiroptères	7	Moyen	
Araignées	7	Moyen	
Coléoptères		Moyen	
Lépidoptères	2	Faible	

ENJEUX NATURALISTES

- LES CHIROPTERES

EFFORTS DE PROSPECTION

❖ **Les suivis de cavités**

La résurgence de Labouiche est un site connu depuis la fin des années 1990. Durant cette période, le site a été prospecté ponctuellement par S. Déjean dans sa partie terrestre inférieure uniquement. A partir de 2016, les suivis reprendront bénévolement plusieurs fois dans l'année par les membres de l'ANA-CEN Ariège afin de mieux comprendre l'utilisation de ce site par les chiroptères.

- **Suivi de l'hibernation** : annuellement durant les comptages hivernaux entre mi-janvier et mi-février.
- **Suivi du transit** : aléatoirement, au moins une fois par an à l'automne depuis 2017.
- **Suivi de la reproduction** : aléatoirement, au moins une fois par depuis 2016 (excepté 2017).

❖ **Les opérations de captures au filet**

Une seule capture est connue sur ce site, le 20/09/2016. Un passage réalisé par B. Baillat le 31/08/2016 mentionnait la présence d'un essaim de Minioptères de Schreibers d'environ 200 individus. Ce site semblant être favorable au swarming, une capture quelques semaines après fut organisée. Elle dû être écourtée par le nombre très important d'animaux pris dans les filets en peu de temps. Ce soir-là, ce sont près de 1 250 Minioptères qui ont été dénombrés.

RICHESSE SPECIFIQUE. Liste des espèces mentionnées sur le site (R=reproduction ; E=estivage ; H=hivernage ; T=transit ; C=chasse ; D=Disparu ; en gras=espèces de l'annexe II de la Directive Habitats) et leurs effectifs saisonniers depuis 2016 (Min – Moy – Max ; données antérieures entre parenthèses).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	R / E	H	T
Petit rhinolophe	***Rhinolophus hipposideros***	**1**	**1**	**0-4-12**
Grand rhinolophe	***Rhinolophus ferrumequinum***	**0-4-12**	**10-59-91**	**0-28-57**
Rhinolophe euryale	***Rhinolophus euryale***	**2**	**X**	**0-58-230**
Minioptère de Schreibers	***Miniopterus schreibersii***	**0-51-200**	**X**	**0-420-1250**
Grand/Petit murin	***Myotis myotis/blythii***	**4**	**2**	**4-10-15**
Murin cryptique	*Myotis crypticus*	X	1	X
Murin de Daubenton	*Myotis daubentonii*	15-59-80	1	1-3
Nombre d'espèces	7	6	5	6

Nous avons exclu volontairement les suivis réalisés avant 2016 car ces derniers ne comprenaient pas la partie en eau de la galerie ; les enjeux sont plutôt dans la partie en eau où coule la rivière souterraine.

PHENOLOGIE. La fréquentation de ce site semble assez aléatoire en fonction des années et des saisons, mais des enjeux sont tout de même importants sur une grande partie de l'année :

- en été, la plus grosse colonie de mise-bas connue pour le département de Murins de Daubenton d'autant plus rare en contexte cavernicole ;
- un site de transit automnal pour le Minioptère de Schreibers (Nmax=1250), ainsi que quelques Grands rhinolophes (Nmax=33) et Murins de « grandes tailles » (Nmax=11) ;
- en hiver c'est surtout un site d'hibernation pour une colonie de Grands rhinolophes ((Nmax=91) ;
- au printemps le seul passage effectué récemment (2019), mentionne une colonie de 230 Rhinolophes euryales, 57 Grands rhinolophes et 15 Murins de grandes tailles.

TENDANCES. En l'état actuel des connaissances, vu le pas de temps exploitable pour les données et les fluctuations des données d'effectifs des chiroptères, aucune tendance populationnelle n'est exploitable sur ce site.

MENACES. La seule menace potentielle sur ce site est la fréquentation et le dérangement que cela peut causer, notamment auprès des Grands rhinolophes en période d'hibernation. Le site est une cavité connue et fréquentée (en témoignent les traces de pas qui sont visibles dans le sable à l'entrée, alors même que les crues les effacent régulièrement). Cependant, il est impossible d'évaluer cette fréquentation et surtout de savoir le pourcentage de personnes qui s'enfoncent dans la partie en eau où réside le plus d'enjeux. Au-delà, se trouve la partie visitable de la rivière souterraine de Labouiche. L'accès est strictement interdit et les premiers aménagements de la partie exploitée sont surveillés par une caméra.

- LES ARACHNIDES

EFFORTS DE PROSPECTION. Le site a été prospecté assez tôt au début du XIX^{ème} siècle par Jeannel et Racovitza vers 1908. On considère ici l'intégralité de la rivière souterraine, sachant qu'une partie du réseau est désormais privée et visitée, mais la résurgence reste accessible ; c'est ici que se concentrent les enjeux actuels. Les données anciennes ne sont pas précises, mais l'observation, même ancienne, des espèces dans le réseau, permet de croire en leur existence dans la partie considérée aujourd'hui, dans le cadre de la Réserve. Nous n'avons pas trouvé de trace plus récemment de relevés arachnologiques. Ce n'est qu'à partir de 2008, en même temps que des prospections pour les chiroptères, que les nouvelles observations ont été recueillies. Les dernières données datent de 2016.

RICHESSE SPECIFIQUE. Sept espèces sont connues dans ce réseau. Parmi elles, quatre ont été découvertes au début du XX^{ème} siècle, mais deux n'ont pas été revues : *Diplocephalus protuberans* et *Porrhomma convexum*. Ces deux taxons sont clairement hygrophiles et souvent troglophiles. La configuration de la grotte avec une rivière souterraine est caractéristique de l'habitat de *D. protuberans*. Le reste du cortège montre des espèces troglophiles communes et largement réparties avec *N. cellulanus* et les trois espèces de *Meta*.

Ordre	Famille	Espèces ou taxons	Troglophile cavernicole	Hygrophile	Endémisme	Dernière observation	Observateurs / sources biblio
Araignées	Linyphiidae	*Diplocephalus protuberans*		X		1908	Simon, 1911
		Porrhomma convexum	X			1908	Simon, 1911
	Nesticidae	*Nesticus cellulanus*	X			2016	Déjean
	Tetragnathidae	*Meta bourneti*	X			2016	Déjean
		Meta menardi	X			2016	Déjean
		Metellina merianae	X			2016	Déjean
Opilions	Ischyropsalidaae	*Ischyropsalis luteipes*	X		Pyrénées et Massif central	2016	Déjean

L'opilion *Ischyropsalis luteipes*, est présent dans cette cavité. C'est une espèce largement répandue dans les Pyrénées centrales et souvent cavernicole dans la dition[54]. Il évolue dans les parties les plus humides de la cavité, souvent sur les concrétions.

La présence de la rivière génère des difficultés d'accès pour prospecter plus facilement le site, mais apporte des conditions d'hygrométrie très fortes et très favorables à bon nombre d'espèces. Des recherches complémentaires devront y être menées.



Ischyropsalis luteipes © S. Déjean

- AUTRES ESPECES

Deux espèces de papillons troglophiles ont été observés lors des visites, *Scoliopteryx libatrix* et *Pyrois effusa*. D'autres taxons sont à rechercher.

Il n'y a pas d'autres données entomologiques récentes de cette célèbre grotte ariégeoise. Déliot (s.d.) y signale logiquement *Speonomus longicornis*. Il est possible d'y rencontrer aussi *Geotrechus vulcanus* qui existe dans les abords proches notamment à la grotte de la voie ferrée.

ENJEUX ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES

Pour ce volet, l'ensemble du site a été décrit, incluant la partie touristique. Pour rappel, seule la résurgence d'*Aygue naychent* est concernée par ce projet de Réserve (partie non exploitée).

Plusieurs expériences de coloration de l'eau ont été réalisées dans les années 50 (Casteret, Delteil et Mangin) pour confirmer le lien entre la perte de Garre Doumeng et la rivière souterraine de Labouiche (Comités départementaux de spéléologie du Tarn et de l'Ariège, 1981).

Les explorations commencent fin août 1908, par le Dr Dunac et ses fils jusqu'en 1914. En 1925, Joseph Vézian réalise de rapides sondages dans une anfractuosité de la Galerie du Fajal.

Puis en 1935, la grotte est explorée par un jeune dessinateur de la SNCF M. Lagarde. Elle ouvre la voix à Joseph Mandement pour la mise en valeur touristique, poursuivie avec succès par la Société Fermière d'Exploitation de la Rivière souterraine de Labouiche. Plusieurs explorations spéléologiques sont organisées pendant près de 30 ans pour accroitre la longueur connue de la Grande Rivière. De grands explorateurs comme Jeannet, Martel et Casteret sont venus à Labouiche. En 1935, le terminus actuel (voûte mouillante de plus de 20 m de profondeur) est atteint. Louis Méroc fouille la grotte de 1940 à 1943. Le site est classé par décret du 6 septembre 2007.

En 1908, des grattages sommaires sont réalisés dans l'actuelle galerie Dunac. Les découvertes sont données à Eugène Trutat alors directeur du Museum d'histoire naturelle de Toulouse. Voici la liste du mobilier découvert : des poteries gallo-romaines, une moitié de vase à anse de forme curieuses, débris de poteries (Tène ?), de la faune : Bovidé, *Sus scropha*, ruminants, *Ursus speleaus*, cerf, tibia, péroné et calcaneum humains, atlas et trois phalanges humains (Ferlus, 1913). En 1959, Louis Méroc publie en détail, les résultats de ces fouilles archéologiques et paléontologiques dans la grotte (Méroc, 1959).

Les données paléontologiques :

- Plusieurs *Ursus spelaeus* répartis à différents endroits de la grotte,
- Bison ou grand bœuf *urus*,

[54] Surface de terrain faisant l'objet d'une observation, de comptages, de prélèvements

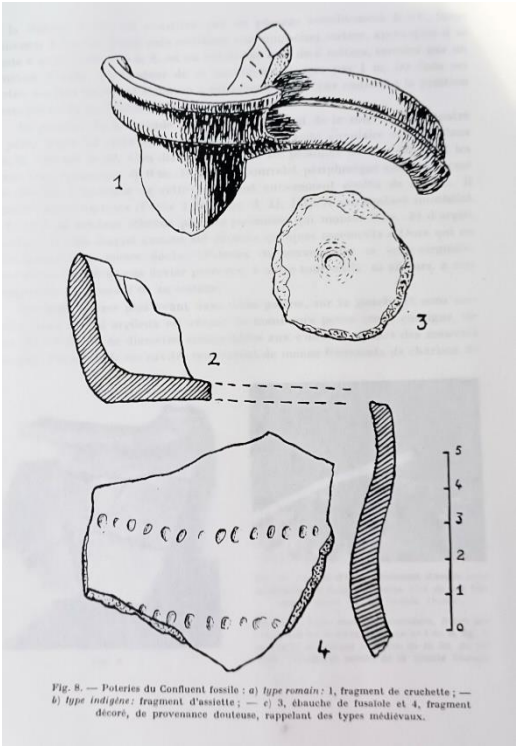


Fig. 8. — Poteries du Confluent fossile : *a*) *type romain* : 1, fragment de cruchette ; — *b*) *type indigène* : fragment d'assiette ; — *c*) 3, ébauche de fusaïole et 4, fragment décoré, de provenance douteuse, rappelant des types médiévaux.

Les données archéologiques :

Louis Méroc est très précis sur les descriptions des stratigraphies. La grotte comprend d'importants niveaux antiques et préhistoriques (magdalénien et moustérien)

Préhistoire (magdalénien) : foyers, charbons, ossements calcinés, industrie lithique, parure, plaquette de grès (dont certaines avec des gravures). Possibles empreintes de doigts humains (haute ancienneté).

C'est une grotte importante pour l'art : bison d'argile et plaquette en grès avec un lion gravé.

Préhistoire (prémoustérien) : mobilier récolté : éclat quadrangulaire en quartzite, vertèbre de Bison ou de grand Bœuf *urus*, os d'ours : gisement prémoustérien déplacé par les eaux

Dessins de fragments de céramiques par Louis Méroc, en 1959.

Antique : deux types de céramiques, indigène (gauloise ?) et romaine, structure, outillage métallique gallo-romaine en bronze, boucle d'oreille, aiguille à chas, à cheveu, serpette maillon de chaine, une urne (dont une avec trois petits bronzes fixés par l'oxydation (Tetricus Père 271-273, Gallien 253/268), assiette, fusaïole, jatte, et grandes jattes, plusieurs monnaies : série de petits bronze (Gallien, Aurélien, Probus, Habrien).

Il mentionne les découvertes faites par Joseph Vézian : ossements humains, fragments de coupe rouge gallo-romaine + un petit bronze de Tétricus II

Site funéraire de la fin du IIIe siècle : le fils Dunac aurait découvert un squelette et des fragments de céramiques gallo-romaines. Louis Méroc confirme la fonction funéraire du site : céramiques antiques, poterie gauloise, anneau de bronze, 4 petits bronzes, mélange d'ossements humains adulte et enfant = sépultures gallo-romaines.

REPONSES AUX ORIENTATIONS DE LA RNNS

VOLET PROTECTION.

Etroitement lié à l'enjeu chiroptère, notamment la fréquentation hivernale non autorisée. En l'état des connaissances, le service régional de l'Archéologie Occitanie devra être consulté avant toute intervention dans ce secteur (aménagements, prélèvements, sondages…).

VOLET CONNAISSANCE.

Étroitement lié à l'enjeu chiroptère, afin de tirer des tendances sur l'occupation de la cavité.

VOLET VALORISATION.

En partenariat avec la partie de la rivière exploitée pour le tourisme (sous réserve de l'accord du gérant), il s'agit d'un « bon exemple pour comprendre le fonctionnement hydrogéologique, l'organisation et l'évolution récente des systèmes karstiques de la région. Le réseau présente des morphologies karstiques quaternaires remarquables. Et du point de vue de la sédimentologie, présence de remplissages fluviatiles antéwürm (Mindel). Pour les géologues, cette formation permet notamment de comprendre l'histoire quaternaire récente de la région en relation avec le creusement de la vallée de l'Ariège » (DREAL Occitanie, 2016).

ANNEXE B.
FICHES ESPECES

Leptoneta convexa

(Simon, 1872)



© Boris Baillat

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Leptonetidae*
Genre : *Leptoneta*

Description

Cette espèce du genre *Leptoneta* est très localisée à l'est de l'Ariège, mais elle est connue en Haute-Garonne par une donnée de 2016 (Danflous, inédit). Elle est endémique des seules Pyrénées françaises et a été décrite de la grotte de Peyort à Prat-Bonrepeaux (localité-type). Elle ne mesure que 2 mm maximum (sans les pattes) et ne possède que 6 yeux, comme toutes les espèces dites « haplogynes » et présentant de fait des appareils génitaux très simplifiés. Seul l'examen de ces derniers au microscope, permet la détermination. L'écologie de ces espèces rappelle celle des *Linyphiidae* ; elles fabriquent une grande toile fine, sous laquelle elles se tiennent à l'affût. La toile reste une des meilleures techniques pour repérer les individus en cavité. Cette espèce n'est connue que de grottes. Elle est donc considérée comme une troglobie, d'où son fort taux d'endémisme. Les conditions hypogées sont très spécifiques et très dures, la nourriture est rare ; son cycle de vie est donc ralenti. Elle ne pond que quelques œufs, et est adulte au bout de plusieurs années. Elle est donc longévive (à l'inverse de beaucoup d'espèces épigées) et tous les stades peuvent s'observer en même temps toute l'année. L'observation de la Haute-Garonne est surprenante et pourrait correspondre à un nouveau taxon très proche. De-même, une sous-espèce décrite de la rivière souterraine d'Aulot, serait sans doute à mettre en synonymie étant donné la récolte de matériel identique au type de l'espèce.

Statuts

Espèce endémique pyrénéenne ☑
Troglobie ☑
ZNIEFF Occitanie ☑
Liste rouge : NT (Quasi-menacée)

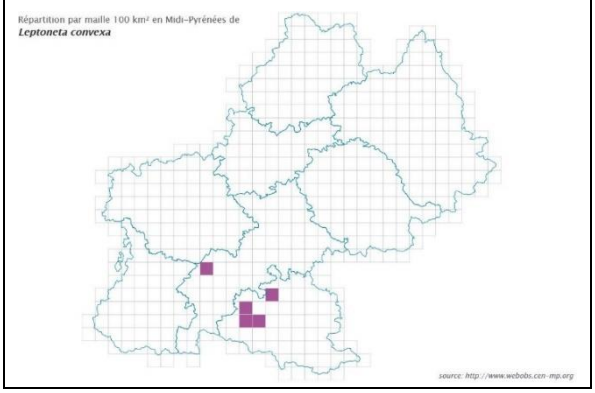
Fréquence et représentativité

En l'état actuel de nos connaissances, l'espèce n'est connue que de 10 sites aux alentours de Staint-Girons, avec une donnée excentrée vers le Mas-d'Azil. 3 grottes de la Réserve naturelle accueillent l'espèce.

Remarques

Dans une cavité la surfréquentation (piétinement, appui sur paroi…) tend à détruire systématiquement les toiles minuscules et à faire reculer les individus dans les recoins inaccessibles.

Répartition



Leptoneta infuscata

(Simon, 1872)



© Samuel Denflous

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Leptonetidae*
Genre : *Leptoneta*

Description

C'est l'espèce du genre *Leptoneta* la plus commune en Ariège, mais elle est connue de Haute-Garonne et depuis peu des Hautes-Pyrénées (Déjean, et al., 2019). Elle est endémique des Pyrénées, aussi bien françaises qu'espagnoles. Elle a été décrite dans la grotte de Neuf-Fonts à Aulus. Elle ne mesure que 2 mm maximum (sans les pattes) et ne possède que 6 yeux, comme toutes les espèces dites « haplogynes » et présentant de fait des appareils génitaux très simplifiés. Seul l'examen de ces derniers au microscope, permet la détermination. L'écologie de ces espèces rappelle celle des *Linyphiidae* ; elles fabriquent une toile très fine, quasi invisible. *L. infuscata* peut se trouver aussi sous les pierres. La toile reste une des meilleures techniques pour repérer les individus en cavité. Cette espèce sort volontiers des grottes, pour coloniser des habitats d'écologie similaires (forêts sombres et humides, éboulis profonds, fonds de ravins…) avec une obscurité constante, une forte hygrométrie et une température stable. Dans ces conditions très spécifiques et très dures, la nourriture est rare ; son cycle de vie est donc ralenti. Elle ne pond que quelques œufs, est adulte au bout de plusieurs années, elle est donc longévive (à l'inverse de beaucoup d'espèces épigées) et tous les stades peuvent s'observer en même temps toute l'année. La systématique de cette espèce évolue avec l'amélioration des connaissances ; en effet elle était citée comme habitant les grottes des Pyrénées-Orientales et de l'Hérault jusque-là, or c'est un autre taxon qu'il faut désormais attribuer à cette population méditerranéenne : *Leptoneta minos* (Déjean et al., 2019).

Statuts

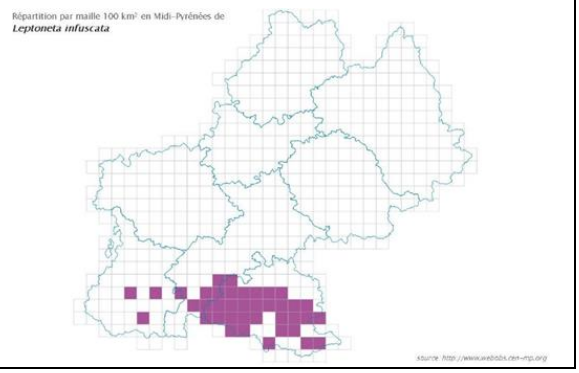
Espèce endémique pyrénéenne ☑

Troglophile ☑

Fréquence et représentativité

La population bien qu'endémique est largement répartie sur les Pyrénées, mais centrée principalement sur l'Ariège. Elle peut coloniser des biotopes autant endogés qu'hypogés.

Répartition



Meta menardi

(Latreille, 1804)



© Sylvain Déjean

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Tetragnathidae*
Genre : *Meta*

Description

Appelée communément «Méta de grottes», cette espèce est de grande taille, pouvant atteindre 15 mm de corps sans les pattes. Elle est très commune dans les entrées de cavités de tous types (grotte, mine, souterrain, cave, cavité d'arbre, éboulis,...). Elle est bien connue des adeptes de la spéléologie, et en effraie certains.

On trouve à certaines époques ses gros cocons blancs pendants du plafond, qui protègent les oeufs. Si les conditions d'obscurité et d'humidité sont optimales, elle peut être très abondante, mais elle ne s'enfonce jamais profondément. Elle se nourrit de moustiques, papillons et autres insectes qui se réfugient eux aussi aux entrées des cavités de manière temporaire. Cette espèce est très répandue partout en France et même en Europe. Son caractère troglophile lui permet de coloniser tous les droits sombres et humides.

Elle tisse une toile géométrique plutôt horizontale sous laquelle elle se tient ; dérangée, elle se réfugie tranquillement contre la paroi. Une espèce proche *Meta bourneti*, possède des couleurs plus unies et les pattes non annelées, mais les deux espèces peuvent vivre dans la même cavité.

Statuts

Espèce à large répartition ☑
Troglophile ☑

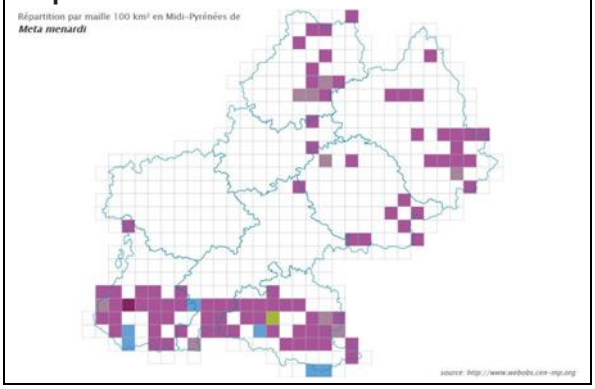
Fréquence et représentativité

L'espèce est observée dans quasiment toutes les grottes d'Ariège et des Pyrénées ; c'est son habitat de prédilection dans 90% des cas, même si elle peut coloniser des sites anthropiques.

Remarques

Cette espèce commune a des capacités d'adaptations à la vie épigée. Elle représente un élément de biodiversité mais pas en enjeu patrimonial pourla Réserve naturelle.

Répartition



Metellina merianae

(Scopoli, 1763)



© Boris Baillat

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Tetragnathidae*
Genre : *Metellina*

Description

Appelée aussi «Méta des terriers», c'est une espèce de taille moyenne à grande (entre 5 et 8 mm). Toutes les classes d'âge sont représentées au sein d'une même population. L'espèce est systématiquement localisée à l'entrée des grottes dans les 3 premiers mètres. C'est une espèce troglophile qui ne recherche pas l'obscurité totale, mais des endroits sombres et humides, par conséquent on la trouvera aussi à l'extérieur des grottes, dans les forêts, en bord de ruisseau, ... Cette espèce est largement répartie en France et en Europe. Elle tisse une toile orbiculaire, plutôt verticale au centre de laquelle elle se tient à l'affût de toutes proies volantes, qui voudraient se réfugier dans la cavité. Elle fait partie du cortège arachnologique classique de toutes les grottes un peu humides.

Il existe une variété appelée « *celata* » qui présente une ornementation particulière avec un abdomen noir traversé d'une bande dorsale dorée.

Statuts

Espèce à large répartition ☑

Troglophile ☑

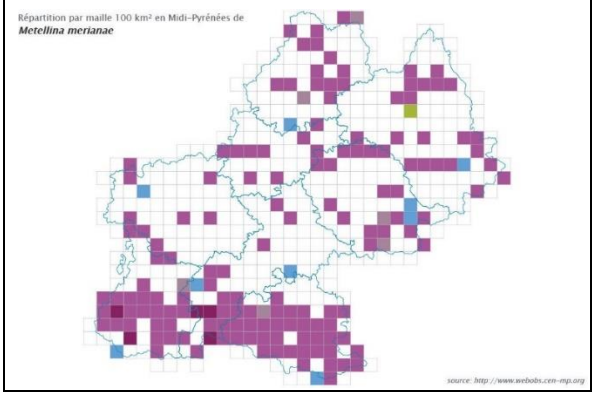
Fréquence et représentativité

L'espèce est observée dans quasiment toutes les grottes d'Ariège et des Pyrénées ; c'est son habitat de prédilection dans 90% des cas, même si elle peut coloniser des sites anthropiques.

Remarques

L'espèce a des capacités d'adaptation à la vie épigée. Elle représente un élément de biodiversité mais pas en enjeu patrimonial pour la RNNS.

Répartition



Palliduphantes cernuus

(Simon, 1884)



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Palliduphantesa*

Description

C'est une petite espèce de 2 mm maximum, qui construit une petite toile en nappe sous laquelle elle se tient. L'espèce est connue sur toute la chaîne des Pyrénées aussi bien en France qu'en Espagne. Elle est citée de Corse dans la bibliographie (Simon, 1884 ; 1929), mais serait à vérifier. Aucune donnée récente ne la mentionne de l'Ile de beauté ce qui serait étonnant vu sa répartition actuelle. C'est une espèce troglophile régulière mais non systématiquement cavernicole. Comme beaucoup d'espèces, elle recherche des conditions de forte hygrométrie et de semi-obscurité. On la retrouve ainsi dans les mousses humides, les bords de ruisseaux, prairies humides denses, tourbières, ...

Statuts

Espèce pyrénéenne (et Corse ?) ☑

Troglophile occasionnelle ☑

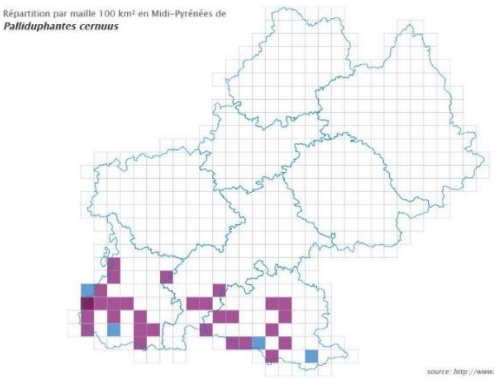
Fréquence et représentativité

L'espèce est connue de 3 grottes en Ariège, toutes comprises dans le périmètre de la Réserve naturelle. L'espèce reste occasionnelle en cavité.

Remarques

Cette espèce pyrénéenne est presque plus commune dans son habitat de prédilection, soit les zones humides. Cependant, devant le déclin généralisé de ces dernières, le milieu hypogé représente un refuge à priori plus pérenne.

Répartition



Tenuiphantes zimmermanni

(Bertkau, 1890)



©Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Tenuiphantes*

Description

C'est une espèce assez grande pour la famille des *Linyphiidae*, qui peut mesurer jusqu'à 3 mm pour les plus grosses femelles. Elle construit une petite toile en nappe sous laquelle elle se tient : caractéristique éthologique de la famille. L'espèce est largement répandue en Europe. C'est une espèce troglophile selon Mammola *et al*. (Mammola, et al., 2019), ou plutôt hygrophile et sciaphile non systématiquement cavernicole, mais qui en recherchant des conditions de forte hygrométrie et de semi-obscurité se retrouve fréquemment dans les grottes. On la retrouve ainsi dans la litière, sous les pierres, les mousses humides, les bords de ruisseaux, les prairies humides denses, les tourbières, ...

Statuts

Troglophile occasionnelle ☑

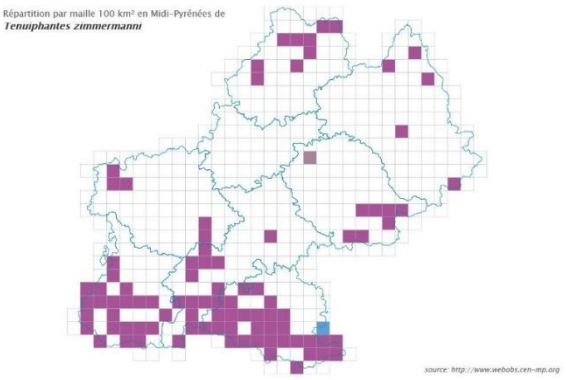
Fréquence et représentativité

En Midi-Pyrénées, elle est plus fréquente en massif montagnard ou dans les forêts. Elle est bien connue et très présente sur la chaîne des Pyrénées. En Ariège, 20% des données sont issues de grotte et 40% en sous-bois forestier.

Remarques

Cette espèce commune est largement répartie et non strictement cavernicole.

Répartition



Troglohyphantes marqueti

(Simon, 1884)



© Sylvain Déjean

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Troglohyphantes*

Description

C'est une des espèces les plus grandes de sa famille avec ses 3 mm de corps et des pattes fines et longues. Comme toutes les espèces de la famille des *Linyphiidae*, elle tisse une toile fine en nappe, sous laquelle elle se tient à l'affût. Elle fait partie d'un genre cantonné aux Pyrénées, aux Alpes et au Massif central en France avec des espèces strictement endémiques de région précises au sein de ces périmètres. C'est une espèce troglophile, qui peut sortir des grottes pour trouver refuge dans des micro-habitats aux conditions stationnelles similaires, en situation endogée : dans les éboulis, sous les grosses pierres, toujours assez profondément. Les individus qui vivent en extérieur ont une couleur plus foncée (individus mélaniques), ceux trouvés dans les cavités sont toujours plus pâles avec un léger dessin abdominal. Dans la région, elle est donc connue uniquement de la partie Ouest de l'Ariège jusqu'aux Pyrénées-Atlantiques. Vers l'Est elle est remplacée par une autre espèce *T. orpheus*, dans des conditions plus « thermophiles ». Ces deux espèces se répartissent donc sur la chaîne des Pyrénées, mais d'autres espèces sont présentes en sympatrie, mais avec un micro-endémisme.

Statuts

Espèce endémique pyrénéenne ☑

Troglophile ☑

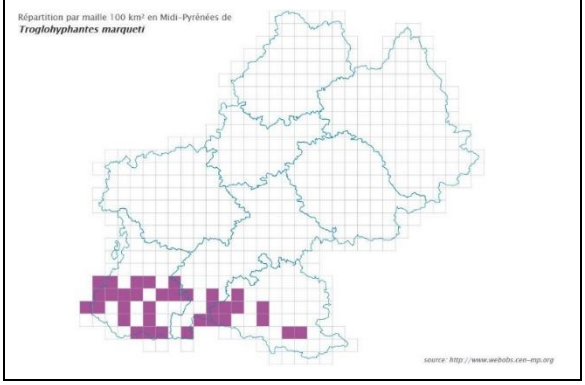
Fréquence et représentativité

La moitié des données ariégeoises ont été faites en grotte, le reste en milieux endogés, voire épigés. L'espèce montre des populations toujours denses au sein de son aire de répartition.

Remarques

Cette espèce peut se réfugier dans ces conditions endogées, mais dans une cavité surfréquentée, le piétinement, les appuis réguliers sur paroi, engendrent la destruction systématique de ses toiles minuscules et fait reculer les individus dans les recoins inaccessibles ; ce constat est bon pour toutes les araignées « cavernicoles ».

Répartition



Leptoneta sp.1



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Leptonetidae*
Genre : *Leptoneta*

Description

Plusieurs espèces du genre *Leptoneta* peuplent les grottes d'Ariège. Dans le secteur de Moulis, on peut trouver plusieurs espèces en sympatrie dans un secteur géographique, voire au sein d'une même grotte. Dans la grotte de Sendé ou d'Aubert, sont déjà connues *L. infuscata* et *L. convexa*, mais un individu morphologiquement différent a été capturé (Ponel, obs. pers.). L'examen microscopique montre clairement une différence des organes génitaux de cet unique mâle, spécifiquement au niveau de l'apophyse tibiale qui permet la distinction des mâles de ce genre. Deux hypothèses s'imposent dorénavant : il pourrait s'agir soit, d'une nouvelle espèce non décrite, endémique de cette grotte et qui devra donc être décrite, soit d'un individu anormal, montrant une aberration génétique entraînant une malformation des seuls organes sexuels. Avec un seul individu, il est impossible de trancher, mais malgré de nouvelles recherches aucun autre individu similaire n'a encore été capturé. La proximité avec l'apophyse de *L. infuscata*, plaiderait cependant pour la deuxième hypothèse... Des études génétiques, en cours, nous aiderons peut-être à répondre à cette question.

Statuts

Espèce endémique pyrénéenne ☑

Troglophile voire troglobie ☑

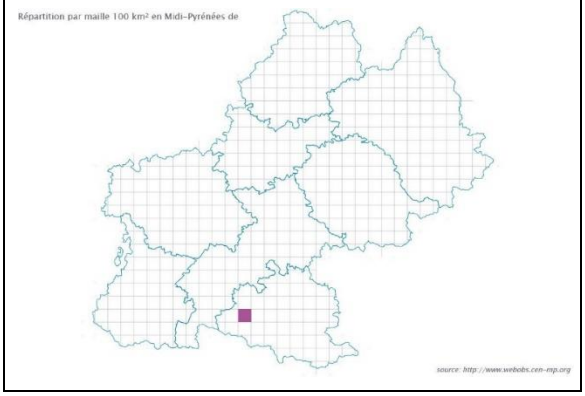
Fréquence et représentativité

S'il s'avère que ce soit une nouvelle espèce elle serait strictement cantonnée à la grotte de Sendé, (ce qui en ferait sa localité-type), en de très faibles effectifs, engendrant un enjeu patrimonial fort.

Remarques

La grotte a été très visitée par le passé et malgré un Arrêté de Protection de Biotope, qui réglemente son accès, elle reste très fréquentée et le piétinement ou les appuis réguliers sur paroi, engendrent la destruction systématique de ses toiles minuscules et fait reculer les individus dans les recoins inaccessibles.

Répartition



Leptoneta microphthalma

(Simon, 1872)



© Boris Baillat

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Leptonetidae*
Genre : *Leptoneta*

Description

C'est sûrement la plus grosse espèce du genre avec environ 3 mm de corps. L'espèce a été décrite de la grotte de l'Estélas sur la commune de Cazavet, qui abrite une des plus grosses populations. L'espèce est endémique de l'est de l'Ariège et de l'ouest de la Haute-Garonne, systématiquement trouvée en grotte. Son aire de distribution représente environ 160 km² et s'étend du massif d'Arbas au Sourroque.

Elle montre des signes évidents d'adaptation à la vie souterraine avec des pattes très longues et fines, une dépigmentation notable et une absence quasi-totale d'yeux. Des données récentes la mentionnent aussi dans les MSS (milieu souterrain superficiel), sûrement par lesquels elle a pu coloniser les milieux souterrains proches.

Statuts

Espèce micro-endémique des Pyrénées ☑

Troglobie ☑

ZNIEFF Occitanie ☑

Liste rouge : NT (Quasi-menacée)

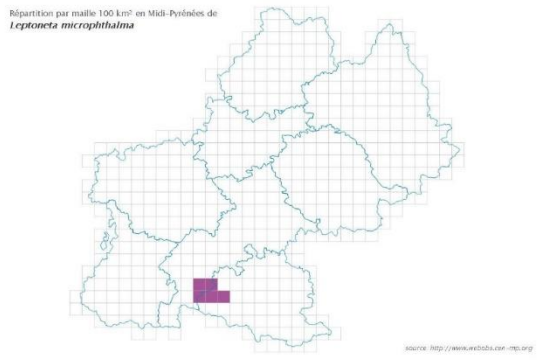
Fréquence et représentativité

L'espèce est connue de 6 sites en Ariège, dont 1 MSS. Seuls 3 sont concernés par le projet de réserve naturelle.

Remarques

Son micro-endémisme lui vaut son statut de menace, évalué dans la Liste rouge nationale.

Répartition



Birgerius microps

(Simon, 1911)



© Sébastien Cally

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Birgerius*

Description

L'espèce est de très petite taille, puisque la femelle dépasse à peine 1 mm de corps. Seule sa couleur orangée permet de la repérer à vue, mais non sans difficulté, généralement sous les pierres humides dans les grottes. Des données récentes la mentionnent dans des milieux souterrains superficiels (MSS) dans les Pyrénées-Atlantiques, mais aussi en Ariège (Déjean com. pers). L'espèce est cependant cavernicole stricte, elle est donnée comme troglobie par Mammola *et al.* (Mammola, et al., 2018). Le genre *Birgerius* a été créé en 1973 (Saaristo, 1973) et demeure monospécifique actuellement. La localité-type de l'espèce est la grotte de Malarnaud située à Montseron, où l'espèce a été découverte en 1909 (Simon, 1911), mais n'y a pas encore été retrouvée. Elle est endémique des Pyrénées françaises et Espagnoles.

Statuts

Espèce endémique pyrénéenne ☑

Troglobie ☑

ZNIEFF Occitanie ☑

Liste rouge : NT (Quasi-menacée)

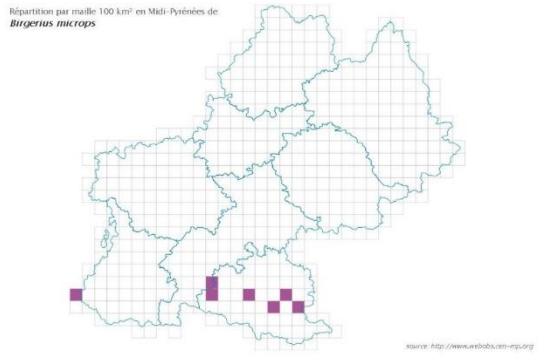
Fréquence et représentativité

Même si sa taille engendre un biais d'observation, elle est toujours peu fréquente avec des populations d'individus peu denses. L'espèce est signalée de Malarnaud et Aurouze, sans y avoir été revue. On note à l'inverse, 3 nouvelles localités pour l'espèce en Ariège (Déjean com. pers.). Elle est connue de 6 cavités en Ariège et 1 MSS. Parmi ces sites, 6 sont concernés par le projet de réserve naturelle.

Remarques

L'espèce recherche des grottes avec une forte hygrométrie, présentant de nombreuses pierres. Des modifications micro- climatiques (température, hygrométrie, ventilation) pourraient lui être préjudiciables.

Répartition



Centromerus ictericus

(Simon, 1929)



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Centromerus*

Description

C'est une espèce assez « grande » pour sa famille, puisque la femelle atteint 2.5 mm de long. Elle a été décrite de la grotte de l'Ours à Bagnère-de-Bigorre dans les Hautes-Pyrénées (Simon, 1929) uniquement sur la découverte de la femelle. Elle y a été retrouvée sous les pierres dans les forêts denses et sombres de montagne. En Ariège, elle n'est pour l'heure connue que de grotte ou de MSS.

L'espèce a été découverte en Ariège en 2013 et le mâle a été décrit à cette occasion (Bosmans, et al., 2015) de la grotte de Payssa à Salsein. Sa découverte a permis de réviser sa systématique et de la transférer du genre *Lepthyphantes* au genre *Centromerus* avec en plus un jeu de synonymie.

L'espèce est clairement troglophile et se trouve au ras du sol parmi les pierres (en grotte) ou sous les pierres en forêt (endogée) où elle tisse une petite toile. Les populations cavernicoles peuvent parfois être denses avec plusieurs dizaines d'individus (Déjean com. pers.).

Statuts

Espèce endémique pyrénéenne ☑

Troglophile ☑

ZNIEFF Occitanie ☑

Liste rouge : NT (Quasi-menacée)

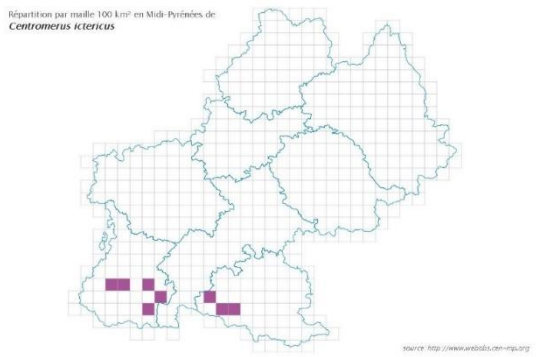
Fréquence et représentativité

En Ariège l'espèce n'est connue que de 4 sites, dont 3 grottes et 1 MSS. Deux de ces sites sont concernés par le projet de réserve naturelle.

Remarques

Malgré sa capacité à coloniser les micro-habitats extérieurs, les populations sont rares etlocalisées ; on ne connaît pas précisément ses exigences écologiques.

Répartition



Chorizomma subterraneum

*(*Simon, 1872)



© Sylvain Déjean

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Hahniidae*
Genre : *Chorizomma*

Description

Cette espèce est une des rares représentantes de la famille des *Hahniidae* en cavité ; elle est assez massive et dépasse les 3 mm. La systématique de cette espèce est très fluctuante, étant régulièrement transférée d'une famille à l'autre. Aucune localité-type précise n'a pu être retrouvée dans les ouvrages qui décrivent l'espèce (Simon, 1872 ; 1875), mais il est mentionné systématiquement « dans les grottes d'Ariège ».

L'espèce n'est malgré tout pas endémique du département, mais du sud-ouest de la France remontant jusqu'au Lot-et-Garonne où elle est aussi connue de cavités.

L'espèce est originale de part son organisation oculaire ne présentant que 6 yeux au lieu de 8, pour cette espèce faisant partie des entélégynes. Cette réduction oculaire est sans aucun doute liée à son mode de vie endogée et donc cavernicole ponctuellement.

Statuts

Espèce endémique du sud-ouest ☑
Troglophile ☑

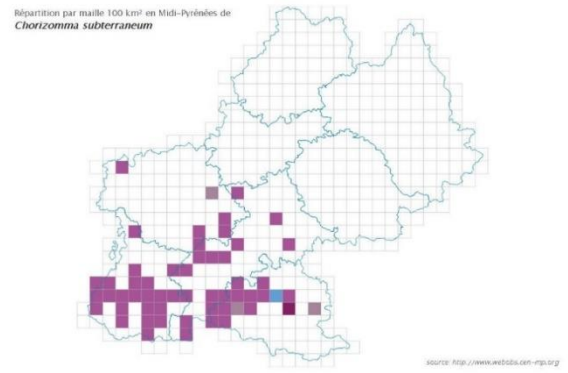
Fréquence et représentativité

50% des nombreuses données de cette espèce ont été faites en grotte ou milieux apparentés. Les autres ont été faites en sous-bois forestier, mines ou MSS, essentiellement en montagne. L'espèce est connue pour le moment d'au moins 7 cavités concernées par le projet de réserve naturelle.

Remarques

L'espèce est commune dans son aire de répartition et montre une capacité de coloniser des habitats extérieurs.

Répartition



Eratigena inermis

(Simon, 1870)



© Sylvain Déjean

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Agelenidae*
Genre : *Eratigena*

Description

C'est une grande espèce approchant les 1.5 cm de corps mais d'une grande envergure avec les pattes. Les *Agelenidae* construisent, la plupart du temps, de grandes toiles en nappe de 30 cm voire plus, au sol ou sur une paroi avec recoins ou autres concrétions qui peuvent servir d'ancrage. L'araignée est souvent à l'abri dans sa retraite, de laquelle elle sort la nuit. L'espèce troglophile se rencontre plutôt au niveau des entrées sombres des cavités, mais certains individus s'aventurent parfois bien plus profondément dans les grottes plus sèches, où ils s'observent sur les parois loin de leur toile. L'espèce est dite comme endémique Pyrénéo- Cantabrique. Elle est de fait non rare sur la chaîne des Pyrénées, mais s'observe aussi à l'extérieur des grottes, dans des milieux édaphiquement proches : sous les pierres, souches, écorces, éboulis, cavités d'arbres, ...
D'autres espèces partagent les entrées de grottes avec elle, mais elle est largement dominante dans la dition et se reconnaît aisément à son habitus (dessin de l'abdomen) caractéristique.

Statuts

Espèce endémique pyrénéenne ☑

Troglophile ☑

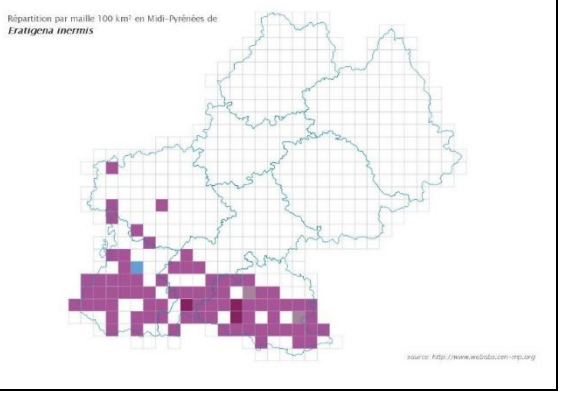
Fréquence et représentativité

50% des nombreuses données de cette espèce ont été faites en grotte ou milieux apparentés. Les autres ont été faites en sous-bois forestier essentiellement en piémont et montagne. L'espèce est connue pour le moment d'au moins 10 cavités concernées par le projet de réserve naturelle et est potentiellement présente partout.

Remarques

Cette espèce très commune dans son aire de répartition et montre des capacités de colonisation des habitats extérieurs.

Répartition



Meta bourneti

(Simon, 1922)



© Sylvain Déjean

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Tetragnathidae*
Genre : *Meta*

Description

Cette espèce de grande taille peut atteindre 15 mm de corps sans les pattes. Elle est assez commune dans les entrées de cavités. Elle préfère des sites plus secs que *M. menardi*. Elles sont toutes les deux bien connues des adeptes de la spéléologie, même si souvent confondues. On trouve ses gros cocons blancs pendants du plafond, qui protègent les oeufs. Si les conditions d'obscurité et d'humidité sont optimales, elle peut être très abondante, mais elle ne s'enfonce jamais trop profondément. Comme sa cousine, elle se nourrit de moustiques, papillons et autres insectes qui se réfugient eux aussi aux entrées de cavités de manière temporaire. Cette espèce est très répandue partout en France et même en Europe, mais on note dans sa répartition des affinités plus méridionales. Son caractère troglophile lui permet de coloniser tous les droits sombres et humides.

Elle tisse une toile géométrique plutôt horizontale sous laquelle elle se tient ; dérangée, elle se réfugie tranquillement contre la paroi. L'espèce proche *Meta menardi*, possède des couleurs plus unies, jaunâtres et des non pattes annelées, mais les deux espèces peuvent vivre dans la même cavité.

Statuts

Espèce à large répartition ☑

Troglophile ☑

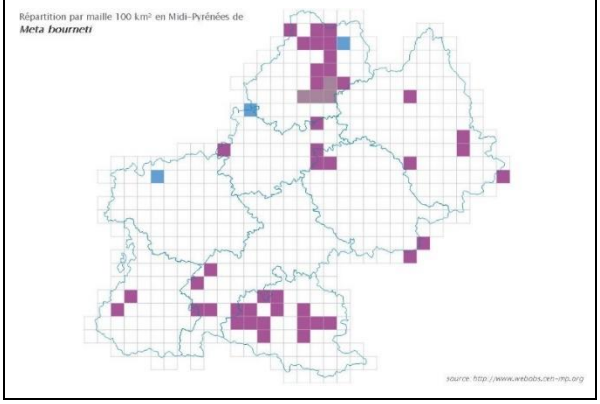
Fréquence et représentativité

L'espèce est observée dans certaines cavités sèches d'Ariège et reste plus rares vers l'ouest des Pyrénées ; elle est 3 fois plus rare que sa cousine, plus hygrophile. Les grottes sont cependant son habitat de prédilection dans 99% des cas, même si elle peut coloniser des sites anthropiques.

Remarques

Cette espèce commune montre des capacités d'adaptations à la vie épigée. Elle représente un élément de biodiversité mais pas en enjeu patrimonial pour la réserve naturelle.

Répartition



Nesticus cellulanus

(Clerck, 1758)



© Boris Baillat

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Nesticidae*
Genre : *Nesticus*

Description

C'est l'unique représentante de cette famille dans le département de l'Ariège. Une autre espèce habite des grottes du pourtour méditerranéen et d'autres taxons existent du côté espagnol. La famille est clairement troglophile avec aussi des espèces troglobies, dont certaines ont été décrites récemment en Espagne, au gré de nouvelles découvertes (Ribera, 2018).
L'espèce est de taille moyenne (4 à 5 mm) avec des pattes assez longues. Ses pattes annelées et sont corps tacheté lui permettent de se confondre avec les parois sur lesquelles on la trouve régulièrement. Elle fabrique une toile désordonnée dans quelques interstices, mais se trouve aussi sous les pierres.

Elle est caractérisée comme troglophile au vu de ses exigences écologiques (Mammola, et al., 2018) mais a une très large répartition européenne. Elle affectionne en plus des grottes, les milieux sombres et humides (pierres en forêt, mousses, tourbières, zones humides...).

Statuts

Espèce à large répartition ☑
Troglophile ☑

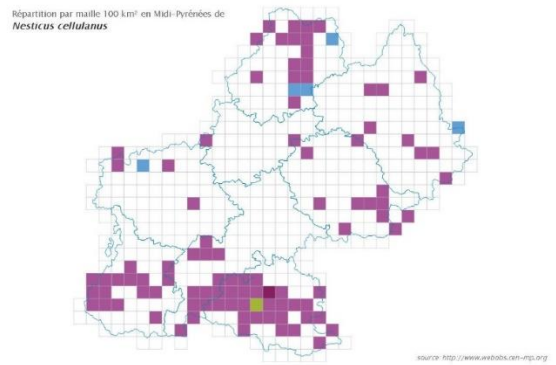
Fréquence et représentativité

En Ariège, les données recueillies montrent une présence en grotte à 90%, le reste étant des sous-bois ou des berges de cours d'eau. 16 sites concernés par la réserve naturelle abritent cette espèce.

Remarques

C'est une espèce commune à la large répartition et aux capacités d'adaptations à la vie épigée. Elle représente un élément de biodiversité mais pas en enjeu patrimonial pour la réserve naturelle.

Répartition



Troglohyphantes orpheus

(Simon, 1884)



© Sylvain Déjean

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Troglohyphantes*

Description

C'est une espèce d'assez grande taille (2 à 2.5 mm) aux pattes fines et longues. Comme toutes les espèces de la famille des Linyphiidae, elle tisse une toile fine en nappe, sous laquelle elle se tient à l'affût. Elle fait partie d'un genre cantonné aux Pyrénées, aux Alpes et au Massif central en France avec des espèces strictement endémiques de région précises au sein de ces périmètres. C'est une espèce troglophile, qui ne s'observe que très rarement à l'extérieur des grottes, en situation endogée comme dans les éboulis. Dans la région, elle est cantonnée à la partie Est de l'Ariège jusqu'à l'Aude, département au sien duquel elle a été décrite et à l'est des Pyrénées-Orientales. Vers l'Ouest elle est remplacée par une autre espèce : *T. marqueti*. Ces deux espèces se répartissent donc sur la chaîne des Pyrénées, mais d'autres espèces sont présentes en sympatrie, mais avec un micro-endémisme.

Statuts

Espèce endémique pyrénéenne ☑

Troglophile ☑

ZNIEFF Occitanie ☑

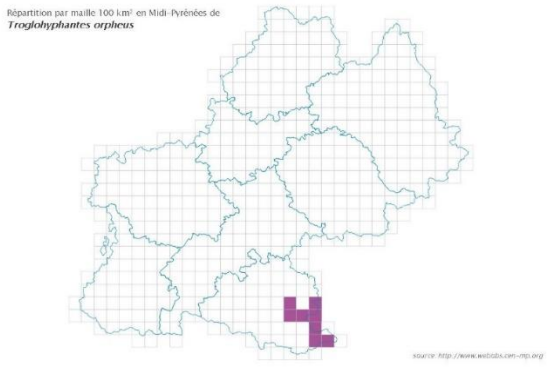
Fréquence et représentativité

L'espèce est commune dans les grottes dans son aire de répartition. Dans le projet de réserve seule une grotte vers Fougax-et-Barrineuf, héberge l'espèce.

Remarques

Cette espèce fait partie d'un groupe apparenté à certaines espèces des Alpes et à l'espèce endémique du Causse de Gramat (Lot). Un autre taxon, du même groupe, plus grand, vient d'être découvert en Espagne et reste à décrie, en continuité de la population française, c'est donc aussi une originalité génétique.

Répartition



Troglohyphantes sp. nov.



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Troglohyphantes*

Description

C'est une espèce d'assez grande taille (2 à 2.5 mm) aux pattes fines et longues. Elle fait partie de la famille des *Linyphiidae*, elle tisse donc aussi une toile fine en nappe, sous laquelle elle se tient à l'affût. Deux espèces à large répartition se répartissent sur la chaîne des Pyrénées, avec *T. marqueti* de l'ouest de l'Ariège à l'Atlantique, et *T. orphéus* de l'est de l'Ariège aux Pyrénées- Orientales.

Cette espèce a été découverte en 2014 par H. Brustel à la grotte du Trapech. Elle semble dominer le cortège troglophile car aucune autre espèce du genre n'y a été capturée. Depuis sa découverte, l'espèce a été mentionnée dans d'autres cavités, vers Seix et Balaguères. L'espèce est en cours de description.

Statuts

Espèce endémique pyrénéenne ☑

Troglophile voire troglobie ☑

Nouveau taxon pour la science ☑

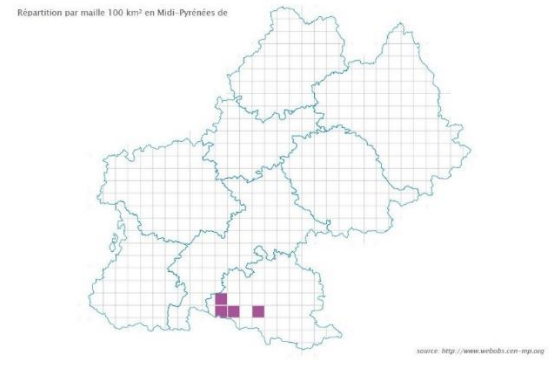
Fréquence et représentativité

Seules les populations du Trapech et du gouffre de la Peyrère sont bien connues et l'espèce est commune dans ces cavités. Les autres données sont plus ponctuelles et les récoltes n'ont permis de récolter que de rares individus. Deux des quatre cavités où a été notée l'espèce, sont comprises dans le projet de réserve naturelle.

Remarques

Vue la récente découverte de l'espèce, sa répartition est encore mal connue. Il se peut que des captures anciennes d'individus du même genre, aient pu être mal déterminées. Encore beaucoup de recherches restent à faire sur ce taxon. Une révision du genre est en cours sur la chaîne des Pyrénées avec des collègues espagnols.

Répartition



Porrhomma convexum

(Westring, 1851)



1©Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Porrhomma*

Description

Plusieurs espèces du genre *Porrhomma* peuplent les grottes d'Ariège, mais n'ont pas un caractère endémique. Étonnamment, elles ont une large répartition européenne, malgré leur affinité troglophile. De taille correcte, 2 à 2.5 mm, pour cette famille regroupant de petites espèces, elle est plus ramassée et aux pattes plus courtes que le genre *Troglohypantes*. Elles tissent des toiles bien plus petites, à l'occasion d'une anfractuosité, un recoin ou sous les pierres, où on les trouve le plus souvent. Elles recherchent des conditions d'hygrométrie assez fortes. *P. convexum* n'est pour l'heure pas connue en dehors des grottes sur les Pyrénées en région Occitanie, mais a été capturée en bord de ruisseau ombragé dans les Pyrénées-Atlantiques (Nouvelle-Aquitaine). Elle ne présente pas d'adaptation à la vie souterraine, contrairement à *P. egeria* (cf. fiche).

Statuts

Espèce à large répartition ☑

Troglophile ☑

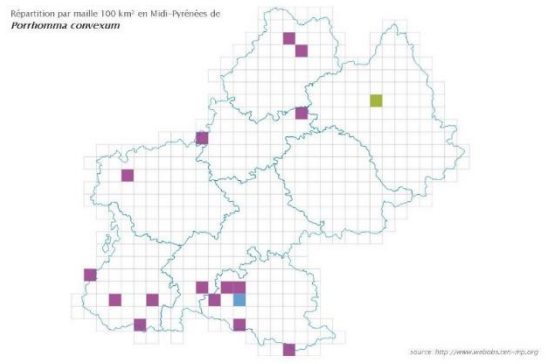
Fréquence et représentativité

L'espèce est présente sur toute la chaîne des Pyrénées et plus largement dans le nord de la région. Elle semble éviter la région méditerranéenne où les grottes sont souvent plus sèches et donc moins propices. Elle est connue d'au moins deux cavités comprises dans le projet de réserve et ses populations au sein de cavités peuvent être très variables en effectifs.

Remarques

Ailleurs sur le territoire français, les cavités restent omniprésentes parmi ses habitats de prédilection, mais elle peut être trouvée dans des conditions similaires d'hygrométrie et d'obscurité (bord d'étang, ruisseau, mousses, ...).

Répartition



Porrhomma egeria

(Simon, 1884)



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Porrhomma*

Description

Plusieurs espèces du genre *Porrhomma* peuplent les grottes d'Ariège, mais n'ont pas de caractère endémique. Elles sont troglophiles mais ont une large répartition européenne.

L'espèce *P. egeria* peut dépasser les 2.5 mm. Elle est plus ramassée et aux pattes plus courtes que d'autres espèces troglophiles mieux adaptées. L'espèce tisse des toiles plus petites et se trouve souvent sous les pierres. Cette espèce montre une réduction significative des yeux, ce qui accentue ses exigences écologiques. L'espèce est donc hypogée ou endogée. En Midi-Pyrénées, une seule capture a été réalisée en sous-bois de hêtraie en montagne, les autres ont été faites exclusivement en grottes ou en cavités artificielles. Ces espèces sont généralement peu colorées ; *P. egeria* présente parfois des spécimens très dépigmentés.

Statuts

Espèce à large répartition ☑

Troglophile ☑

ZNIEFF Occitanie (en dehors de la zone pyrénéenne) ☑

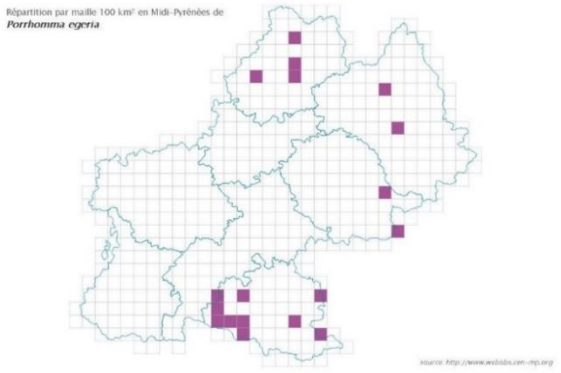
Fréquence et représentativité

L'espèce est connue de 11 grottes en Ariège, dont 2 sont intégrées dans le projet de réserve. Ses populations au sein des cavités peuvent être très denses si les conditions d'hygrométrie sont bien présentes. De fait, elle est rare sur la partie méditerranéenne.

Remarques

Si dans le nord de la France cette espèce peu se contenter de conditions moins strictement troglophiles, dans le sud c'est son principal habitat. Cependant, elle peut coloniser un large territoire avec ses facultés à survivre en surface (MSS), d'où sa répartition européenne.

Répartition



Saaristoa abnormis

(Blackwall, 1841)



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Linyphiidae*
Genre : *Saaristoa*

Description

Encore un représentant de la très riche famille des Linyphiidae. Elle mesure jusqu'à 3 mm. Ce genre est peu diversifié avec une seule autre espèce connue du Massif central en Occitanie, donc beaucoup plus rare, mais d'écologie proche : *S. firma*.

S. abnormis n'est pas une cavernicole troglophile, mais plutôt une espèce forestière hygro-sciaphile. De fait, on ne la trouvera en Occitanie, que dans les massifs montagneux (absente de plaine) où le taux d'hygrométrie y est assez constant. Cette écologie lui permet de coloniser certaines grottes humides, jamais trop profondément. L'espèce a une large répartition européenne et est assez commune dans son habitat. Elle ne présente pas d'adaptation marquée à la vie souterraine et arbore même une couleur orangée très vive sur des individus vivants.

Statuts

Espèce à large répartition ☑

Troglophile occasionnelle ☑

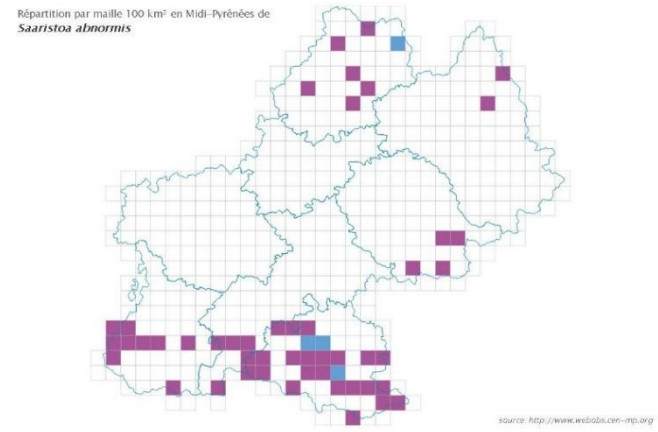
Fréquence et représentativité

L'espèce est connue de 12 grottes en Ariège, dont la plupart sont concernées par le projet de réserve. L'espèce se trouve toujours en faibles effectifs et les mâles sont très rarement capturés.

Remarques

Par son écologie l'espèce est quasi absente de la zone méditerranéenne et affectionne des grottes humides. Dans les départements plus thermophiles comme le Lot, les cavités représentent cependant son habitat principal.

Répartition



Robertus mazaurici

(Simon, 1901)



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Theridiidae*
Genre : *Robertus*

Description

C'est une des rares espèces cavernicoles à appartenir à la famille des *Theridiidae*. Le genre *Robertus* comprend des espèces trapues aux pattes fortes et *R. mazaurici* ne déroge pas à cette règle. Décrite de la grotte du Trabuc dans les Cévennes gardoises, l'espèce arrive en Ariège à sa limite ouest de répartition. Les premières données sont faites par Denis (1961) mais sous le nom de *Robertus umbilicatus*, qui sera mis en synonymie plus tard. Elle a été découverte dans la vallée du Laurenti et dans la Mine d'Anglade, où elle n'a pas été retrouvée à ce jour. Plus tard, elle sera notée de la grotte de la Fage au Mas d'Azil (1967) où elle a été revue en 2014.
L'espèce affectionne les parties humides des grottes, mais s'adapte aussi aux zones endogées, tels que les éboulis, ruisseau asséché, hêtraie sous les pierres...
Enfin, à ce jour, l'espèce n'est connue que de France, et récemment de Suisse.

Statuts

Troglophile ☑
ZNIEFF Occitanie ☑

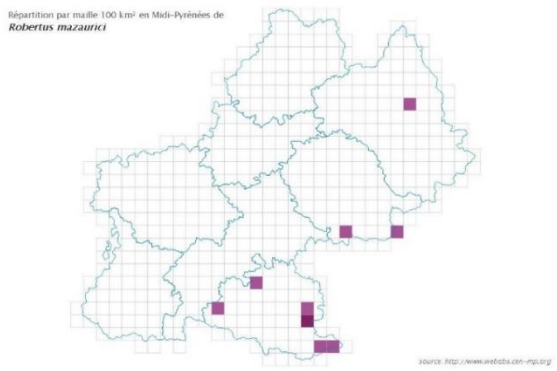
Fréquence et représentativité

L'espèce est connue de 10 grottes en Ariège, dont la moitié est comprise dans le projet de réserve. L'espèce est toujours rare dans les cavités et ne se rencontre que par individu isolé.

Remarques

L'espèce est d'affinité méridionale, mais des observations originales ont été faites en montagne à assez haute altitude. L'observation dans l'ancienne mine d'Anglade est assez remarquable et demande à être mise à jour par des recherches spécifiques, puisqu'elle n'a pas été revue depuis 60 ans.

Répartition



Robertus truncorum

(L. Koch, 1872)



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Araignées
Famille : *Theridiidae*
Genre : *Robertus*

Description

Autre Theridiidae, cette espèce comme tous les *Robertus* est assez robuste et mesure environ 2.5 à 3 mm. La répartition de cette espèce est à priori assez large puisqu'elle se trouve jusqu'en Ukraine. En France cependant, les données sont rares et éparses avec quelques données plus nombreuses dans les Alpes, où il est dit qu'elle se réfugie dans les grottes. En Midi-Pyrénées, les données anciennes ont été enregistrées par Denis (1953) dans les Hautes-Pyrénées, vers le Vignemale. Aucune observation n'en a été faite depuis jusqu'à cette récolte dans la grotte d'Unjat sur la commune de La Bastide de Sérou. Un seul individu mâle a été capturé (Cuypers rec.) en 2018.

Statuts

Espèce à large répartition ☑

Troglophile occasionnelle ☑

ZNIEFF Occitanie ☐

Liste route : NT (Quasi-menacée)

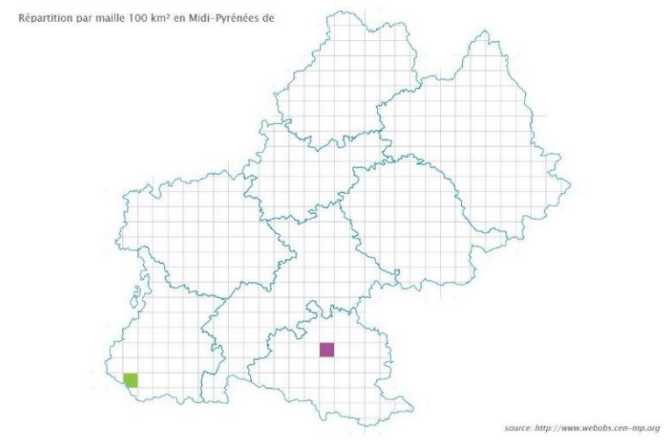
Fréquence et représentativité

L'espèce n'est connue que d'une seule localité en Ariège et donc d'une seule grotte, comprise dans le projet de réserve. Les individus semblent très rares au sein d'une population.

Remarques

Cette découverte est très originale et demande une attention particulière sur les espèces de ce groupe déjà connues dans la dition afin de vérifier d'éventuelles confusions d'espèces.

Répartition



Nemastomella bacillifera

(Simon, 1879)



© Samuel Danflous

Classe : Arachnides

Ordre : Opilions

Famille : *Nemastomatidae*

Genre : *Nemastomella*

Description

Cette espèce d'opilion du genre *Nemastomella* est l'unique représentant de ce genre sur le versant nord des Pyrénées, beaucoup plus diversifié dans la péninsule ibérique. Les membres de ce genre se reconnaissent aisément aux nombreux bâtonnets érigés qu'ils portent sur le dos de l'abdomen. Ils se distinguent aussi par leurs pattes allongées, caractère partagé avec le genre *Mitostoma*. Pour l'identification à l'espèce, il faut alors compter le nombre de bâtonnet et examiner les détails du pénis du mâle. Cette espèce est fréquente dans les entrées de grottes humides voire assez profondément. Elle est également fréquente sous les blocs rocheux et en forêt sous les pierres, voire dans la litière. Elle est aussi ponctuellement présente dans le M.S.S. Il s'agit d'une espèce troglophile.

Statuts

Espèce à large répartition ☑

Troglophile ☑

ZNIEFF Midi-Pyrénées ☑

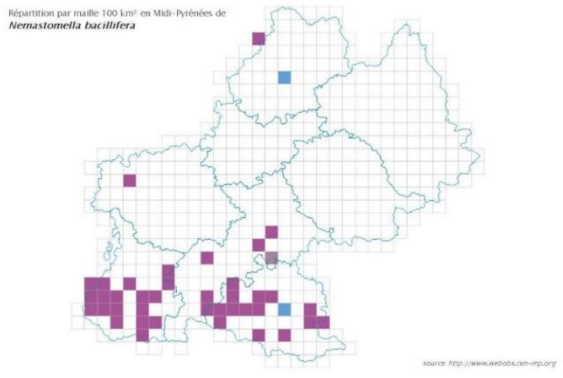
Fréquence et représentativité

L'espèce est connue d'une quinzaine de grottes en Ariège, dont la plupart sont concernées par le projet de réserve.

Remarques

Cette espèce a une répartition particulière de type pyrénéo-atlantique. Elle est présente dans les Pyrénées occidentales et centrales (09, 31, 65, 64), ainsi que dans les Monts cantabriques. Elle descend un peu en plaine atlantique et dans l'ouest du Massif central, où elle est très rare. Une population est également présente dans les îles britanniques.

Répartition



Ischyropsalis luteipes

(Simon, 1872)



© Sylvain Déjean

Classe : Arachnides
Ordre : Opilions
Famille : *Ischyropsalididae*
Genre : *Ischyropsalis*

Description

Cet opilion présente une forme très reconnaissable comme tous ses congénéres du genre *Ischyropsalis*. Leurs chélicères sont hypertrophiées. Elles constituent des pinces redoutables. Certains *Ischyropsalis* sont connus pour s'être spécialisés dans la prédation de cloportes, grâce à ces dernières. C'est vraisemblablement le cas de *I. luteipes*. Cet *Ischcyropsalis* a une corpulence relativement trapue, avec des pattes moyennes, et des chélicères fortement épineuses. Cet opilion troglophile est endémique des Pyrénées et du Massif central, où il est présent à la fois dans les grottes, mais aussi en forêt et sur les bords des ruisseaux.

Statuts

Espèce à large répartition ☑

Troglophile ☑

ZNIEFF Midi-Pyrénées ☑

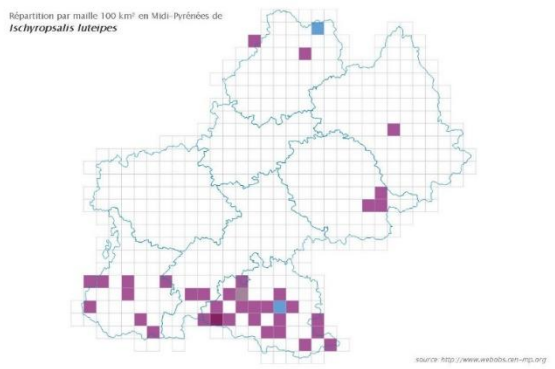
Fréquence et représentativité

L'espèce est connue de 17 grottes en Ariège, dont la moitié est comprise dans le projet de réserve. Elle est aussi notée de plusieurs MSS.

Remarques

Endémique des Pyrénées et du Massif Central, ce taxon est très répandu dans les Pyrénées centrales et occidentales (09, 31, 65).

Répartition



Ischyropsalis pyrenaea

(Simon, 1872)



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Opilions
Famille : *Ischyropsalididae*
Genre : *Ischyropsalis*

Description

Cet opilion présente une forme très reconnaissable, comme tous ses congénères du genre *Ischyropsalis*. Leurs chélicères sont hypertrophiées. Elles constituent des pinces redoutables. Cet *Ischyropsalis* a une corpulence relativement gracile avec des pattes allongées et des chélicères longues et quasi-lisses. Il est d'ailleurs faiblement pigmenté, signe de son adaptation marquée au milieu cavernicole. C'est une espèce strictement troglobie, non connue à ce jour en dehors des grottes. Elle peut d'ailleurs être contactée très profondément dans les réseaux, notamment au fond des gouffres et avens, parfois au-delà de 200 m de profondeur.

Statuts

Espèce endémique Pyrénéenne ☑

Troglobie ☑

ZNIEFF Midi-Pyrénées ☑

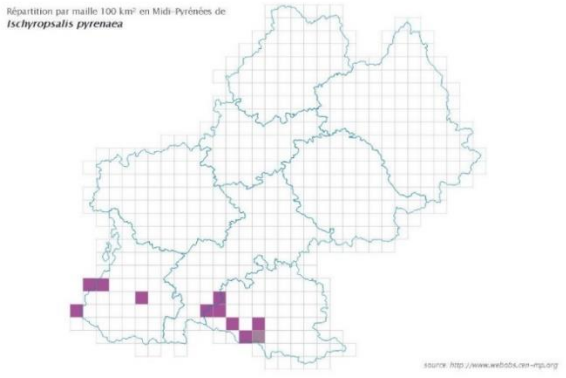
Fréquence et représentativité

L'espèce est connue de neuf grottes en Ariège, dont trois sont comprises dans le projet de réserve.

Remarques

Opilion endémique des Pyrénées, où deux noyaux se dessinent en France, vraisemblablement connectés par le versant ibérique. Le premier se situe dans les Pyrénées centrales (Ariège et Haute-Garonne), centré sur le Couserans. Le second est dans les Pyrénées occidentales, centré sur les vallées d'Ossau et d'Aspe.

Répartition



Scotolemon lespesii

(Lucas, 1860)



© Pierre Oger

Classe : Arachnides
Ordre : Opilions
Famille : *Phalangodidae*
Genre : *Scotolemon*

Description

Les *Scotolemon* sont de tous petits opilions, représentants relictuels d'un sous-ordre surtout diversifié dans les régions tropicales. Les *Scotolemon* sont de couleur orange et à pattes courtes. Bien que fréquemment rencontré dans les cavités, *S. lespesii* est troglophile. Il est également très présent dans le M.S.S. et en forêts sous les pierres. Très proche de son congénère *S. lucasi*, il s'en distingue principalement par sa taille un peu plus grande et sa coloration un peu plus sombre.

Statuts

Espèce endémique Pyrénéenne ☑

Troglophile ☑

ZNIEFF Midi-Pyrénées ☑

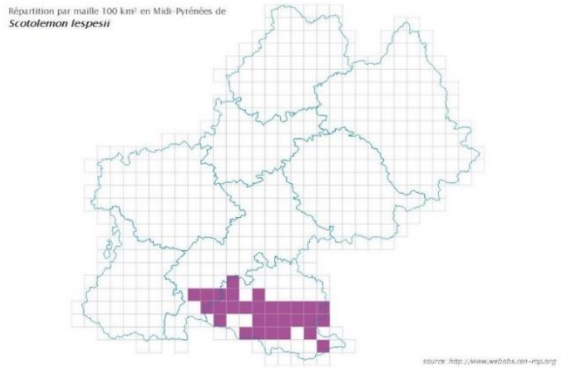
Fréquence et représentativité

L'espèce est connue de 19 grottes en Ariège, dont 9 sont comprises dans le projet de réserve. 65 % des données ont été réalisées en sous-bois et éboulis, donc en extérieurs de cavités.

Remarques

Cet opillion est endémique des Pyrénées centrales (Ariège et Haute-Garonne), où il est abondant. Avec *S. lucasi,* ils forment un groupe très proche, leur détermination n'est pas aisée et les critères peu stabilisés ; des études génétiques semblent indispensables.

Répartition



Scotolemon lucasi

(Simon, 1872)



Scotolemon sp. © Sébastien Cally

Classe : Arachnides
Ordre : Opilions
Famille : *Phalangodidae*
Genre : *Scotolemon*

Description

Les *Scotolemon* sont de tous petits opilions, représentants relictuels d'un sous-ordre surtout diversifié dans les régions tropicales. Les *Scotolemon* sont de couleur orange et à pattes courtes. *S. lucasi* semble troglobie. Très proche de son congénère *S. lespesii*, il s'en distingue principalement par sa taille un peu plus petite, une forme générale plus triangulaire et sa coloration un peu plus orange pâle, moins pigmentée.

Statuts

Espèce endémique Pyrénéenne ☑

Troglobie ☑

ZNIEFF Midi-Pyrénées ☑

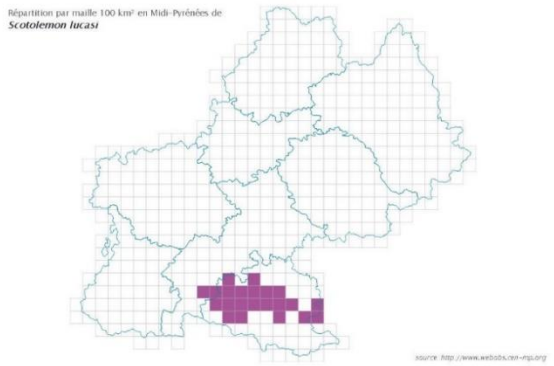
Fréquence et représentativité

L'espèce n'est connue que de grotte en Ariège. Elle a été notée dans 30 cavités dont seules 7 sont comprises dans le projet de réserve naturelle.

Remarques

Cet opillion est endémique des Pyrénées centrales (Ariège et Haute-Garonne), où il est abondant. Avec *S. lespesi* il forme un groupe très proche, leur détermination n'est pas aisée et les critères peu stabilisés, des études génétiques semblent indispensables.

Répartition



Cryptops hortensis

(Donovan, 1810)



©Nicola GARNHAM (http://www.bmig.org.uk)

Classe : Chilopodes
Ordre : Scolopendromorphes
Famille : *Cryptopidae*
Genre : *Cryptops*

Description

Cette scolopendre est l'espèce la plus répandue en France au sein de son ordre, et colonise une grande diversité d'habitats naturels voire très anthropisés. Elle exhibe effectivement un spectre écologique assez large, pouvant se rencontrer dans les jardins et les zones urbaines comme dans les forêts relativement préservées. Elle semble peu sensible au niveau d'hygrométrie du substrat (Voigtlander, 2005). Sa fréquence est plus importante dans l'ouest du pays ; en effet, il semble être moins abondant lorsqu'il se trouve en sympatrie avec le taxon congénérique *C. parisi*, lequel possède des affinités plus continentales. Il s'agit d'un centipède de couleur orangée à brun chaud, pourvu de 21 paires de pattes, qui se différencie aisément des espèces proches par plusieurs caractères morphologiques : labre unidenté, champ poreux des hanches de la dernière paire de pattes comportant une seule soie, scies tibiale et tarsale comportant respectivement 4-9 dents et 2-4 dents, tergite forcipulaire dépourvu de sillons transverses. Le préfémur de la dernière paire de pattes est sillonné en-dessous. C'est un chilopode de taille modeste, environ 20 mm au stage adulte.
Il occupe une aire de distribution assez vaste, globalement centrée sur l'Europe et les îles atlantiques, avec des noyaux de populations dans le centre-ouest de l'Asie, mais aussi en Amérique du Nord, en Tasmanie où il est introduit (Lewis, 2011).

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

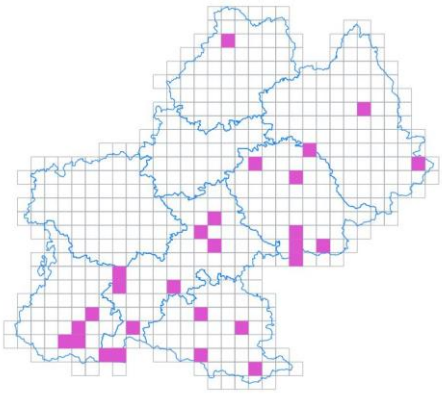
Tendances

L'espèce est répandue dans l'ex-région Midi-Pyrénées, et n'est absente que des départements les moins prospectés. Elle est connue d'une quarantaine de localités, 4 en Ariège dont la grotte du Mas d'Azil.

Menaces

C'est une espèce très commune en France, euryèce et peu sensible à l'anthropisation des habitats. À ce titre, elle ne paraît pas menacée à court ou moyen terme en Ariège comme à plus large échelle.

Répartition



Eurygeophilus pinguis

(Brölemann, 1898)



Source : ©aphotofauna.com

Classe : Chilopodes
Ordre : Géophilomorphes
Famille : *Geophilidae*
Genre : *Eurygeophilus*

Description

Ce petit géophile a été décrit d'après des exemplaires collectés dans les Pyrénées-Atlantiques par H. W. Brölemann au début du siècle dernier. Il partage, entre autres traits communs avec l'unique autre représentant de son genre, une allure singulièrement trapue et est doté d'une griffe forcipulaire en forme de sabre, comprimée dorso-ventralement ; l'aspect de cette dernière est inhabituel parmi les géophilomorphes européens, suggérant une biologie particulière, non élucidée toutefois à l'heure actuelle (Bonato, et al., 2006). Les synapomorphies partagées par les deux taxons valides actuels ont conduit ces auteurs à reléguer au rang de synonymes les noms génériques *Chalandea* et *Mesogeophilus* proposés respectivement par Brölemann et Verhoeff. Cependant la variation géographique dans le nombre de segments pédifères pourrait être le reflet d'une situation taxonomique plus complexe. Dans les Pyrénées françaises, les mâles semblent être le plus couramment dotés de 35 segments pédifères, les femelles en portant généralement deux paires supplémentaires (d'après Brölemann, 1930 et diverses observations récentes).

Il est présent en Grande-Bretagne, dans les reliefs du nord de l'Espagne et en Italie, ainsi qu'en France dans les Alpes, les Pyrénées et en Corse. D'après les connaissances actuelles, c'est essentiellement un hôte des forêts de feuillus de l'étage montagnard, sauf au Royaume-Uni où la question de son indigénat est d'ailleurs posée ; on le trouve alors principalement dans les boisements caducifoliés (Barber, 1992).

Cette espèce est bien présente dans les Pyrénées françaises, sauf dans les Pyrénées-Orientales où seule l'espèce voisine et vicariante, le rare *E. multistiliger*, est connue (Iorio, 2014).

Il a été retrouvé récemment en Ariège (Iorio, 2016a).

Statut :

Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

Tendances

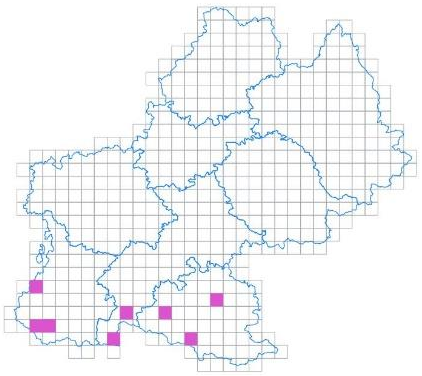
En Ariège, l'espèce n'est connue actuellement que d'une quinzaine de stations, dont 3 ariégeoises, l'une d'elle en cavité, la grotte du Portel à Loubens (Iorio, 2016a).

Menaces

Ce géophile étant une espèce avant tout forestière, d'affinités montagnardes, il sera sensible à une gestion sylvicole intensive dont les travaux tendent à limiter l'importance de ses habitats et micro-habitats : déstructuration du sol et surtout diminution de la litière par cessation des apports (coupes à blanc par exemple), évacuation accrue ou non-renouvellement des repaires de type bois morts au sol, écorces déhiscentes, etc.

Potentiellement, les évolutions climatiques pourraient également être préjudiciables, tout du moins entraîner un recul altitudinal de ses populations, voire conduire à des perturbations néfastes aux peuplements forestiers qu'elle affectionne.

Répartition



Geophilus alpinus

(Meinert, 1870)



Photo : ©Christian OWEN
(http://www.bmig.org.uk)

Classe : Chilopodes
Ordre : Géophilomorphes
Famille : *Geophilidae*
Genre : *Geophilus*

Description

C'est une espèce d'apparence classique au sein de son genre (teinte jaune pâle avec la tête plus sclérifiée, orangée), qui présente la particularité de posséder une petite quille sensorielle en lieu et place de l'habituelle griffe située à l'extrémité des deuxièmes maxilles. Cet aspect est partagé par *G. gavoyi*, lequel possède une seconde quille sensorielle sur l'article en question. Par ailleurs, un pore coxal supplémentaire, à l'écart de ceux habituellement localisés à la limite entre le sternite et la hanche des pattes postérieures, est présent chez le premier. La fossette carpophagienne est large et profonde. Il possède de 43 à 53 paires de pattes ambulatoires.

Cette espèce est répandue dans l'ouest du Paléarctique. En France elle n'est pas connue de la péninsule bretonne, mais colonise l'ensemble du pays (Iorio, 2014), tout en restant rarement citée. À l'échelle européenne, c'est un géophilomorphe très peu « regardant » quant au choix de ses habitats et de ses micro-habitats : il peut investir les forêts de toutes natures, jardins, grottes, prairies et pelouses, et affectionne le sol nu comme les litières maigres ou épaisses, pourvues ou non de repaires naturels (branches, pierres, etc.). En Allemagne, *Geophilus alpinus* est toutefois plus exigeant, car il est trouvé essentiellement dans des formations caractérisées par un haut degré d'humidité et une strate végétale élevée (Voigtlander, 2005).

Sa tendance à pénétrer dans les grottes est plus représentative du caractère lucifuge et hygrophile de ces animaux en général que d'une véritable affinité pour ces milieux. Il ne présente pas d'adaptations à la vie cavernicole.

Statut :

Espèce endémique pyrénéenne ☐

Troglobie ☐

Déterminante de ZNIEFF ☐

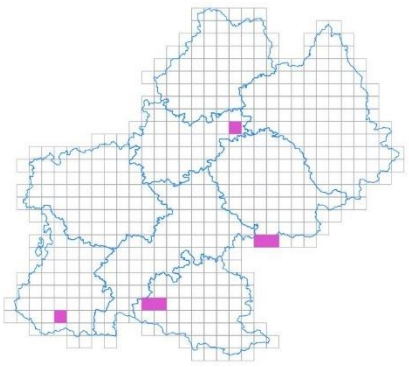
Tendances

Geophilus alpinus est peu recensé (6 localités) dans la région. Une grotte de la Réserve naturelle accueille l'espèce, la grotte de Payssa à Salsein (IORIO, 2016a).

Menaces

Du fait de son large spectre écologique, et en dépit d'un nombre réduit d'observations à l'heure actuelle, ce géophile ne semble pas spécialement menacé par les activités humaines ou les évolutions climatiques en cours.

Répartition



Geophilus chalandei

(Brölemann, 1909)



Photo : ©Thomas CUYPERS - ANA

Classe : Chilopodes
Ordre : Géophilomorphes
Famille : *Geophilidae*
Genre : *Geophilus*

Description

Dédié à son contemporain et collègue Chalande par le grand myriapodologiste français Brölemann, ce géophile assez robuste fait partie d'un groupe d'au moins trois espèces françaises qui partagent en commun les caractères suivants : présence d'une excavation, dite structure ou fossette carpophagienne, à l'avant des sternites antérieurs du tronc, et de champs poreux transverses à l'arrière de ceux-ci ; dernières pattes munies d'une griffe fonctionnelle, qui prennent naissance sur des hanches percées de pores plus ou moins nombreux répartis sur leur face ventrale, et non le long du sternite correspondant comme c'est généralement le cas chez les autres *Geophilus*. Chez *G. chalandei*, les ouvertures des glandes coxales sont nombreuses, jusqu'à une trentaine, et le nombre de segments pédifères varie de 53 à 71 (Iorio, 2016a). La concavité de la griffe forcipulaire est régulièrement incisée, ce qui détermine une vingtaine de fines crénelures que l'on ne retrouve pas chez l'espèce voisine et sympatrique, *G. pyrenaicus*, par ailleurs de dimensions plus faibles. Le matériel-type provient des Pyrénées occidentales françaises. Elle a par la suite été trouvée dans le sud-ouest du Massif central et les Alpes (respectivement une station chacun), mais c'est la chaîne pyrénéenne dans son ensemble qui rassemble la plupart des observations. *Geophilus chalandei* déborde légèrement sur le versant espagnol, dans la province de Navarre (Barace, et al., 1980).

Son écologie semble cernée dans les grandes lignes, malgré le faible nombre de stations : il s'agit d'un élément monticole des étages montagnard à alpin qui privilégie les hêtraies, mais s'aventure également au-dessus de la zone de combat ainsi que dans les milieux souterrains (Iorio, 2014). La majorité des citations ariégeoises se rapportent d'ailleurs à ce type d'habitat. Toutefois il pourrait aussi être présent à plus basse altitude puisque Ribaut (Ribaut, 1915) le donne d'une commune de l'étage collinéen du lot.

À noter que deux spécimens énigmatiques proches de ces deux espèces ont été collectés récemment dans des cavités (Iorio, 2016a). Ils possèdent des caractères troglomorphes qui laissent supposer une adaptation en cours à la vie souterraine.

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

Tendances

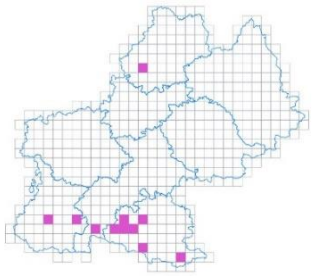
Geophilus chalandei est connu actuellement de plusieurs stations pyrénéennes, et également d'une localité isolée dans le Lot, à basse altiture. Trois grottes de la Réserve naturelle hébergent cette espèce.

Menaces

Nous ne connaissons pas précisément l'impact des changements climatiques sur ces animaux, mais le recul latitudinal et altitudinal de la hêtraie (voire le dépérissement de ce peuplement), déjà pressenti comme très important dans un horizon proche (Piedallu, et al., 2009), pourrait être très dommageable à l'ensemble des chilopodes associés à cet habitat.

Par ailleurs, des populations originales adaptées à une vie cavernicole existent possiblement en Ariège, et il conviendrait de veiller à leur protection.

Répartition



Geophilus flavus

(De Geer, 1778)



Photo : ©J. P. RICHARDS
(http://www.bmig.org.uk)

Classe : Chilopodes
Ordre : Géophilomorphes
Famille : *Geophilidae*
Genre : *Geophilus*

Description

Ce géophile avait été rattaché au genre *Necrophloeophagus* par (Newport, 1843), proche de *Geophilus* mais distinct, entre autres, du fait de l'absence des fossettes carpophagiennes communes à la plupart des espèces du genre éponyme de la famille (Brolemann, 1930). La longueur de ses antennes évoquée par l'épithète spécifique, était également invoquée comme caractère discriminant. L'amplitude du nombre de pattes de *Geophilus flavus* est de 49 à 55 chez les mâles, de 51 à 59 chez les femelles. La griffe forcipulaire est crénelée dans sa concavité, une dizaine de pores coxaux s'ouvrent sous le bord du dernier sternite.

L'ancien nom de genre se rapporte au fait que l'espèce, selon Newport (1843) se trouverait souvent sous le bois en décomposition ou l'écorce pourrissante des arbres. En réalité ce géophile est tout à fait éclectique dans le choix de ses micro-habitats, comme de ses habitats puisqu'il en exploite une large gamme allant du bord de mer aux pelouses alpines, des forêts et landes, aux milieux anthropisés tels que parcs et jardins. Il peut rentrer dans les grottes. Iorio (2014) le qualifie de particulièrement ubiquiste et commun en France.

Il possède une large répartition ouest-paléarctique, et on le trouve même introduit dans des contrées éloignées : Terre-Neuve, Amérique du Nord, Île Sainte-Hélène (Iorio, 2014).

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

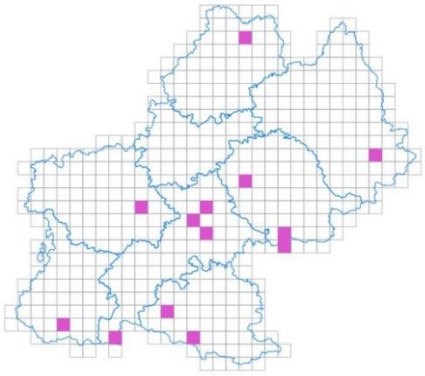
Tendances

Cette espèce est certainement répandue dans toute la région. Elle est connue d'une quinzaine de localités, dont 2 en Ariège. Elles concernent des cavités (hors Réserve naturelle), du fait de l'intérêt pour la biospéléologie qui entraîne une sur-représentation des mentions dans ces milieux au « détriment » des habitats extérieurs, finalement moins étudiés en Midi-Pyrénées pour les chilopodes, en proportion.

Menaces

Espèce commune, *a priori* non menacée à court ou moyen terme, qui plus est anecdotique en milieu souterrain. Bien qu'on ne dispose d'aucun indicateur de l'évolution des populations de chilopodes à l'échelle nationale, on peut supposer que cette espèce qui possède une bonne adaptabilité n'est guère impactée par les changements globaux et l'artificialisation du territoire. Il se pourrait même qu'elle en profite indirectement.

Répartition



Geophilus pyrenaicus

(Chalande, 1909)

Pas d'illustration disponible

Classe : Chilopodes
Ordre : Géophilomorphes
Famille : *Geophilidae*
Genre : *Geophilus*

Description

Tout comme *Geophilus gavoyi,* autre espèce bien présente dans les forêts pyrénéennes, *G. pyrenaicus* a été décrit par Chalande d'après des exemplaires pyrénéens. Cependant, les exigences écologiques du second sont plus restreintes, puisqu'il se cantonne aux forêts des étages montagnards et subalpins des Pyrénées et du Massif central. Il peut toutefois s'aventurer dans les grottes, sans n'y être nullement lié de façon marquée, à l'instar de bon nombre de chilopodes. La supposition de Brölemann **(Brolemann, 1908)**, selon laquelle la hêtraie représenterait un habitat préférentiel par rapport à la hêtraie-sapinière, semble établie sur un nombre réduit de spécimens (19) collectés dans trois localités.

Une espèce très proche morphologiquement, *G. studeri* Rothenbühler, 1899, peut-être vicariante de *G. pyrenaicus*, n'existe que dans les massifs alpin et vosgien ; elle s'en distingue par un nombre supérieur de paires de pattes (IORIO, 2014). La distinction avec *G. chalandei* Brölemann, 1909, initialement décrit comme une variété plus allongée de *G. pyrenaicus*, se fait également par le décompte des segments pédifères (45 à 51 chez ce dernier) et la présence de crénelures dans la concavité de la griffe forcipulaire, tandis que celle de *G. pyrenaicus* est lisse.

Mais la distinction entre les deux espèces n'est pas toujours aisée, d'autant que des découvertes récentes d'individus potentiellement troglophiles, à la morphologie particulière, vient s'ajouter aux difficultés taxonomiques **(Iorio, 2016a).**

Par rapport aux autres *Geophilus*, ces trois espèces ont en commun une fossette carpophagienne large sur les sternites et des gros pores coxaux dispersés sur la surface ventrale des hanches des dernières pattes.

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

Tendances

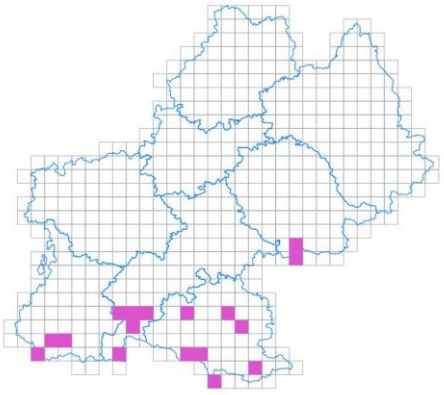
Huit stations formellement confirmées sont connues en Ariège **(Iorio, 2014, 2016a),** sur une vingtaine au niveau régional. Une cavité fait partie de la réserve naturelle.

Menaces

L'espèce, présente dans toute la chaîne pyrénéenne, n'est nullement menacée par les atteintes portées aux milieux souterrains, mais plus probablement par une gestion forestière inadaptée et par les changements climatiques.

Des populations différenciées en milieu souterrain (voir *G. chalandei*), qui restent à étudier, mériteraient cependant d'être préservées de toute atteinte en raison de leur intérêt scientifique.

Répartition



Geophilus ribauti

(Brölemann, 1908)



Photo : © Étienne IORIO

Classe : Chilopodes
Ordre : Géophilomorphes
Famille : *Geophilidae*
Genre : *Geophilus*

Description

Dédié à un autre grand nom de la myriapodologie française, ce géophile est un des plus petits que compte la faune de notre pays. Il a été reconnu par Brölemann d'après des spécimens pyrénéens, tout d'abord comme une sous-espèce de *G. truncorum*, (taxon répandu en Europe de l'Ouest), avec lequel il partage une majorité de caractères, dont l'absence de champs poreux bien délimités sur les sternites (les pores sont petits et dispersés), un aspect trapu et un nombre réduit de segments pédifères qui les ont jadis fait attribuer à un sous-genre distinct, *Brachygeophilus*.

Geophilus ribauti se distingue essentiellement de son homologue par ses 3 ou 4 pores coxaux (au lieu de 2) et ses 31 à 35 paires de pattes en temps normal (contre 37 à 41). C'est une espèce monticole répertoriée de presque tous les massifs français, sauf du Jura (sans doute du fait d'un défaut de données). Une troisième espèce proche, méditerranéenne, *G. richardi*, atteint sa limite occidentale de répartition dans les Alpes-Maritimes. Il est donc sympatrique avec celui-ci dans ce département qui constitue sa limite ouest (Iorio, 2008) (Iorio, 2014), et potentiellement avec *G. truncorum* dans les Pyrénées. *G. ribauti* est un sudendémique français ne dépassant les frontières nationales que dans le sud-ouest de l'Allemagne, en particulier en Rhénanie du nord-Westphalie (Decker, et al., 2015). Il est cependant probable qu'il déborde au moins légèrement sur la Suisse et sur les Pyrénées espagnoles.

Les habitats occupés par l'espèce sont situés aux étages montagnard, subalpin et alpin ; elle préférerait les forêts caducifoliées, notamment la hêtraie, avec une affection particulière pour la litière comme micro-habitat optimal, d'après Iorio (2014). Ainsi, les grottes ne constituent qu'un milieu de vie accidentel pour ce petit geophilidé.

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

Tendances

Ce sont surtout les reliefs de la région qui abritent cette espèce (une quinzaine de sites). En Ariège, elle a notamment été mentionnée de la grotte de l'Herm.

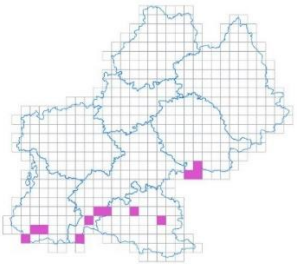
Menaces

C'est une espèce rare à l'échelle nationale, mais à l'instar de la plupart des myriapodes, nous ne disposons pas de tendances claires concernant l'évolution de ses populations.

Comme espèce typiquement associée aux altitudes moyennes à élevées (généralement au-dessus de 800 m en France), et à l'étage du hêtre, elle sera fatalement exposée aux évolutions climatiques en cours, lesquelles repoussent inéluctablement cette essence en latitude et en altitude.

Dans les localités les plus « basses », il se peut que les grottes naturelles constituent alors des bastions de repli grâce aux conditions climatiques stables qu'elles procurent. Il conviendrait donc de préserver leur intégrité et leur « naturalité ».

Répartition



Henia vesuviana

(Newport, 1845)



©Clovis QUINDROIT (www.galerie-insecte.org)

Classe : Chilopodes
Ordre : Géophilomorphes
Famille : *Dignathodontidae*
Genre : *Henia*

Description

Henia vesuviana est un géophilomorphe d'assez grande taille qui possède un nombre élevé de paires de pattes, 63 à 75 chez mâles, 65 à 79 chez les femelles. Il arbore une coloration généralement caractéristique chez les spécimens vivants, le corps jaune orangé étant parcouru par deux lignes longitudinales grises violacées. La capsule céphalique de petite taille, à laquelle succède un tergite forcipulaire étroit, les champs poreux quadrangulaires en rangée continue du premier au dernier sternite, et les pattes fortement épaissies chez le mâle, permettent de reconnaître l'espèce.

Ce taxon est répandu à l'état spontané dans l'Europe méridionale, de l'Espagne à la Roumanie sans rentrer dans la péninsule balkanique ; il est jugé synanthropique dans les pays d'Europe centrale et du nord-ouest : Allemagne, Autriche, Belgique, Luxembourg, Pays-Bas et Royaume-Uni (Iorio, 2014).

Ce pattern de répartition traduit bien le caractère thermophile de ce géophile (Lock, 2000), qui s'accommode, du reste, d'une grande variété d'habitats dans notre pays, y compris en contexte urbain. Il peut se rencontrer à l'entrée des grottes, mais n'est pas troglobionte ni troglophile.

Statut :

Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

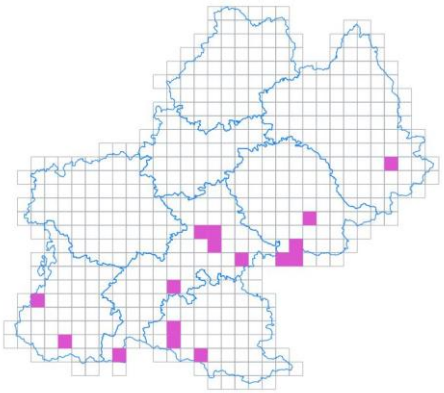
Tendances

Henia vesuviana est citée d'une vingtaine de localités dans les secteurs les mieux prospectés de la région. Nul doute qu'elle est répandue sur tout le territoire, sauf peut-être les très hautes altitudes.

Menaces

Cette espèce à tendance synanthropique, qui peut se trouver dans des habitats très artificiels, bénéficie peut-être de l'artificialisation globale du territoire. Il se peut qu'elle profite également des évolutions climatiques pour étendre davantage son aire de répartition vers le nord en Europe. Du reste, sa colonisation du milieu souterrain est marginale.

Répartition



Lithobius cavernicolus

(Fanzago, 1877)



Photo : ©Étienne IORIO

Organe temporal de Lithobius typhlus, espèce voisine de L. cavernicolus

Classe : Chilopodes
Ordre : Lithobiomorphes
Famille : *Lithobiidae*
Genre : *Lithobius*

Description

Ce lithobie de taille modérée (12 à 17,5 mm) est absolument troglobionte. Il ne possède pas d'ocelles, mais son organe sensoriel temporal est bien développé. Pauvrement documentée par Brolemann (1930) puis Matic (1958) (faute de matériel suffisant) depuis sa description par Fanzago (1877), la morphologie de l'espèce a été précisée par Iorio (2010) sur la base de matériel ariégeois. Comme nombre d'espèces du vaste genre *Lithobius*, il s'identifie entre autres par les spécificités de sa plectrotaxie. En outre, les éperons de l'article basal des gonopodes femelles sont particulièrement allongés. Le coxosternum forcipulaire est muni généralement de 3+3 à 4+4 dents, le neuvième tergite ne possède pas de prolongements triangulaires ou bien ceux-ci sont très faibles.

C'est une espèce endémique des Pyrénées françaises orientales, qui n'est connue que dans trois départements : Aude, Pyrénées-Orientales et Ariège, ce dernier comportant de loin le plus grand nombre de stations, et toutes celles récemment découvertes ou retrouvées (Iorio, 2014, 2016a ; H. Brustel *leg*, A. Racine *det*, inédit). Une quinzaine de grottes sont ainsi connues pour héberger ce rare *Lithobius*. Nous ne connaissons à peu près rien de sa biologie à l'heure actuelle, en-dehors de ses mœurs troglobies, corroborés par des adaptations morphologiques évidentes à la vie hypogée.

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☑
Troglobie ☑
Déterminante de ZNIEFF ☑

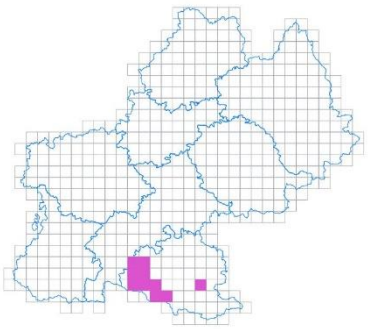
Tendances

L'espèce est connue dans 15 cavités souterraines en Ariège. Plusieurs stations historiques citées par le biospéléologue pionnier et entomologiste Jeannel en 1926 ont été retrouvées récemment (Iorio, 2016a) témoignant du maintien de certaines d'entre elles au moins depuis près d'un siècle. Ce sont au moins trois grottes de la réserve naturelle qui accueillent cet endémique français et pyrénéen. Nous n'avons pas d'informations détaillées sur l'état de conservation de ses populations.

Menaces

Très peu d'éléments publiés sont disponibles concernant les éventuelles menaces susceptibles d'impacter les populations de cette espèce troglobie. Tout au plus doit-on supposer que les dégradations qui sont de nature à modifier l'écosystème cavernicole et ses conditions tamponnées, seront, de facto, préjudiciables cette espèce.

Répartition



Lithobius macilentus

(L. Koch, 1862)



Photo : ©Nicola GARNHAM (http://www.bmig.org.uk)

Classe : Chilopodes
Ordre : Lithobiomorphes
Famille : *Lithobiidae*
Genre : *Lithobius*

Description

Ce lithobie est peu commun à l'échelle nationale (Iorio, 2014). En France, c'est une espèce typiquement forestière, plus exigeante que *Lithobius tricuspis* et *L. piceus piceus.* Elle est très peu capturée en milieu ouvert. Les peuplements décidus sont plus favorables que les formations de conifères, sauf en montagne ou cette dichotomie est moins prégnante. C'est une espèce à centre de dispersion continental, qui se raréfie dans la péninsule bretonne et dans la ceinture méditerranéenne. Elle est présente par ailleurs dans une majorité de pays européens, sans pénétrer dans la péninsule balkanique (Iorio, 2014).

En termes de micro-habitats, *Lithobius macilentus* a tendance à investir la litière davantage que les autres repaires naturels de types pierres, écorces déhiscentes, rondins, etc.

Cette espèce de 9 à 14 mm de long se repère assez bien à sa coloration uniformément brun chaud, et ses forcipules dont le bord rostral porte des dents internes nettement proéminentes par rapport aux externes, caractère unique au sein de la faune française. Les pattes 15 sont munies d'une griffe apicale accompagnée d'une griffe accessoire, et le neuvième tergite possède des prolongements triangulaires latéraux. La femelle est munie de quelques soies dorsales sur l'article basal des gonopodes, et le mâle possède un net sillon sur le fémur des dernières pattes.

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

Tendances

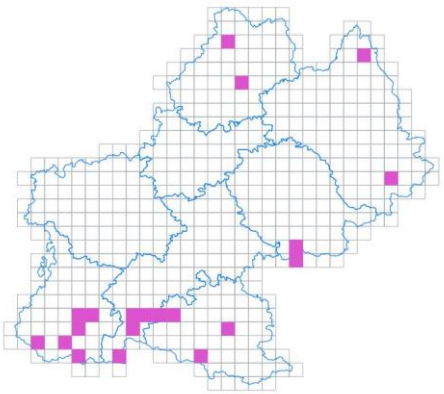
Près d'une trentaine de sites sont connus pour cette espèce forestière, qui est sans doute répandue dans toute la région.

En Ariège, elle est connue notamment de trois cavités, situées en-dehors de la Réserve naturelle.

Menaces

L'espèce possède des affinités forestières marquées et serait sans doute sensible à une sylviculture trop intensive. Le milieu souterrain ne représente pas un milieu de vie dominant pour elle, même si, comme pour toutes les autres espèces trogloxènes, l'originalité de populations potentiellement installées dans les grottes justifierait en soi des préoccupations conservatoires à leur égard.

Répartition



Lithobius microps

(Meinert, 1868)



Photo : ©J. P. RICHARDS
(http://www.bmig.org.uk)

Classe : Chilopodes
Ordre : Lithobiomorphes
Famille : *Lithobiidae*
Genre : *Lithobius*

Description

Lithobius microps est un lithobie de teinte claire, souvent de couleur « miel », qui mesure entre 6 et 9 mm au stade adulte, ce qui en fait le plus petit représentant de son genre en Ariège, et le seul du sous-genre *Sigibius*. Ce dernier, à l'instar de *Monotarsobius* (sous-genres depuis peu obsolètes : (Ganske, et al., 2020)), est caractérisé par l'absence d'articulation fonctionnelle entre le tarse et le métatarse des 12 ou 13 premières paires de pattes.
Tout est réduit chez cette espèce. Elle ne possède que 2 à 3 ocelles alignées de part et d'autre de la capsule céphalique. Les articles antennaires sont peu nombreux, généralement au nombre de 25. Sa spinulation est également appauvrie, et la dernière paire de pattes ne possède que trois épines ventrales médianes, une au trochanter, une au préfémur et une au fémur. Le tergite 9 est simple (sans prolongements), et la différenciation sexuelle n'affecte pas les appendices habituellement modifiés chez l'adulte (dernières pattes très légèrement épaissies chez le mâle, gonopodes femelles sans soies médianes).
Lithobius microps est répandu dans presque toute l'Europe et en Turquie. En France, comme dans les Pyrénées, c'est une espèce commune qui peut se rencontrer dans n'importe quel type d'habitat. On le trouve sous les pierres dans les prairies et les cultures, dans les friches, décombres, mais aussi dans les boisements de toutes natures. Il semble toutefois moins fréquent en proportion dans les peuplements forestiers âgés, préférant les espaces anthropisés ou les milieux ouverts. C'est une des espèces les plus fréquentes dans les jardins et espaces verts. Elle rentre volontiers dans les grottes mais n'est nullement troglophile.
On peut la considérer comme une espèce à tendance pionnière, mais qui se maintient durant l'évolution de la dynamique de la végétation.

Statut :

Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

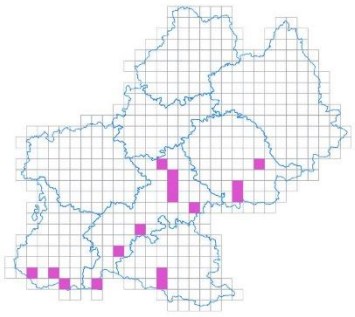
Tendances

Ce lithobie est commun partout en France est probablement présent dans toute la région (une vingtaine de sites connus actuellement). Il est connu de la grotte du Queire à Massat.

Menaces

Espèce peu compétitive ayant probablement bénéficié de l'ouverture du territoire (défrichements et diminution des surfaces forestières) et de la multiplication des échanges et des voies de communication. Ce lithobie n'est nullement menacé à moyen terme et possède une capacité d'adaptation aux changements anthropiques. Il ne dépend pas du milieu souterrain pour sa survie.

Répartition



Lithobius piceus piceus

(L. Koch, 1862)



Photo : ©Keith LUGG (http://www.bmig.org.uk)

Classe : Chilopodes
Ordre : Lithobiomorphes
Famille : *Lithobiidae*
Genre : *Lithobius*

Description

Lithobius piceus est une espèce polyptique qui se présente sous deux formes dans notre pays. La sous-espèce nominale, très répandue, est celle que l'on trouve dans les Pyrénées et le reste du territoire, tandis que les départements alpins méridionaux abritent la sous-espèce *L. piceus verhoeffi* Demange, 1958.

Lithobius piceus est de taille moyenne (13 à 21 mm), et arbore une coloration brune relativement uniforme, tout à fait classique chez les lithobies. Il possède environ une cinquantaine d'articles aux antennes, lesquelles atteignent voire dépassent la longueur du corps. Le neuvième tergite possède de nets prolongements postérieurs latéraux. Le bord rostral du coxosternum forcipulaire porte en général 4 dents subtriangulaires de chaque côté de l'encoche médiane. Les hanches de la dernière paire de pattes sont pourvues d'une épine coxolatérale, et la griffe terminale du télopodite est double. Le mâle ne porte aucun signe distinctif spécifique lié à l'acquisition de la maturité sexuelle. En revanche l'article basal des gonopodes femelles est orné de trois éperons. Ce taxon n'est pas toujours facile à distinguer de *L. deroutae*, récemment avéré en France. La spinulation, entre autres, est utile pour séparer les deux taxons, celle de *L. piceus* étant plus fournie.

C'est une sous-espèce répandue en Europe, mais qui n'atteint pas la Scandinavie. Elle est commune et répandue en France, sauf dans la partie occidentale et méridionale du massif alpin donc, où elle cède la place à *L. p. verhoeffi*. Préférentiellement forestière, elle peut aussi occuper d'autres habitats pourvu que ceux-ci soient suffisamment humides. Elle pénètre fréquemment dans les grottes (Iorio, 2014).

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

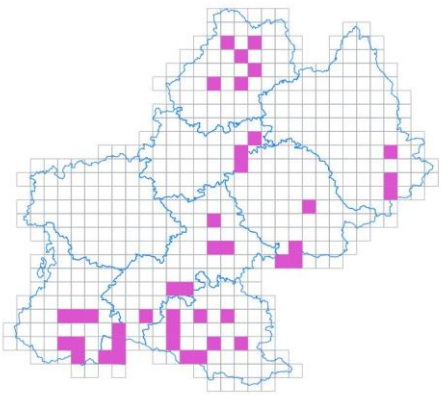
Tendances

Cette espèce est recensée dans près d'une soixantaine de sites en Midi-Pyrénées, dont dix en Ariège. Elle est connue dans la grotte du Mas-d'Azil.

Menaces

Aucune menace identifiée n'est de nature à compromettre la pérennité des populations de *L. piceus piceus* dans les Pyrénées. Ses exigences écologiques sont assez larges et l'espèce est répandue, et même parfois abondante dans certaines stations forestières.

Répartition



Lithobius pilicornis pilicornis

(Newport, 1844)



Photo : ©A. RACINE

Classe : Chilopodes
Ordre : Lithobiomorphes
Famille : *Lithobiidae*
Genre : *Lithobius*

Description

Voici certainement un des grands lithobies les plus communs dans le sud de la France, y compris dans les reliefs. C'est une espèce d'Europe de l'ouest, à répartition méditerranéo-atlantique, qui remonte la façade atlantique sans trop s'éloigner de l'influence maritime, jusqu'en Normandie (Iorio, 2014). Elle se fait plus rare dans les régions septentrionales, où elle est souvent associée aux endroits pierreux, notamment les anciennes carrières ou ruines et éboulis en forêt. Cette tendance lapidicole n'est pas flagrante dans le sud de son aire.

La sous-espèce nominale, seule présente en Ariège, est épigée bien qu'elle ait une nette tendance à s'aventurer dans les grottes. Des populations troglophiles semblent d'ailleurs se différencier ici et là, amorce probable d'un processus évolutif de spéciation par isolement géographique, dont sont d'ailleurs issus les autres troglobiontes.

Lithobius pilicornis possède un caractère unique dans sa spinulation parmi les chilopodes de France : la présence d'une épine VmH, *alias* ventro-médiane de la hanche, est effectivement l'apanage de cette espèce. Sa grande taille (17 à 30 mm), l'absence de prolongements triangulaires au neuvième tergite, le nombre réduit d'articles antennaires, la griffe simple aux pattes 15 complètent cette description.

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

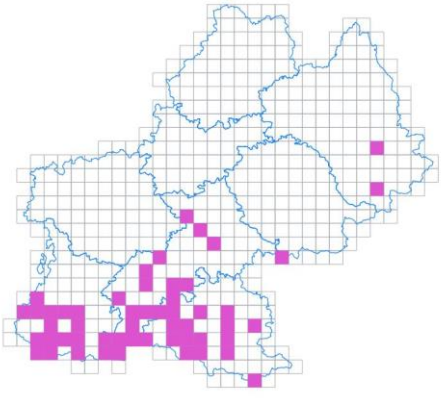
Tendances

Cette espèce est omniprésente dans les Pyrénées et plus largement dans le sud du Pays. Une centaine de stations sont connues dans la région, ce qui en fait l'une des espèces les plus souvent rencontrée. Nombre de mentions font référence à des grottes, dont plusieurs concernées par le projet de Réserve.

Menaces

Cette espèce commune, volontiers synanthrope et qui s'accommode de milieux très divers, ne semble pas menacée. En revanche, du fait de la possible ségrégation écologique de certaines populations qui occupent les grottes (et qui présentent un « début » de caractères troglomorphes), il serait opportun de les protéger de tout impact anthropique. Cela ne concerne cependant pas les ariégeoises.

Répartition



Lithobius speluncarum

(Fanzago, 1877)

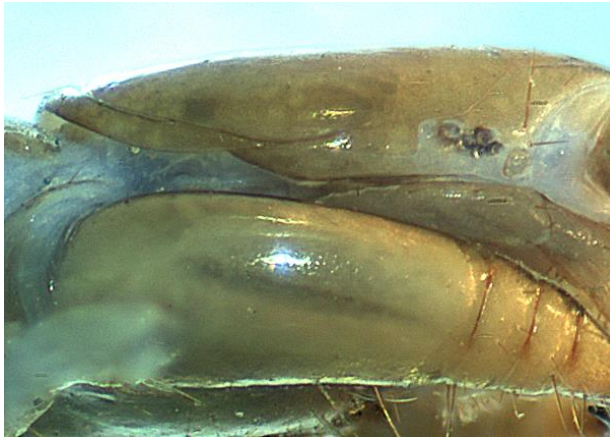


Photo : ©Étienne IORIO

Classe : Chilopodes
Ordre : Lithobiomorphes
Famille : *Lithobiidae*
Genre : *Lithobius*

Description

Ce lithobie est un endémique pyrénéen, connu des Pyrénées occidentales et centrales jusqu'en Ariège, qui constitue sa limite est de répartition.

Ses adaptations morphologiques à la vie souterraine, moins accusées que chez d'autres espèces, font supposer à Iorio (2014, 2016a) et Iorio & Voigtländer (2019) que l'espèce n'est pas un véritable troglobionte, contrairement à ce qui était avancé précédemment (*i. e.* (Geoffroy, et al., 2000). En effet, la dépigmentation et la désorganisation de ses ocelles n'est pas aussi poussée que chez d'autres espèces, malgré que toutes les stations connues soient des cavités. Cette moindre différenciation peut trouver son origine dans une colonisation plus récente du milieu souterrain par *Lithobius speluncarum*. Il reste tout de même strictement inféodé aux grottes.

Ce dernier est connu par des spécimens de taille modeste, entre 9 et 12 mm de longueur, portant 2 dents de part et d'autre de l'encoche médiane du coxosternum forcipulaire, de faibles prolongements tergaux au neuvième segment (qui peuvent toutefois être plus prononcés, comme illustré par Iorio & Voigtländer 2019), une griffe simple aux pénultièmes pattes. Les caractères sexuels secondaires ne présentent pas de particularité notable, pas plus que la spinulation des pattes ambulatoires. Ce sont surtout le grand organe temporal, ainsi que les 2 à 8 petits ocelles mal conformés, mais restant alignés de chaque côté de la capsule céphalique, qui caractérisent ce lithobie à la répartition si restreinte.

L'Ariège semble constituer son bastion français au vu du nombre de localités répertoriées par rapport aux autres départements (Iorio, 2014, 2016a ; observations inédites d'Hervé Brustel).

Statut :
Espèce endémique pyrénéenne ☑
Troglobie ☑
Déterminante de ZNIEFF ☑

Tendances

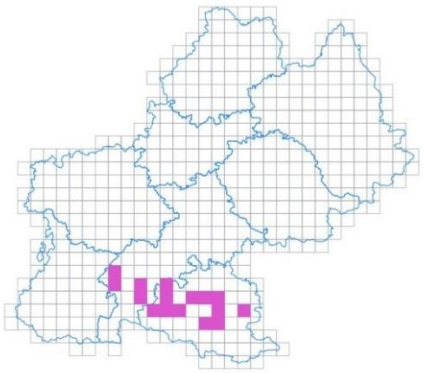
Cette espèce eutroglophile est connue depuis la fin du 19ème siècle dans le département ; elle y est observée récemment plusieurs localités souterraines, portant le nombre total de stations connues en Ariège à plus d'une vingtaine. Parmi elles, les grottes de Sainte-Catherine, de l'Estelas, de Malarnaud et de Soulabé, de Siech, ou encore de Tourtouse, font partie de la Réserve naturelle.

Menaces

Lithobius speluncarum pourrait être menacé par la fréquentation excessive de ses habitats. Les risquent découlant de la pratique de la spéléologie, et ceux liés à la mise en valeur touristique des grottes, ne sont pas évalués précisément ; mais ces animaux qui évoluent dans des conditions très stables depuis des temps reculés, seront certainement sensibles à toute atteinte directe et indirecte à leur milieu de vie : pollution lumineuse, frottements des parois, dérangement plus ou moins régulier des repaires sous lesquels ils s'abritent (pierres), voire atteinte aux populations des proies dont ils dépendent, etc.

Même si les individus ne sont pas nécessairement impactés *mécaniquement* par la fréquentation des cavités, on peut effectivement penser que la menace serait indirecte pour ces prédateurs. En effet, la présence des chauves-souris, mammifères sensibles au dérangement, dont le guano initie toute une chaîne trophique de décomposeurs, aux dépends desquels les chilopodes s'alimentent, est un élément-clé qui n'est pas rigoureusement considéré.

Répartition



Lithobius tricuspis

*(*Meinert, 1872)



Photo : ©Christian OWEN
(http://www.bmig.org.uk)

Classe : Chilopodes
Ordre : Lithobiomorphes
Famille : *Lithobiidae*
Genre : *Lithobius*

Description

Le nom de ce lithobie vient du fait que les gonopodes de la femelle adulte portent trois éperons sur leur article basal. De dimensions moyennes (12 à 18 mm en général), avec un nombre « moyen » d'ocelles et d'antennomères, il possède de nets prolongements triangulaires au neuvième tergite. Le bord rostral du coxosternum forcipulaire arbore deux dents simplement conformées. La griffe des dernières pattes est accompagnée d'une griffe accessoire ; la spinulation est assez réduite, la première épine préfémorale médiane ne débutant généralement que sur la 5ème paire et la première préfémorale antérieure aux alentours de la 10ème paire (Brolemann, 1930). En revanche, une épine coxolatérale aux hanches de la 15ème paire permet généralement de distinguer Lithobius tricuspis des espèces proches qui en sont démunies. Mais cette épine manque assez souvent, ce qui impose une certaine prudence dans l'identification des spécimens qui s'écartent de la norme. Les variations concernent également la griffe gonopodiale, qui peut être uni- à tridentée (Iorio, 2016a).
L'espèce est omniprésente dans les espaces boisés sur tout le territoire national. Elle privilégie les peuplements caducifoliés par rapport aux massifs de conifères. Mais c'est aussi un élément alticole, qui peut atteindre l'étage nival et investit volontiers les étages alpin et subalpin. Cependant, on notera son remplacement par Lithobius mononyx à haute altitude dans les Pyrénées. Comme la plupart des chilopodes, il peut s'aventurer à l'entrée des grottes mais sans caractère troglophile marqué.
Lithobius tricuspis possède une aire de répartition relativement vaste en Europe.

Statut :

Espèce endémique pyrénéenne ☐
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

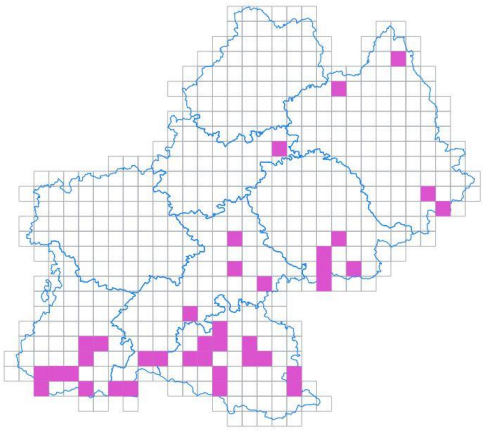
Tendances

L'espèce est omniprésente dans les milieux boisés. Près d'une cinquantaine de sites ont fait l'objet d'observations de cette espèce en Midi-Pyrénées (15 en Ariège). Plusieurs sont des milieux souterrains : grottes du Mas d'AZil, du Queire, de Liqué.

Menaces

Cette espèce surtout forestière, largement répandue, ne semble pas menacée dans les Pyrénées. Toutefois, elle pourrait être sensible aux coupes rases puisque les peuplements jeunes ne semblent colonisés qu'à partir de plusieurs années.

Répartition



Lithobius troglodytes

(Latzel, 1886)

Pas d'illustration disponible

Classe : Chilopodes
Ordre : Lithobiomorphes
Famille : *Lithobiidae*
Genre : *Lithobius*

Description

Lithobius troglodytes a une aire de répartition clairement centrée sur le Massif pyrénéen, à partir duquel il empiète quelque peu sur les contrées avoisinantes espagnoles et françaises. Il s'agit d'une espèce troglophile qui semble plutôt commune et peu spécialisée parmi le contingent d'espèces à mœurs cavernicoles pyrénéennes (Iorio, 2014, 2016a).

C'est un lithobie de taille moyenne à assez grande (pouvant atteindre près de 3 cm) qui présente une variabilité morphologique assez déroutante, avec des populations possiblement en cours de différenciation vers une vie cavernicole plus stricte, d'après Iorio (2014). Cela est confirmé par l'amplitude de certains caractères, la taille comme précitée, mais aussi le nombre des ocelles (12 à 26 de chaque côté de la tête), des antennomères (entre 46 et 74), de dents forcipulaires (2+2 à 5+5), d'éperons basaux aux gonopodes (caractère pourtant assez stable en principe), ce qui en fait une espèce susceptible d'être facilement confondue avec les taxons proches présents dans la même aire géographique (entre autres *Lithobius mononyx, L. tricuspis, L. derouetae*, voire *L. brusteli* récemment décrit).

Brölemann (1930) le disait déjà commun en haute montagne, ce qui tendrait à le faire considérer comme une espèce plutôt monticole ; il s'avance en fait sur l'étage planitiaire, comme dans la vallée du Gave de Pau dans les Landes (Iorio, 2010). C'est en somme un taxon qui semble montrer une valence écologique assez large, en dépit de sa propension à s'aventurer dans les cavités. Il n'en reste pas moins subendémique français.

Statut :
Espèce subendémique pyrénéenne ☑
Troglobie ☐
Déterminante de ZNIEFF ☐

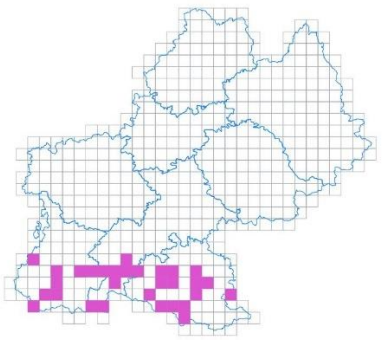
Tendances

Connue de longue date dans les contrées pyrénénnes depuis sa description par Latzel (1886), d'après du matériel-type collecté dans une cavité ariégeoise (grotte du Mas-d'Azil) par le myriapodologiste français Jules Chalande, l'espèce y est observée régulièrement depuis, totalisant près d'une trentaine de localités. 4 cavités ariégeoises abritent ce lithobie.

Menaces

Du fait de sa faible inféodation au milieu souterrain, de sa fréquence dans le massif des Pyrénées et de son caractère euryèce, *Lithobius troglodytes* ne saurait être considéré comme réellement menacé au même titre que les vrais troglobiontes. Pour autant, les populations cavernicoles sont à considérer avec attention puisque, par essence originales, *a fortiori* lorsqu'elles sont isolées, elles exhibent un potentiel biologique et un intérêt scientifique certains. Comme il a été mentionné, certains problèmes taxonomiques restent en suspens et il n'est pas exclu qu'à la lumière de découvertes ou de révisions approfondies, de nouveaux taxons de rang infra-spécifique soient révélés.

Répartition



Strigamia crassipes

(C.L. Koch, 1835)



Photo : ©K. Lugg (http://www.bmig.org.uk)

Classe : Chilopodes
Ordre : Géophilomorphes
Famille : *Linotaeniidae*
Genre : *Strigamia*

Description

Strigamia crassipes est un géophilomorphe de taille moyenne, de couleur brune tirant sur le roux, qui possède de 45 à 57 paires de pattes. La griffe forcipulaire est munie d'une forte dent, à l'instar des autres espèces du même genre. Le tergite forcipulaire est étroit et non trapezoïdal. Les hanches de la dernière paire de pattes sont parsemées de pores assez nombreux sur leur face ventrale ; le dernier article de ces mêmes pattes possède une griffe fonctionnelle. Outre un nombre de pattes plus important, *Strigamia crassipes* se distingue de *S. acuminata*, aussi présente dans les Pyrénées, par le fin sillon longitudinal qui parcourt ses sternites.

L'espèce est eurytope et largement répartie en France et en Europe. Sa grande plasticité écologique lui permet d'occuper tous les types de biotopes terrestres, du niveau de la mer à l'étage alpin, voire nival (Iorio, 2014). Elle se trouve aussi bien en forêt qu'en milieu ouvert anthropisé. Elle ne rentre pas fréquemment dans les grottes.

Statut :

Espèce endémique pyrénéenne ☐

Troglobie ☐

Déterminante de ZNIEFF ☐

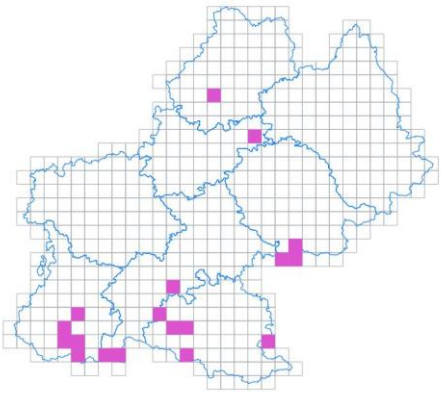
Tendances

L'espèce est connue de 5 localités en Ariège et près d'une trentaine à l'échelle régionale.

Menaces

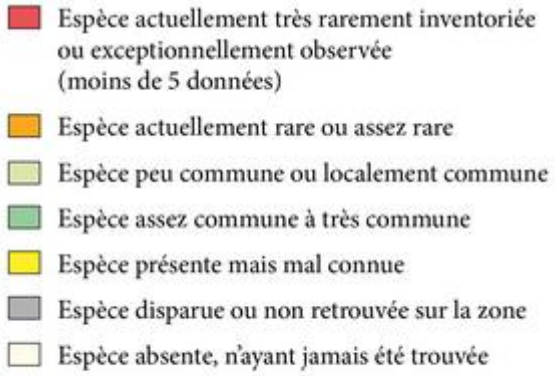
Son large spectre écologique et son aire de répartition très large font de *Strigamia crassipes* une espèce non menacée.

Répartition



3. LES CHIROPTERES

Légende des codes couleurs des cartes de répartition des chiroptères :



Miniopterus schreibersii

(Kuhl, 1817)



© Thomas Cuypers

Classe : Mammalia
Ordre : Chiroptera
Famille : *Miniopteridae*
Genre : *Miniopterus*

Description

La famille des Miniopteridae inclut un unique genre Miniopterus qui a longtemps été considéré comme une seule espèce cosmopolite. De nombreux travaux phylogénétiques de la dernière décade ont permis de dévoiler de nombreuses espèces cryptiques dont le Minioptère de Schreibers (Miniopterus schreibersii), décrit en Roumanie (Kuhl, 1817). Sa répartition court de la péninsule ibérique aux balkans sur la moitié Sud de l'Europe ainsi que sur la côte méditerranéenne du Maghreb (Bilgin, et al., 2012) Šrámek et al., 2013). Des travaux plus récents (Gurun, et al., 2019) ont confirmé le comportement très philopatrique des femelles qui sont donc extrêmement fidèles à leur site de naissance, contrairement aux mâles qui, en dispersant, assurent le brassage génétique des populations. Ceci s'explique par la grande capacité de vol de l'espèce qui peut effectuer des déplacements d'au moins 50 kilomètres en une nuit, ce qui lui permet de bénéficier d'un large réseau de gîtes nécessaire pour compléter son cycle biologique. Cavernicole, le Minioptère de Schreibers utilise majoritairement des cavités naturelles, des mines ou plus rarement des gîtes d'origine anthropique. Les zones de chasse sont très variées allant des forêts aux prairies. Les proies sont principalement des lépidoptères (papillons de nuits), des neuroptères (chrysopes) ou encore des diptères (moustiques). Plus récemment, il a été montré sa capacité à prédater certaines Espèces Exotiques Envahissantes comme la Pyrale du Buis bien présente en Ariège. Considérée comme "Vulnérable" sur l'ensemble de son aire de répartition comme en France, cette espèce montre d'importantes fluctuations dans ses effectifs. Elle est notamment menacée par la perte des habitats de chasse via l'artificialisation des sols, les pesticides, le développement de l'éolien industriel et du traffic routier ainsi que par les dérangements d'origine anthropique au sein des gîtes. En 2020, la population ariégeoise culmine à un total de 14 320 adultes dénombrés sur 8 cavités dont 5 abritant la

reproduction et 17 250 individus dénombrés sur 4 cavités abritant l'espèce en hibernation soit 20% de la population nationale connue. Tous les gîtes d'estivage, de reproduction et d'hibernation connus pour l'espèce en Ariège sont inclus dans le projet de RNN.

Statut	
Liste rouge Monde	NT
Liste rouge Europe	NT
Liste rouge France	VU
Protection nationale	☑
Annexe 2 Directive Habitat	☑

Tendances

Des suivis effectués depuis 1986 à nos jours tendant à montrer une forte diminution des effectifs reproducteurs (-50% en 30 ans) avec la disparition de certains gîtes abritant la mise-bas alors que les effectifs hivernants montrent une relative stabilité voire une légère augmentation sur le même pas de temps.

Menaces

Les gîtes du Minioptère de Schreibers en Ariège souffrent de différentes menaces, à savoir la destruction directe, leur aménagement, la fermeture du milieu à l'entrée, l'exploitation touristique, la fréquentation humaine ou encore le changement climatique. Certains sites bénéficient d'une protection réglementaire par arrêtés de protection de biotope mais de nombreux suivis ont montré une fréquentation parfois importante pendant les périodes de sensibilité (reproduction, hibernation) de cette espèce.

Répartition

Distribution en France de *Miniopterus schreibersii*



Source: Arthur.L & Lemaire.M, 2015.

Rhinolophus euryale

(Blasius, 1853)



© Boris Baillat

Classe : Mammalia
Ordre : Chiroptera
Famille : *Rhinolophidae*
Genre : *Rhinolophus*

Description

De taille intermédiaire entre le Petit et le Grand Rhinolophe, le Rhinolophe euryale, comme les autres espèces de ce genre, a un museau avec une « feuille nasale », en forme de "fer à cheval". En hiver il ne s'enveloppe jamais complètement dans ses ailes et les individus restent très espacés les uns des autres. Son ventre blanc crème et ses pavillons d'oreilles rosés aident à le distinguer des deux autres espèces.

Espèce dont la répartition mondiale est strictement circum-méditerranéenne. Il est principalement présent dans les régions à paysages karstiques, couvertes d'une mosaïque de milieux boisés et bocagers. Cavernicole et thermophile, il occupe en hiver tous types de gîtes souterrains, naturels ou non (grotte, carrière, cave..). En été il occupe essentiellement des réseaux karstiques. Occasionnellement, il peut utiliser des bâtiments : combles d'église, de château, maison.

En Ariège, la responsabilité du département est majeure avec notamment la plus grosse colonie d'hibernation connue pour l'espèce (3 400 individus à la Mine d'Unjat en novembre 2020, en faisant un gîte d'intérêt international). Les effectifs hibernants sont estimés à environ 3 500 individus, ceux reproducteurs à environ 5 000 (+/- 1 000) réparti sur 9 cavités toutes dans le projet de RNNS. Les chiffres nationaux que nous avons à disposition datent de 2013 et font part d'une connaissance d'environ 32500 R.euryale en mise-bas et 19 400 en hibernation. Si nous faisons le parallele avec l'Ariège nous pouvons évaluer d'après les colonies connues actuellement qu'aux alentours de 15% de la population nationale se situe dans les cavités inclus dans le projet de RNNS, et 18% pour la population hibernante. En prenant les chiffres de la mine d'Unjat en 2013 (N=2000), date identique de la synthèse nationale, cette cavité représentait à elle seule plus de 10% de la population hibernante de l'espèce en France.

Statut	
Liste rouge Monde	NT
Liste rouge Europe	VU
Liste rouge France	LC
Protection nationale	☑
Annexe 2 Directive Habitat	☑

Répartition

Distribution en France de *Rhinolophus euryale*



Source: Arthur.L & Lemaire.M, 2015

Tendances

En France, après un effondrement des populations d'environ 70% entre 1940 et 1980 (Brosset et al. 1988), les populations semblent aujourd'hui stables, voire en augmentation, en étant toutefois encore loin des effectifs du milieu du siècle dernier.

En Ariège, la difficulté de dénombrer les *R.euryale* en sortie de gîte durant l'été au milieu des autres espèces et le nombre important de sites, ne permettent pas d'évaluer correctement les tendances de population en parturition. Pour l'hiver, la mine d'Unjat regroupe 90% des effectifs connus, et montre des fluctuations importantes qui soulèvent des interrogations quant à la localisation de la colonie certaines années.

Menaces

De façon générale, les modifications du milieu (arasement des haies, drainage des zones humides…), effets négatifs des pesticides, perturbation du milieu souterrain, sont les menaces principales. Dans le département le système bocager étant relativement bien conservé, c'est surtout le dérangement qui pourrait causer un tort à la population, ponctuellement des coupes a blanc comme sur le site d'Unjat pourraient être préjudiciable à l'espèce.

Rhinolophus ferrumequinum

(Schreber, 1774)



© Boris Baillat

Classe : Mammalia
Ordre : Chiroptera
Famille : *Rhinolophidae*
Genre : *Rhinolophus*

Description

Le Grand Rhinolophe est le plus grand des trois rhinolophes présents en France. Il se distingue des deux autres espèces par la forme de sa lancette, ainsi que sa taille, nettement plus grande.

Son aire de distribution s'étend à partir de l'Espagne et de la France, en une longue bande s'étalant jusqu'à la Chine et le Japon.

Le Grand Rhinolophe fréquente les milieux souterrains l'hiver et les combles de bâtiments en été. Il est sédentaire et fréquente les paysages préservés privilégiant l'élevage extensif aux plaines céréalières intensives et préférant les paysages bocagers structurés par des haies, c'est-à-dire dans un contexte favorable pour la chasse. L'espèce se nourrit principalement de Lépidoptères et de Coléoptères (Boireau, et al.).

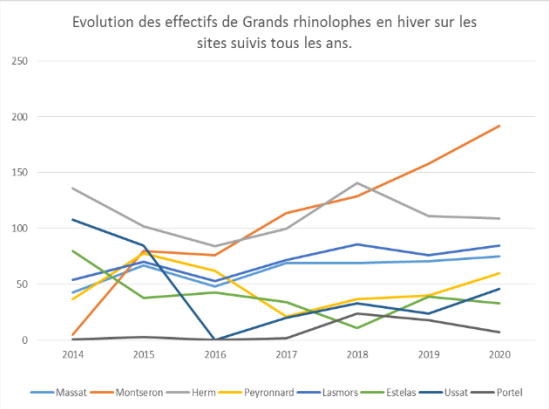
En Ariège, très peu de gîtes de mise bas sont connus en bâti mais plusieurs regroupements sont notés dans nombre de cavités souterraines. Les comptages hivernaux des sites connus permettent d'estimer à environ 2000 Grands rhinolophes, chiffre probablement très en de çà de la réalité compte tenu du contexte cavernicole ariégeois très développé où chaque cavité peut accueillir des individus isolés. Près de 50% de ces effectifs (environ un millier d'individus hibernants) se situent dans les cavités incluses dans le projet.

Statut	
Liste rouge Monde	LC
Liste rouge Europe	NT
Liste rouge France	LC
Protection nationale	☑
Annexe 2 Directive Habitat	☑

Tendances

R. ferrumequinum a montré des déclins marqués de son aire de répartition dans le nord-ouest de l'Europe au cours des 100 dernières années (Royaume-Uni, Allemagne, Autriche...) et a disparu dans certains pays (Belgique, Pays-Bas, ...). Cependant, il y a des signes de stabilisation et/ou de reprise dans certains pays de l'Europe (Hutson, et al., 2001).

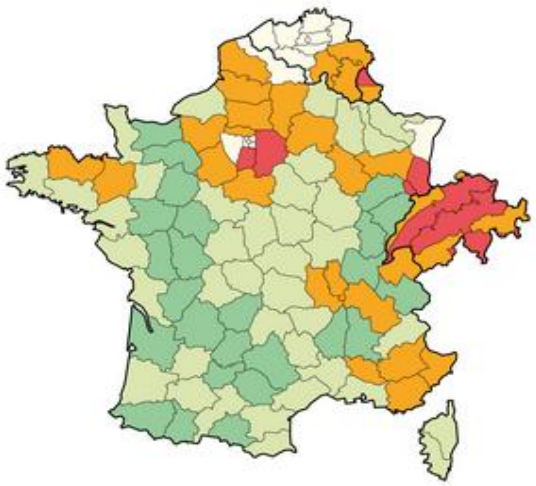
En Ariège, le constat est exactement le même, après des chutes d'effectifs, les tendances calculables d'après les suivis de cette dernière décennie indiquent des scenarii différents selon les sites, mais qui en globalité laissent présager d'une stabilisation voir légère augmentation des effectifs hivernaux.



Ce graphique illustre les tendances sur les sites suivis annuellement, on peut constater que certains sites diminuent (grottes de l'Estélas, des Eglises à Ussat), la majorité sont légèrement en augmentation ou stable (Herm, Peyronnard, Lasmors, Portel), alors que seul Malarnaud à Montseron est en augmentation importante (certainement lié au fait que la galerie inférieure est maintenant visitée annuellement).

Répartition

Distribution en France de *Rhinolophus ferrumequinum*



Source: Arthur.L & Lemaire.M, 2015

Menaces

La fermeture, disparition des gîtes de parturition, la modification des paysages, ainsi que les dérangements en hiver sont les principales causes du recul des populations du Grand rhinolophe.

Rhinolophus hipposideros

(Bechstein, 1800)



© Boris Baillat

Classe : Mammalia
Ordre : Chiroptera
Famille : *Rhinolophidae*
Genre : *Rhinolophus*

Description

Le Petit rhinolophe est le plus petit représentant de la famille des Rhinolophidés, il ne peut pas être confondu avec les autres espèces. Le pelage est brun clair sur le dos et grisâtre sur le ventre. Les membranes alaires et les oreilles sont marron clair.

Présent dans tout le Paléarctique occidental et central, on le trouve dans presque tous les pays européens.

En hiver, il occupe une diversité importante de cavités souterraines favorables : carrières, mines, aqueducs, galeries, tunnels, caves et des micro-cavités. Il hiberne en solitaire ou en petits rassemblements, plus rarement en essaim, et est très fidèle à son gîte hivernal. Les nurseries s'installent principalement en milieu bâti, des combles à la cave, de préférence tranquille ou abandonné, avec un optimum de température proche de 23°C. Espèce lucifuge par excellence, il délaisse les zones urbaines et péri-urbaines et préfère s'installer dans une campagne encore préservée. Il est lié aux forêts de feuillus ou mixtes, à proximité de l'eau, et fréquente aussi les milieux urbains dotés d'espaces verts. Il chasse à proximité de son gîte, dans une mosaïque d'habitats reliés au gîte par des haies (Némoz, et al., 2002). Son domaine vital varie considérablement en fonction des milieux, généralement de l'ordre d'une dizaine d'hectares (Arthur, et al., 2009).

En Ariège, cette espèce n'est pas rare, et le relativement bon état de conservation du système bocager du piémont pyrénéen, avec quantité de bâti ancien et beaucoup de cavités, constitue probablement un bastion pour les populations françaises. Toutes les cavités concernées par le projet de RNNS offrent des conditions favorables à l'hibernation de cette espèce. Certaines semblent plus favorables que d'autres avec des effectifs pouvant aller jusqu'à plus de 60 individus à la grotte de Lasmors.

Statut	
Liste rouge Monde	LC
Liste rouge Europe	NT
Liste rouge France	LC
Protection nationale	☑
Annexe 2 Directive Habitat	☑

Tendances

Le Petit rhinolophe, qui était autrefois une des chauves-souris les plus fréquentes d'Europe, a connu un déclin dramatique dans le nord de son aire de répartition, tombant à moins de 1 % des effectifs d'autrefois là où l'espèce n'a pas disparu.

L'espèce demeure présente un peu partout en France, avec de petites populations dispersées, et est donc aujourd'hui globalement rare et vulnérable sur le long terme. Sa situation est plus favorable dans le Centre, en Bourgogne, en Champagne-Ardenne, en Lorraine, en Franche-Comté, en Rhône-Alpes, en Corse et en Midi-Pyrénées (les deux dernières régions accueillent plus de 50 % des effectifs français estivaux, soit seulement quelques milliers d'individus).

Dans le département d'Ariège, il semblerait que les suivis montrent des tendances plutôt à la hausse dans les gîtes d'hibernation suivis annuellement. L'observation régulière de petites colonies de mise-bas en bâti laisse présager que l'espèce se porte bien. Mais sans réaliser de suivis réguliers sur les colonies de parturition les plus importantes (plusieurs colonies > 100 individus), il est impossible de donner une tendance fiable.

Menaces

Beaucoup de menaces ont pesé et pèsent encore sur cette petite espèce.

Les perturbations occasionnelles "classiques" (dérangement en hiver, rénovation du bâti, pertes de territoire de chasse, ...) ne peuvent à elles seules expliquer le déclin si brutal et général en quelques décennies du Petit Rhinolophe. La cause majeure semble de loin être l'utilisation de certains pesticides particulièrement toxiques et persistants dans l'après-guerre, dans l'agriculture et le traitement des charpentes, notamment le DDT et le lindane. Après l'interdiction du DDT, les effectifs se sont stabilisés et ne diminuent plus, ils remontent progressivement depuis les années 90 mais très lentement (Dietz, et al., 2009) (Arthur, et al., 2009).

Successivement viennent la disparition des habitats de chasses et de ses gîtes au travers de la fragmentation des paysages liés à l'aménagement du territoire au profit de l'agriculture intensive et à la disparition du bocage.

Les causes sont donc multifactorielles et complexes, et des territoires encore préservés comme celui de l'Ariège ont désormais une grande responsabilité dans la protection de cette espèce, qui y trouve des habitats encore très favorables pour son maintien.

Répartition

Distribution en France de *Rhinolophus hipposideros*



Source: Arthur.L & Lemaire.M, 2015

Myotis myotis - Myotis blythii

(Borkhausen, 1797) - (Tomes, 1857)



© Boris Baillat

Classe : Mammalia
Ordre : Chiroptera
Famille : *Vespertilionidae*
Genre : *Myotis*

Description

Le Grand murin et le Petit murin sont deux espèces très similaires. Elles sont probablement issues du même ancêtre commun ayant trouvé refuge lors de la dernière période glaciaire dans la Péninsule ibérique et dans les Balkans dont sont respectivement issus le Grand murin et le Petit murin. Dès la fin de la dernière extension glaciaire, ces deux espèces ont recolonisé l'Europe et vivent aujourd'hui en sympatrie. Ces deux espèces forment parfois des colonies mixtes et la présence d'hybridation fertile ne facilite pas l'estimation de leurs effectifs respectifs comme tel est le cas en Ariège. Ceci pose des problèmes de conservation, notamment pour l'estimation de l'état de conservation du Petit murin qui semble s'être largement dégradé ces dernières décennies. Ils possèdent malgré tout certaines différences notamment au niveau du régime alimentaire : le Grand murin est plutôt spécialisé dans la prédation de coléoptères terrestres et le Petit murin dans le glanage d'orthoptères. Ils possèdent aussi une phénologie de reproduction asynchrone : le Grand murin met bas plus tôt en saison (Mai/Juin) alors que le Petit murin est plus tardif (Juin/Juillet) ce qui s'explique probablement par une différence de phénologie d'émergence des proies. En Ariège, ces deux espèces sont bien présentes en été mais quasi-absente en hiver. L'ensemble des sites de reproduction connus sont intégré au projet de RNN mais des découvertes restent à faire tant pour d'éventuels gîtes en bâti que pour des gîtes hypogés accueillant l'hibernation.

Statut - Petit murin	
Liste rouge Monde	LC
Liste rouge Europe	NT
Liste rouge France	NT
Protection nationale	☑
Annexe 2 Directive Habitat	☑

Statut - Grand murin	
Liste rouge Monde	LC
Liste rouge Europe	LC
Liste rouge France	LC
Protection nationale	☑
Annexe 2 Directive Habitat	☑

Tendances

Il est impossible d'estimer les tendances pour ces deux espèces du fait qu'elles ne sont différenciables qu'en main (mesure de la rangée dentaire). Cependant, certains gîtes de reproduction ont été désertés au cours de ces 30 dernières années. Les effectifs des sites toujours occupés semblent stables voire en légère diminution.

Menaces

Insectivores, le Grand et le Petit murin sont menacés par la disparition de leurs proies au travers de l'artificialisation du sol et de l'intensification de l'agriculture. L'aménagement du territoire, notamment l'éclairage nocturne et la pollution sonore (traffic automobile) peuvent être des facteurs de perturbation importante dans la perte de territoire de chasse. Enfin, la perturbation des colonies de reproduction peut aussi avoir un impact sur la démographie de ces espèces. Les sites d'hibernation des colonies de reproduction ariégeoises étant probablement éloignés (Espagne, centre de la France...) les colonies sont menacées par les dangers présents sur les routes migratoires, notamment le réseau routier et les parcs éoliens.

Répartition

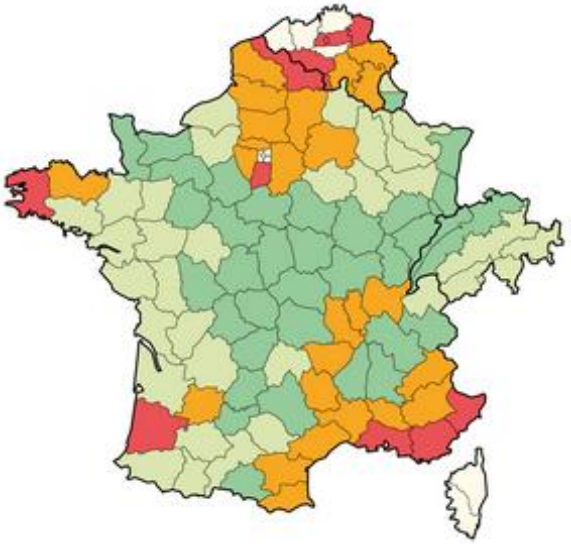
Distribution en France de *Myotis blythii*



Source: Arthur.L & Lemaire.M, 2015

Répartition

Distribution en France de *Myotis myotis*



Source: Arthur.L & Lemaire.M, 2015

Barbastella barbastellus

(Schreber, 1774)



© Boris Baillat

Classe : Mammalia
Ordre : Chiroptera
Famille : *Vespertilionidae*
Genre : *Barbastella*

Description

La Barbastelle d'Europe se reconnait aisément par sa couleur sombre, et ses oreilles dont leurs bords internes se rejoignent sur le front. En acoustique c'est aussi une espèce que se détermine facilement.
Espèce plutôt forestière, elle exploite quand même une grande variété de milieux tant que la diversité des habitats est bien présente.
Faisant partie des chiroptères les plus spécialisées en Europe, elle se nourrit presque exclusivement de microlépidoptères qu'elle capture en vol.
Les colonies sont plutôt de petites tailles (plusieurs dizaines d'individus, rarement plus) et localisées dans les arbres, dans diverses fissures, ou simplement derrière des volets. En hiver on la trouve souvent solitaire, dans les anfractuaosités de la roche, en grotte, tunnels, ou encore dans les trous d'arbres.
En Ariège très peu de colonies de parturition sont connues, et toutes se trouvent derrière des volets. En hiver c'est un hôte des cavités peu commun, mentionné seulement à raison de quelques individus par an, qui gitent préférentiellement dans les porches d'entrée.

Statut

Liste rouge Monde	NT
Liste rouge Europe	VU
Liste rouge France	LC
Protection nationale	☑
Annexe 2 Directive Habitat	☑

Tendances

Les tendances à l'échelle de la population de cette espèce peu fréquente sont plutôt à la baisse. En Ariège, avec les connaissances disponibles, il est impossible d'évaluer des tendances pour la population du département.

Menaces

L'uniformisation des milieux forestiers exploités et transformés en monoculture ne permettent pas à cette espèce de chasser ses proies favorites.

La transformation des paysages délaissant les bocages, en faveurs d'une urbanisation grandissante, sont une des causes majeures de sa régression.

En Ariège nous manquons de connaissance pour évaluer son statut, mais nous pouvons croire du fait des contacts acoustiques plutôt fréquent, qu'elle trouve dans ces territoires tout ce dont elle a besoin.

Répartition

Distribution en France de *Barbastella barbastellus*



Source: Arthur.L & Lemaire.M, 2015

Myotis capaccinii

(Bonaparte, 1837)



© Boris Baillat

Classe : Mammalia

Ordre : Chiroptera

Famille : *Vespertilionidae*

Genre *: Myotis*

Description

Espèce "pêcheuse" se caractérisant par des pieds de grandes tailles. Le museau est court, brun à rosé, et les narines sont proéminentes. Le tragus, typique, est en forme de « S ». Le pelage est long, paraissant givré, le dos est grisâtre, parfois légèrement brun, le ventre est blanc pur à blanchâtre.

Strictement inféodé aux cours d'eau méditerranéens, il chasse au-dessus de l'eau et cueille ses proies (diptères avec une grande proportion de chironomes, trichoptères) avec ses pieds ou son uropatagium. Qu'il s'agisse de la mise bas ou de l'hibernation, il est strictement cavernicole et exploite donc l'ensemble des milieux souterrains naturels ou artificiels.

En Ariège cette espèce a disparu depuis probablement plusieurs décennies. Toujours pour le département, le Murin de Capaccini fut mentionné dans plusieurs cavités par nombre de biospéléologues du milieu du XXième siècle. Il fut notamment connu de la grotte de Massat où un essaim de mise bas d'environ 400 individus semblait s'y reproduire. Ces informations semblent valides, malgré l'écologie de l'espèce et le secteur géographique discordant, puisque des individus provenant de ce site sont en collection au Muséum de Genève.

Statut	
Liste rouge Monde	VU
Liste rouge Europe	VU
Liste rouge France	NT
Protection nationale	☑
Annexe 2 Directive Habitat	☑

Tendances

Les effectifs sont très nettement en diminution dans son aire de répartition. En Espagne par exemple, elle aurait diminué de 30 à 50% entre 2006 et 2016 (UICN. 2016).

En Ariège, cette espèce est considérée comme éteinte et les dernières mentions datent de la grotte du Mas d'Azil où Alain Bertrand observe deux individus en septembre 1987.

Menaces

Etant une espèce cavernicole inféodée aux cours d'eau, tout dérangement en période sensible dans les sites souterrains utilisés et toute modification/altération des cours d'eau lui sont défavorables. Il semblerait qu'il affectionne plutôt les cours d'eau méditerranéens oligotrophes. Ce dernier habitat, se faisant de plus en plus rare autour du bassin méditerranéen français (en raison des pressions anthropiques, artificialisation des sols, aménagements des cours d'eau, eutrophisation), les populations se sont effondrées, et il demeure une espèce rare dans son aire de répartition.

Répartition

Distribution en France de *Myotis capaccini*



Source: Arthur.L & Lemaire.M, 2015

4. L'EUPROCTE OU CALOTRITON DES PYRENEES

Calotriton asper

(Dugès, 1852)



© Olivier Guillaume

Classe : Amphibia

Ordre : Urodela

Famille : *Salamandridae*

Genre : *Calotriton*

Description

L'espèce est endémique des Pyrénées, versants nord et sud. Relativement fréquente dans les torrents et lacs de montagne, elle est présente localement sur le piémont et dans quelques sites souterrains, dont la moitié située en Ariège. Typiquement aquatique, l'existence d'une phase terrestre chez cet Urodèle au cours du cycle de développement reste controversée. Cependant, particulièrement en milieu souterrain, les observations des jeunes stades restent rares. Juste après la métamorphose, les jeunes arborent une ligne dorsale jaune plus ou moins continue sur fond noir caractéristique. Cette ligne persiste plus ou moins chez l'adulte qui localement peut prendre différentes teintes (brun, olive noire mélanique en montagne). L'espèce se caractérise par une forte structuration génétique à l'échelle du massif avec une distance génétique particulièrement élevée chez les populations souterraines par rapport aux autres, y compris lorsque l'isolement géographique n'est que de quelques kilomètres.

Statut :	
Liste rouge Monde	LC
Liste rouge Europe	LC
Liste rouge France	VU
Protection nationale	☑
Liste rouge régionale Midi-Pyrénées	☑
Espèce endémique pyrénéenne	☑
Statut ZNIEFF	☐

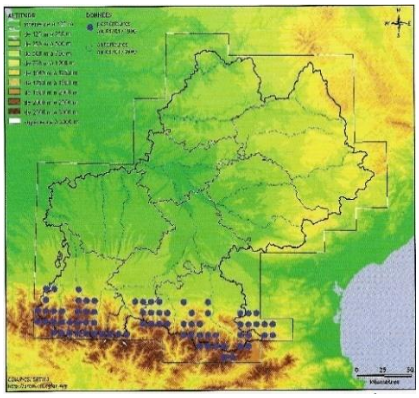
Tendances

L'espèce est largement répartie sur les Pyrénées, mais serait localement en régression par rapport à des données anciennes dans le piémont et à basse altitude ainsi que dans certains lacs en montagne. Cependant des observations récentes dans le piémont confortent l'hypothèse de l'existence de populations cryptiques et complète la répartition dans certains secteurs où l'espèce n'avait jamais été observée. Par manque de données, aucune tendance n'est évaluée à ce jour pour les quelques populations souterraines connues.

Menaces

L'espèce est vulnérable pas sa très faible fécondité et capacité de dispersion. Les populations souterraines sont particulièrement sensibles du fait de leur isolement géographique et leurs faibles effectifs. Le peu de données sur les changements globaux avec localement l'introduction d'espèces prédatrices ou compétitrices, les variations brusques de débits des cours d'eaux. L'impact de la fréquentation des cavités reste à évaluer.

Répartition



Pottier G et collaborateurs 2008

Moitessieria simoniana

(Saint-Simon, 1848)

Pas d'illustration disponible

Classe : Gastéropode
Ordre : Posobranche
Famille : *Hydrobiidé*
Genre : *Moitessiera*

Description

SYN. *M. fagoti Coutagne* 1883 ; *M. bourguignati Coutagne* 1883.

L : 1,5-2 ; D : 0,4-0,6 mm ; Coquille presque cylindrique à 6-7 tours de spire ; microsculpture composées de fortes stries longitudinales recoupant des stries spirales parallèles et formant une réticulation creusée de malléations rectangulaires ; 30-75 stries spirales par mm.

Animal dépigmenté et anophtalme.

ECOLOGIE. Aquatique souterraine connue des karsts et du milieu hyporhéique.

Statut :	
Liste rouge Monde	LC
Liste rouge Europe	LC
Liste rouge France	LC
Protection nationale	☑

Espèce déterminante ZNIEFF	☑

Tendances

L'absence de référence ancienne ne permet pas d'avoir une idée de l'évolution de ces populations.

Menaces

Espèce protégée (arrêté octobre 1992). Probablement non menacée au moins pour les populations des karsts (toutes les stations anciennes ont été retrouvées) ; en revanche celles du milieu hyporhéique, dont la découverte est récente (< 20 ans) sont fragiles et peuvent être menacées par la disparition du milieu (colmatage lié aux modifications importantes du transport des sédiments fins au niveau des aménagements hydroélectriques par exemple) ;

Répartition

LOCUS TYPICUS. Alluvions de la Garonne à Toulouse.

AIRE. Ouest méditerranéenne.

REPARTITION. Pyrénées et bassins du Tarn et de l'Aveyron.

Commun en Ariège devenant plus rare vers l'ouest avec une seule station connue dans les Hautes-Pyrénées ; rare et localisé (?) dans le Tarn et le Tarn-et-Garonne ; n'est pas connu au-dessus de 400 m pour les exutoires dont le point culminant des bassins est inférieur à 1000 m. La forme ayant donné le type n'est peut-être qu'une forme d'altitude.

Islamia moquiniana

(Dupuy, 1851)

Pas d'illustration disponible

Classe : Gastéropode
Ordre : Posobranche
Famille : *Hydrobiidé*
Genre : *Neohoracia*

Description

Syn. *Hauffenia minuta globulina* Paladilhe 1866, *Neohoratia globulina* Paladilhe 1866

L : 1-2,5 ; D : 1-1 ,5 mm. Coquille globuleuse à 3-3 ½ tours, le dernier très développé ; ombilic profond et étroit ; sutures très profondes. Opercule orangé. Coquille lisse, translucide devenant blanche lorsque l'animal est mort.

Animal dépigmenté et anophtalme.

Ecologie. Aquatique souterraine connue des karsts et du milieu hyporhéique.

Commun en Ariège et devenant plus rare vers l'ouest avec une seule station connue dans les Hautes-Pyrénées ; espèce « commune » dans la partie Massif Central, sauf le Lot, département où les recherches restent encore insuffisantes pour en avoir une bonne idée ; il n'est pas connu au-dessus de 600 m pour les exutoires dont le point culminant des bassins est inférieur à 1000 m.

Statut :	
Liste rouge Monde	LC
Liste rouge Europe	LC
Liste rouge France	LC
Protection nationale	☐

Espèce déterminante ZNIEFF	☑

Tendances

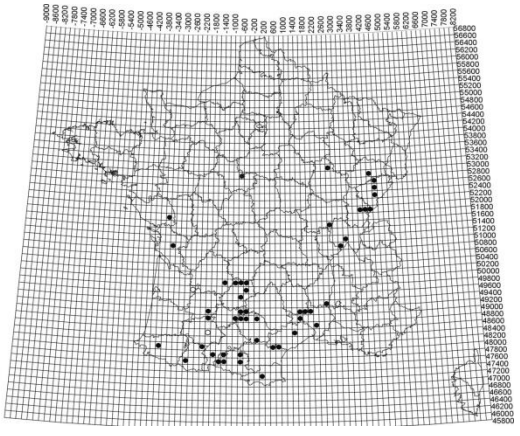
L'absence de référence ancienne ne permet pas d'avoir une idée de l'évolution de ces populations.

Menaces

Espèce protégée (arrêté octobre 1992).
Probablement non menacée au moins pour les populations des karsts (toutes les stations anciennes ont été retrouvées) ; en revanche celles du milieu hyporhéique, dont la découverte est récente (< 20 ans) sont fragiles et peuvent être menacées par la disparition du milieu (colmatage lié aux modifications importantes du transport des sédiments fins au niveau des aménagements hydroélectriques par exemple) ;

Répartition

Aire : France au sud d'une ligne Vendée Jura.



ANNEXE C. FICHES PERIODES

LE PALEOLITHIQUE

Le Paléolithique est la première période d'occupation humaine du continent européen, après une lointaine origine africaine dont l'aventure débute il y a plus de 6 ou 7 millions d'années. Que ce soit *Homo georgicus* par l'est ou *Homo antecessor* par le détroit de Gibraltar, les premiers humains européens, à partir de 2 millions d'années, sont des variations d'*Homo erectus* au sens large (les *Homo erectus* au sens strict étant les cousins asiatiques de cette première grande famille humaine). Ils sont porteurs d'abord de la culture oldowayenne (outillage de galets aménagés ou utilisation d'éclats simples), puis acheuléenne, marquée, à partir de 1,7 million d'années en Afrique, par la présence d'un outil caractéristique : le biface.

Sur cette base d'origine africaine émerge une nouvelle espèce locale, à partir d'environ 700 000 ans, *Homo heidelbergensis*, moins connu que celui qu'il deviendra en Europe : *Homo neanderthalensis*. Ce dernier va développer une culture particulière, à partir de 300 000 ans :

le Moustérien. Celui-ci se distingue par une expression de méthodes complexes de débitages d'éclats de plus en plus standardisés, eux-mêmes utilisés en outils spécialisés. Le biface peut perdurer, mais reste secondaire. Néandertal, emblématique de la Préhistoire européenne, sera ensuite remplacé assez rapidement, à partir de 46 000 ans, par un nouvel arrivant africain : *Homo sapiens*. Très invasif, il s'impose comme partout ailleurs dans le monde et déploie ses cultures, rassemblées dans l'ensemble du Paléolithique récent, très spécialisées et complexes, avec une partie artistique majeure dans l'histoire de l'art, et l'Azilien comme dernière variation culturelle dans le sud du continent. Cette culture marque la fin des temps glaciaires et du Paléolithique.

Axes de le programmation nationale de l'archéologie : axe 1, axe 2, axe 3

PALEOLITHIQUE ANCIEN ET MOYEN

La phase ancienne commence, pour la partie technique et culturelle, avec l'apparition des premiers outils (type Oldowayen), il y a 3,3 millions d'années en Afrique. Elle se termine, il y a environ 300 000 ans en Europe, avec la fin de l'Acheuléen dont les outils emblématiques sont le biface et le hachereau.

En Europe, l'apparition de l'Homme de Néandertal, il y a environ 300 000 ans, succède à l'Acheuléen par une longue phase de transition. La culture moustérienne, vaste complexe techno-culturel, se développe et couvre de manière synchrone tout le Paléolithique moyen, jusqu'à la disparition de Néandertal. Ce dernier commence à être remplacé par *Homo sapiens* par l'est de l'Europe à partir de - 45 000 ans et jusqu'à environ - 30 000 ans dans les confins de la péninsule ibérique.

Axe 2 : Humanités du Pléistocène supérieur et du début de l'Holocène

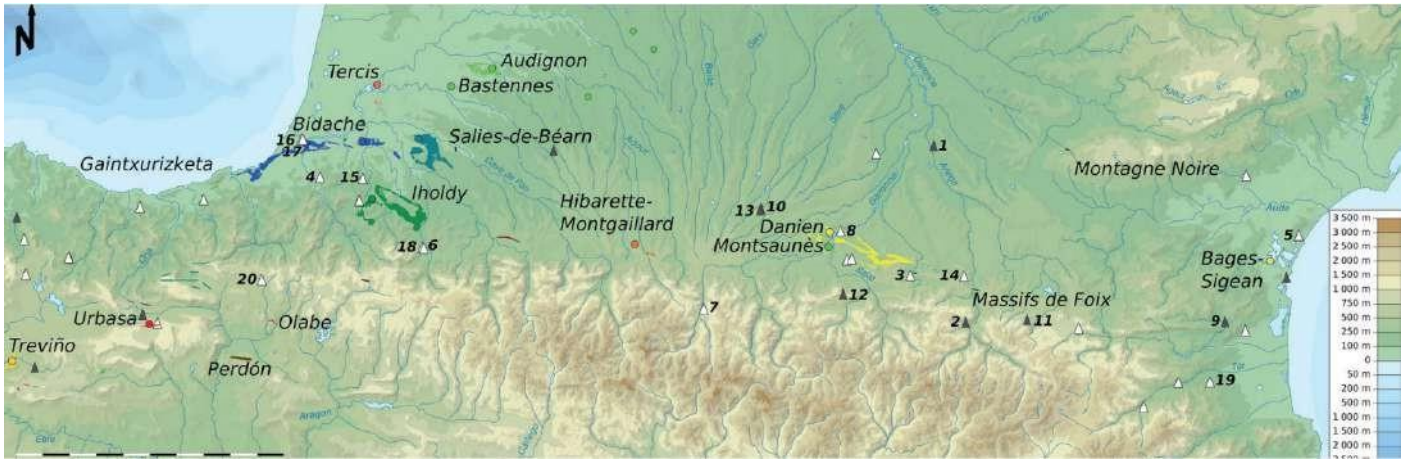
- 2.2 : Promouvoir et former à la détection des séquences archéo-sédimentaires du Pléistocène supérieur et du début de l'Holocène
- 2.3 : Les sociétés du Paléolithique moyen récent
- 2.4 : Les dernières manifestations du Paléolithique moyen et les premières manifestations du Paléolithique

supérieur

Les premières industries (galets aménagés) du Paléolithique ancien (inférieur) sont rares et parfois contestées. Sur le territoire français, nous retiendrons les sites de Soleilhac en Haute-Loire et du Vallonnet dans les Alpes-Maritimes. En Midi toulousain, elles resteraient associées aux anciennes terrasses alluviales du bassin du Midi toulousain, comme celles de Mondavezan ou de Nauterie à La Romieu, toutes les deux en Haute-Garonne. Il s'agit de quelques galets aménagés ou éclats, difficilement lisibles (érodés), associés à des corps alluviaux anciens. Ces industries ne sont pas à ce jour connues en Ariège.

La culture du Paléolithique ancien, l'Acheuléen, est très importante, puisqu'elle se retrouve, avec ses outils emblématiques que sont le biface et le hachereau, dans toute l'Afrique et dans une très grande partie de l'ancien monde, des côtes atlantiques européennes jusqu'au Sud-Est asiatique. Apparu en Afrique il y a 1,7 million d'années, l'Acheuléen se répand en Eurasie avec *Homo erectus* il y a environ 900 000 ans. Les grands outils coupants, bifaces et hachereaux, en sont les éléments caractéristiques, réalisés à partir de blocs ou de grands éclats. Régionalement, parmi les sites en grotte, il faut bien sûr citer la célèbre Caune de l'Arago à Tautavel dans les Pyrénées-Orientales, où a été conservée une importante série de fossiles humains (*Homo heidelbergensis*) associée à une industrie acheuléenne. Il ne faut pas oublier le site de la Terrasse à Montmaurin en Haute-Garonne. Cette grotte a livré aux fouilles d'après-guerre une importante collection acheuléenne classique, considérée comme une des rares références régionales. Les vestiges de cette culture sont très nombreux et se retrouvent en grande quantité au sein des corps sédimentaires. La vallée de la Garonne n'échappe pas à cette règle. En effet, les terrasses alluviales, notamment la moyenne terrasse, ont livré d'énormes quantités de vestiges lithiques de cette période, même si les contextes sédimentaires sont plutôt défavorables : en position secondaire dansles stratigraphies, si ce n'est la plupart du temps en surface au profit des labours. Ainsi nous citerons les sites de La Rominguière à Cornebarrieu (fouille L.-A. Lelouvier) de Bichou à Montaigut-sur-Save (fouille M. Jarry) ou Raspide (fouille D. Colonge), le premier étant rattaché à l'Acheuléen archaïque, le deuxième à l'Acheuléen dit "classique" et le troisième à l'Acheuléen supérieur.

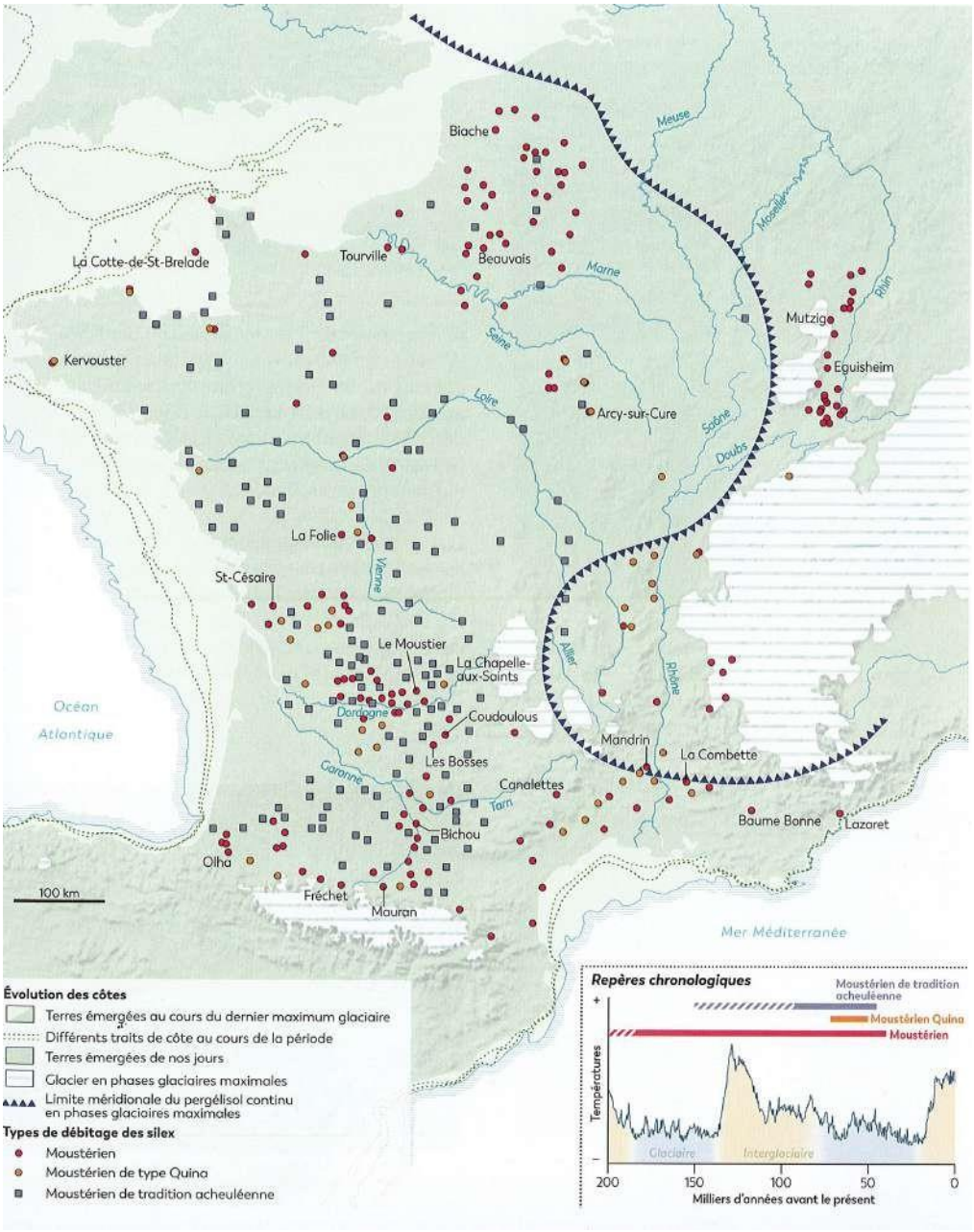
Le territoire ariégeois n'est pas en reste puisque les terrasses de l'Ariège ont elles aussi livré des industries de cette période. Malheureusement, elles sont toutes issues de découvertes de surface, ou au sein de stratigraphies perturbées. L'Acheuléen, cantonné au piémont montagnard, n'est pas encore connu dans les grottes ariégeoises.



Principales formations à silex du domaine nord-pyrénéen avec indication des types (compte tenu de l'emprise de la carte, les formations du pourtour de la Montagne Noire ne sont qu'évoquées). Les sites emblématiques du Paléolithique ancien et moyen sont représentés (symboles en blanc pour le Paléolithique moyen récent). La numérotation suit l'ordre de mention dans le texte : 1. Infernet (Clermont-le-Fort, Haute-Garonne) ; 2. Bouichéta (Bédeilhac-et-Aynat, Ariège) ; 3. Malarnaud (Montseron, Ariège) ; 4. Olha (Cambo-les-Bains, Pyrénées-Atlantiques) ; 5. Crouzade (Gruissan, Aude) ; 6. Gatzarria (Ossas-Suhare, Pyrénées-Atlantiques) ; 7. Noisetier (Fréchet-Aure, Hautes-Pyrénées) ; 8. Mauran (Haute-Garonne) ; 9. Caune de l'Arago (Tautavel, Pyrénées-Orientales) ; 10. Terrasse (Montmaurin, Haute-Garonne) ; 11. Tuteil (Montségur, Ariège) ; 12. grotte Blanche (Balaguères, Ariège) ; 13. Coupe-Gorge (Montmaurin, Haute-Garonne) ; 14. Portel (Loubens, Ariège) ; 15. Isturitz (Saint-Martin-d'Arberoue, Pyrénées-Atlantiques) ; 16. Prissé (Bayonne, Pyrénées-Atlantiques) ; 17. Jupiter (Bayonne, Pyrénées-Atlantiques) ; 18. Harregi (Aussurucq, Pyrénées-Atlantiques) ; 19. Montou (Corbère-les-Cabanes, Pyrénées-Orientales) ; 20. Abauntz (Arraitz-Orkin, Navarre). DAO : T. Minet (d'après Minet et al., 2022)

Le Paléolithique moyen (~ -300 000 à -35 000) apparaît en Europe synchrone d'une espèce humaine, *Homo neanderthalensis,* et de la culture qu'il porte, le Moustérien. Cependant, on le retrouve en Afrique du Nord et au Moyen-Orient avec un contemporain de Néandertal : *Homo sapiens*. L'industrie lithique est marquée par un débitage, parfois complexe comme le débitage dit "Levallois", de petits éclats standardisés et par l'utilisation de racloirs, de pointes et de denticulés. On note bien sûr de nombreuses variations selon les lieux et le temps. Parfois une forme d'éclat est sur-représentée ou un type d'outil est plus présent qu'un autre (grands racloirs épais, outils denticulés…). Dans certaines régions, desbifaces apparaissent, on parle alors de "Moustérien de Tradition Acheuléenne", même si les relations avec l'Acheuléen ne sont que formelles. De même, des lames de pierre, qui seront systématiques au Paléolithique supérieur, sont présentes dans le Moustérien du nord de la France vers 80 000 ans. L'interprétation de ces variations est délicate : adaptations aux changements ? variabilité fonctionnelle des sites ? véritables nuances culturelles ? La réalité est sûrement multiple.

Les vestiges laissés par les Néandertaliens sont très nombreux sur le territoire français, aussi bien en plein air qu'en grotte. Ils sont les témoins de cette longue période où ces Européens sont les seuls sur le continent. Ils aiment se parer de couleurs et de plumes, ils enterrent leurs morts dans de véritables tombes, dès 50 000 ans, comme celles de La Chapelle-aux-Saints en Corrèze, du Moustier (le site éponyme du Moustérien) ou de La Ferrassie, tous les deux en Dordogne. Ils pratiquent même une forme d'art simple et schématique.



Carte des principaux sites moustériens français (Jarry 2023, dessin A. Boissière, in Garcia et Bouiron 2023)

À l'échelle des Pyrénées et de son piémont nord, le Moustérien est représenté par de nombreux gisements, aussi bien en plein air qu'en grotte. Nous n'évoquerons que les plus importants ou les proches. Notons d'abord une importante variation dans les Pyrénées basques, où le Moustérien, marqué notamment par la présence de petits hachereaux (outils sur éclats avec un tranchant transversal non retouché), a incité François Bordes à créer le Vasconien, sorte de variation basque du Moustérien de Tradition Acheuléenne. Le territoire de l'Ariège semble hors de l'influence de cette culture.

Un site moustérien est important, même si archéologiquement il n'apporte que peu d'informations puisque mélangé avec une faune plus ancienne. Il s'agit du site de l'Infernet à Clermont-le-Fort en Haute-Garonne. En effet, c'est ici qu'a pu être démontrée, dès 1853 (mais malheureusement publiée après Boucher de Perthes), l'ancienneté des outils de pierre, contemporains de faunes éteintes.

Une séquence stratigraphique importante est celle de la grotte de Coupe-Gorge à Montmaurin en Haute-Garonne, fouillée après-guerre sous la direction de Louis Méroc et dont la fouille a été reprise récemment (A. Vialet). Il s'agit d'une très importante séquence couvrant une chronologie très longue, soit près de 400 000 ans, avec notamment des vestiges humains.

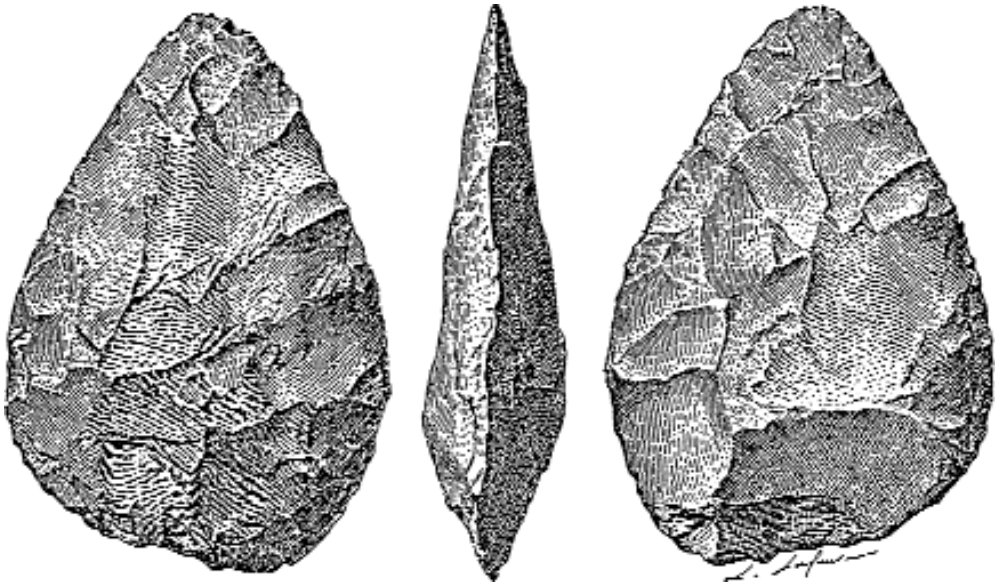
Plus proche de l'Ariège, nous noterons le site de Mauran en Haute-Garonne. C'est un site de plein air, à 270 m d'altitude, fouillé dans les années 1980 par C. Farizy. C'est un site spécialisé dans l'acquisition, l'exploitation et la consommation de bisons, en fin de bonne saison. Plus d'une douzaine de dates ont été obtenues pour le niveau supérieur, donnant des âges compris entre 47 400 ± 3400 et 31 700 ± 2100 avant le présent. L'industrie lithique est surtout réalisée à partir de roches locales. L'assemblage correspondrait à un techno-complexe Moustérien à denticulés de débitage Discoïde *stricto sensu*.

Plus éloigné mais intéressant puisqu'il concerne l'investissement de Néandertal en altitude : la grotte du Noisetier, à Fréchet-Aure en Haute-Garonne, fouillée par M. Allard puis plus récemment par V. Mourre.Cette petite grotte se trouve à plus de 820 m d'altitude dans la vallée d'Aure. Elle présente une séquence stratigraphique complexe qui comprend trois ensembles principaux, les couches 1, gb, et l'ensemble 2/3. Les dates obtenues pour la couche 1 donnent des âges compris entre 42 000 +3100/-2300 et 31 500 ± 600 BP. Le site pourrait correspondre à un habitat temporaire ou à une étape dans le déplacement des groupes.

Une fois tracé à grands traits ce contexte, il existe, en Ariège, quelques occurrences d'occupations moustériennes, en plus de celles que nous décrirons *infra*, livrées par des cavités concernées par le projet de la réserve. Ainsi, il convient de noter des signalements à Fabas (R. Simonnet), aux grottes du Tuteil à Montségur, à Blanche à Balaguères, ou encore à Bouichéta à Bédeilhac-et-Aynat. Ce dernier, situé dans le bassin de Tarascon-sur-Ariège, fait partie des travaux précoces de la fin du XIX^{e} siècle par F. Garrigou qui, dès cette époque, a pu établir la corrélation entre le retrait des glaciers et les cavités où diverses espèces éteintes du Quaternaire ont pu être découvertes. Les faunes, généralement tempérées et caractéristiques du milieu montagnard (bouquetin, isard, *Ursus spelæus*…), et les contraintes de peuplement paléolithique conditionnées par les englacements nous permettent de penser que ces indices d'occupation humaine seraient essentiellement attribuables au Dernier Interglaciaire ou à une période tempérée du début Würm (stade isotopique 5 *sensu lato*). Les bifaces, façonnés sur des quartzites pyrénéens ou sur quartz y sont attestés à l'unité, associés à quelques nucleus et éclats issus d'un débitage Discoïde.

Le site de la Tute du Pélerin à Fabas est un site important découvert récemment (2020). Il est fouillé sous la direction de Théo Minet. Ce site, qui n'est encore qu'à la phase exploratoire, livre, au sein d'une coupe dans une corniche, correspondant à une ancienne galerie ou salle effondrée, une séquence importante, sans doute dès les phases anciennes du Moustérien jusqu'à des occupations plus récentes.

Plusieurs sites compris dans le projet de la réserve ont livré ou sont susceptibles d'avoir livré des données du Paléolithique moyen.Dans les galeries moyennes et la galerie Lagarde de la grotte de Labouiche fut découvert, au sein d'un dépôt alluvial de galets et de sables marqué par une pellicule de manganèse, un éclat quadrangulaire en quartzite, une vertèbre de bison ou de grand bœuf, *Urus,* et des os d'ours. Il pourrait s'agir des vestiges d'un gisement moustérien ancien (dit "prémoustérien" à l'époque) déplacé par les eaux.



Grotte de l'Herm, biface en quartzite (d'après Cartailhac 1895)

À la grotte de l'Herm au sein d'un ensemble faunique bien plus important, A. Caussou prélève des quartzites taillés, dont deux bifaces. Le Muséum d'histoire naturelle de Toulouse conserve aussi un chopper, un biface et un hachereau en quartzite noir (sans doute ceux découverts par E. Cartailhac en 1895), ainsi qu'un éclat peut-être retouché en grattoir. À la grotte de l'Estelas, Jean Clottes signale en 1982 que, lors de fouilles clandestines, il a pu être repéré un outillage du Paléolithique moyen. Cette occurrence possiblement moustérienne est restée inédite. Cependant, il n'est pas impossible que ce mobilier soit aussi du macro-outillage néolithique.

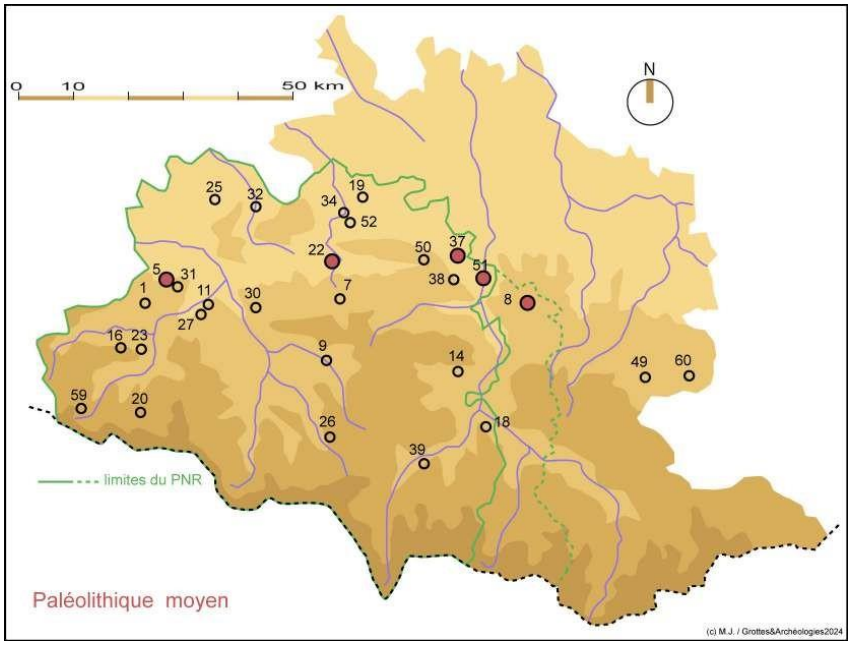
Localisées dans la vallée de l'Arize, les cavités de Malarnaud-Soulabé à Montseron ont livré un imposant mobilier paléontologique. Cependant, des indices d'occupations moustériennes sur éclats de silex ou de quartzite ont été signalés, ainsi qu'une lamelle d'ivoire fossile travaillé. Un point archéologique important est à noter : c'est dans la grotte de Malarnaud que le premier fossile néandertalien de France a été découvert à la fin des années 1880. Il s'agit d'une mandibule d'enfant, étudiée à l'époque par H. Filhol, et qui est actuellement conservée dans les collections du Muséum national d'histoire naturelle. Cet ensemble est exceptionnel compte tenu du contexte, même si les vestiges archéologiques sont rares. Il pourrait dater d'environ 130 000 à 50 000 ans et mériterait d'être révisé.

Enfin, la grotte du Portel est sans doute, à 480 m d'altitude et à proximité d'un col et d'un réseau souterrain, au sein du projet de réseau de la réserve, le site moustérien le plus important en termes de stratigraphie. En effet, celle-ci encadre, entre les couches I et H, le stade isotopique 4 qui correspond dans les Pyrénées au dernier maximum d'englacement. Le site du Portel-Ouest comprend des ensembles rattachés au stade isotopique 3. La

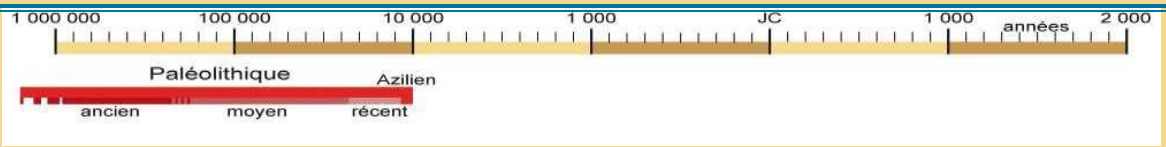
séquence fouillée entre 1949 et 1987 par J. et J. Vézian comprend plusieurs niveaux avec des assemblages moustériens issus des couches H à C. Les datations ont donné des âges de 44 400 ± 6600, 44 000 ± 6600 et 44 900 ± 6700 BP pour les couches principales, respectivement F1, F2 et F3. Les données recueillies permettent d'y voir un site d'habitat, avec des occupations récurrentes qui ont livré plusieurs vestiges néandertaliens, en l'occurrence des dents et des éléments crâniens. Au niveau de la faune, à travers la succession des niveaux, le renne, le cheval et le bison dominent dans une alternance d'épisodes froids et de phases de réchauffement. L'industrie lithique est dominée par les quartz et elle montre des apports de silex, parfois plus distants.

Les assemblages successifs pourraient correspondre à un techno-complexe du Moustérien à denticulés (G), puis à de nombreux racloirs avec éléments Quina (F), de nouveau à denticulés (D), enfin à des éléments Levallois avec un techno-complexe moustérien à composante bifaciale (C) en sommet de séquence (Moustérien de Tradition Acheuléenne ?). Les fouilles, reprises récemment sous la direction de G. Becam, apporteront sans doute un nouveau regard sur cette séquence.

- Cazavet, grotte de l'Estelas
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Loubens, grotte du Portel
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Vernajoul, grotte de Labouiche



PALEOLITHIQUE RECENT



Cette période commence en Europe à l'arrivée d'une nouvelle espèce humaine originaire d'Afrique : *Homo sapiens*, soit à partir de - 46 000 ans. La période se termine avec la fin de la période glaciaire, il y a 11 700 ans. Cette période est marquée par une phase glaciaire très vigoureuse avec des glaciers au nord de l'Eurasie et un climat très froid dans le sud. Plusieurs cultures vont se succéder en Europe, du plus ancien au plus récent : le Châtelperronien, l'Aurignacien, le Solutréen, le Badegoulien, le Magdalénien et l'Azilien, que nous traiterons à part étant donné son importance en Ariège. Le Paléolithique supérieur européen connaît en outre l'explosion des expressions graphiques complexes.

Axe 2 : Humanités du Pléistocène supérieur et du début de l'Holocène

- 2.4 : Les dernières manifestations du Paléolithique moyen et premières manifestations du Paléolithique supérieur
- 2.5 : Les sociétés de l'Aurignacien et du Gravettien
- 2.6 : Les sociétés de la seconde partie du Paléolithique supérieur/récent

La première culture de ces migrants *Homo sapiens* en France serait le Châtelperronien, connu de la Bourgogne au grand Sud-Ouest. Il se distingue du Moustérien qui le précède par la fabrication de lames de silex avec un bord retouché non tranchant formant des couteaux (pointes de Châtelperron), par l'utilisation d'outils en os et surtout par le goût pour les parures (des dents d'animaux percées ou pendeloques en os).

Ces groupes sont suivis par les Aurignaciens qui vont, pendant 10 000 ans, s'implanter dans toute la partie tempérée du continent européen. On distingue le Proto-Aurignacien, l'Aurignacien ancien qui subit un climat plus rude, et l'Aurignacien récent. Ce dernier connaît une extension géographique maximale, sans doute à la faveur d'un adoucissement du climat. Des sagaies en os avec de petites lamelles de silex retouchées permettant de les armer, des grattoirs en silex, de nombreuses parures, avec des variantes dans le temps et l'espace, sont dans leur besace. Le domaine artistique s'impose comme majeur. Les œuvres pariétales de la grotte Chauvet sont emblématiques par leurs qualités techniques et leur beauté formelle. La période dans laquelle nous rentrons est celle de l'explosion, dans des proportions jusqu'à présent inédites, des expressions graphiques.

Le Gravettien et le Solutréen qui suivent sont dans cette dynamique, avec la particularité, pour la première, des représentations féminines : les "Vénus". Nous les retrouvons de l'Atlantique à la Sibérie, ce qui démontre l'extension territoriale que peuvent prendre les courants artistiques paléolithiques lorsqu'ils s'émancipent des grottes. Avec le Gravettien et surtout le Solutréen, nous entrons dans le cœur de la dernière grande glaciation (OIS 2). Les paysages sont ouverts, steppiques, les sols pouvant rester gelés en été. Le renne et les espèces glaciaires et périglaciaires comme l'antilope Saïga sont au menu des préhistoriques. Le renard polaire est commun sur ces territoires dont la surface habitable s'est particulièrement réduite, même si les côtes se sont éloignées du fait de la concentration de l'eau dans les calottes glaciaires. Ainsi, le nord de la France est abandonné, au même titre que les massifs montagneux devenus inaccessibles. Quant aux grandes plaines, elles ne sont guère accueillantes.

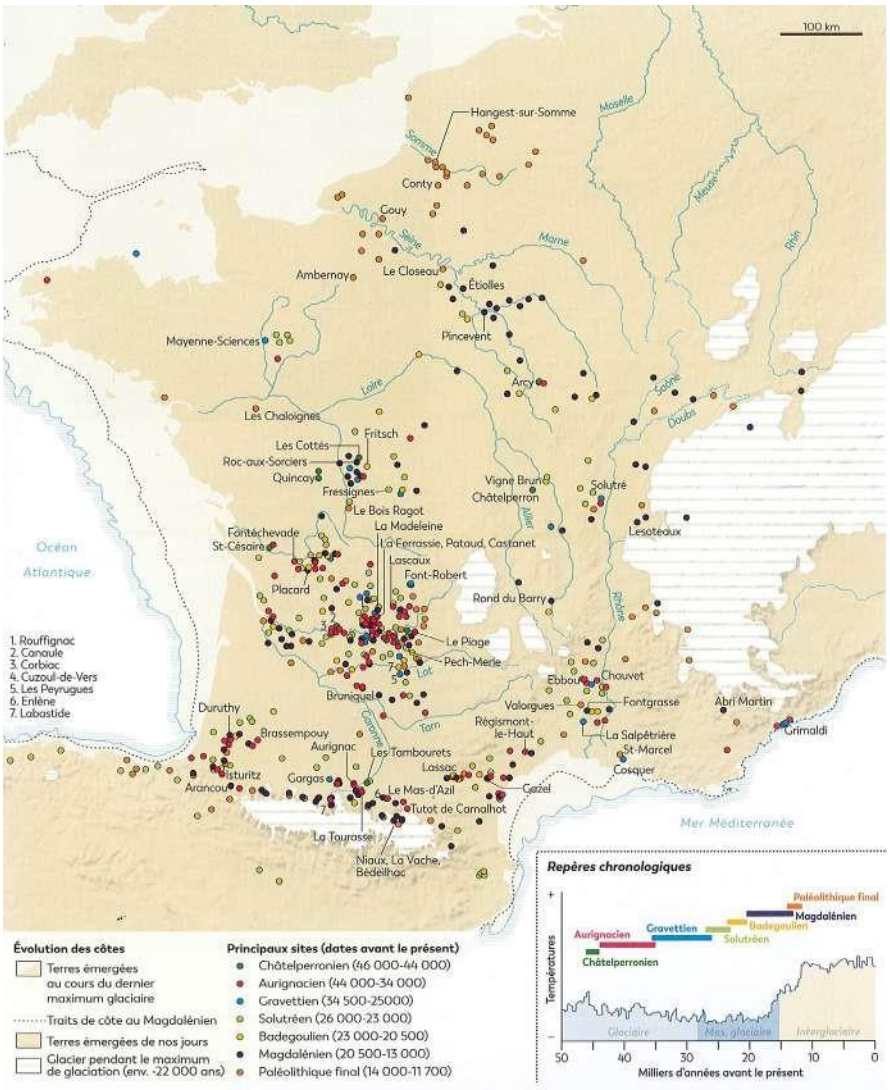
C'est donc dans les vallées méridionales resserrées des piémonts et des causses que vont vivres nos préhistoriques, développant des faciès particuliers au sein de leurs propres cultures globales. Ainsi, le Gravettien est subdivisé en quatre périodes avec des changements dans l'outillage, passant par exemple de la domination de certaines petites pointes ou des petites armatures spécifiques. Ce qui est aussi intéressant, c'est de voir se développer des sortes de traditions régionales. Il en est de même pour le Solutréen, contemporain de la période la plus froide de la dernière glaciation. C'est sans doute à ce moment du Paléolithique supérieur que nous avons la plus forte résilience des groupes de chasseurs-cueilleurs. Ce sont aussi de grands artistes, jusqu'à leur outillage de pierre. En effet, la virtuosité technologique qu'ils investissent dans les pièces façonnées, notamment les grandes "feuilles de laurier" expriment sûrement autre chose que leur simple fonction utilitaire.

À la fin du maximum glaciaire, sous un climat encore très rude, se développe une culture très particulière, le Badegoulien, qui contraste fortement avec ce qui précède et ce qui suit. Les préoccupations ne semblent plus être les mêmes : l'outillage lithique et osseux apparaît "simplifié", l'art n'est connu que par quelques gravures sur des plaquettes de calcaire. Curieux "entracte" avant le retour des grands artistes.

Le Magdalénien voit petit à petit le climat s'améliorer, avec des variations intermédiaires plus rudes. La faune reste celle des milieux froids et steppiques (cheval, bison…). Pendant cette longue période, de nombreux changements sont observables dans les outils des chasseurs-cueilleurs, avec le développement de productions spécifiques et expertes de lames et de lamelles. Ces dernières sont de plus en plus standardisées, retouchées, devenant petit à petit des triangles, armatures de pièces composites qui vont remplacer les pointes à pédoncules du début de la période. Apparaîtront aussi les harpons en bois de renne. Le point marquant des cultures magdaléniennes, c'est leur propension à mettre de l'art partout. En effet, avec des qualités techniques surprenantes, l'art est omniprésent, sur les outils en os ou en bois de renne, les vêtements, les pierres, les parois des cavernes, les rochers. Le réalisme des représentations est parfois troublant, associé à de très nombreux signes abstraits.

Le Paléolithique final accompagne la fin de la période glaciaire (qui connaît encore de brusques oscillations). Les faunes froides quittent nos contrées pour des faunes tempérées (cerf, chevreuil, sanglier, aurochs…). La forêt boréale remplace la steppe. Au substrat magdalénien européen très stable vont succéder des cultures très changeantes avec de nombreuses variations locales. En France, on distingue l'Azilien dans le sud, avec la variante valorguienne en Provence et le Federmesser dans le nord.

Nous ne détaillerons pas les gisements majeurs de cette vaste et riche période et renvoyons à la carte des principaux sites figurée ici. On notera l'importance des régions Charentes/Périgord/Quercy, puis du monde pyrénéen.



Carte des principaux sites du Paléolithique récent français (Jarry 2023, dessin A. Boissière, in Garcia et Bouiron 2023)

L'Ariège au Paléolithique supérieur est riche de très nombreux sites de toutes les cultures, bien qu'assez inégalement partagées. Une partie de cette disparité peut être expliquée par la présence d'un glacier important en phase de maximum glaciaire, qui a dû contraindre les populations et limiter leur accès au milieu montagnard. Quelques rares sites châtelperroniens sont identifiés. Une station de surface est signalée à Roquecourbère (Betchat) et a fait l'objet de plusieurs sondages sans succès dans les années 1970. On notera la proximité de la grotte de Tarté à Cassagne, qui est en Haute-Garonne, mais qui a livré une couche châtelperronienne aux fouilles anciennes. Une des rares occurrences à noter est celle du Portel-Ouest sur laquelle nous reviendrons.

Les indices d'occupations aurignaciennes ne sont guère plus nombreux, en regard de la durée de persistance de cette culture et de la proximité du site éponyme. On notera La Tutot de Camalot à Saint-Jean-de-Verges, grotte fouillée par J. Vézian dans l'entre-deux-guerres et qui comprend deux niveaux aurignaciens. Des indices sont signalés au Couteret à Cérizols. La grotte de Tarté, bien qu'en territoire haut-garonnais, peut être encore citée dans le voisinage très proche. En outre, sur le territoire ariégeois, La grotte du Mas-d'Azil, dont nous reparlerons *infra*, apparaît comme un des rares points ayant livré des vestiges de la culture aurignacienne (ancienne et récente). En effet, un important niveau archéologique a pu être identifié et il a pu être évalué qu'un potentiel important existe encore sur place. Au-delà du point supplémentaire sur la carte, cette découverte a permis de démontrer l'existence de sites dans les fonds de vallées et donc de modifier la perception de l'occupation des territoires de ces groupes préhistoriques.

Le Gravettien est tout aussi discret. La pointe de la Font-Robert étant absente du monde pyrénéen, c'est donc un gravettien à burin de Noailles que nous retrouvons ici. Une fois de plus, il est signalé à Tarté, même si c'est hors Ariège. Il a été retrouvé à la grotte d'Enlène, dans un diverticule à Montesquieu-Avantès, à la grotte du Portel à Loubens, à la Tutot de Camalot à Saint-Jean-de-Verges, à Sers et à la grotte de la Carane-3 à Foix. Cette dernière,

fouillée par R. Simonnet dans les années 1960 et révisée récemment, a livré un matériel gravettien, sans doute en deux phases, dont la composition plaide en faveur d'une occupation de très courte durée. Enfin, il convient de noter la présence d'art pariétal gravettien à la grotte des Trois-Frères à Montesquieu-Avantès, à rapprocher des niveaux de la même période de la grotte d'Enlène qui est communicante avec elle.

Le Solutréen n'est représenté en Ariège que par quelques rares occurrences, qui sont le plus souvent des pièces ou fragments de pièces solutréennes dans des contextes mal assurés ou en position secondaire dans les niveaux plus récents. Ainsi, on en retrouve dans les cavernes du Volp à Montesquieu-Avantès (les Trois-Frères / Enlène / Le Tuc d'Audoubert), au Portel à Loubens, à la Carane-3 à Foix ou au Mas-d'Azil (cf. *infra*). Le petit site de plein air au pied de la grotte de Roquecourbère à Betchat est très intéressant dans ce contexte, puisqu'il s'agit d'un atelier de taille, fouillé dans les années 1930 par T. Russell et H. Bégouën. Au Mas-d'Azil comme à Roquecourbère, ce solutréen serait récent.

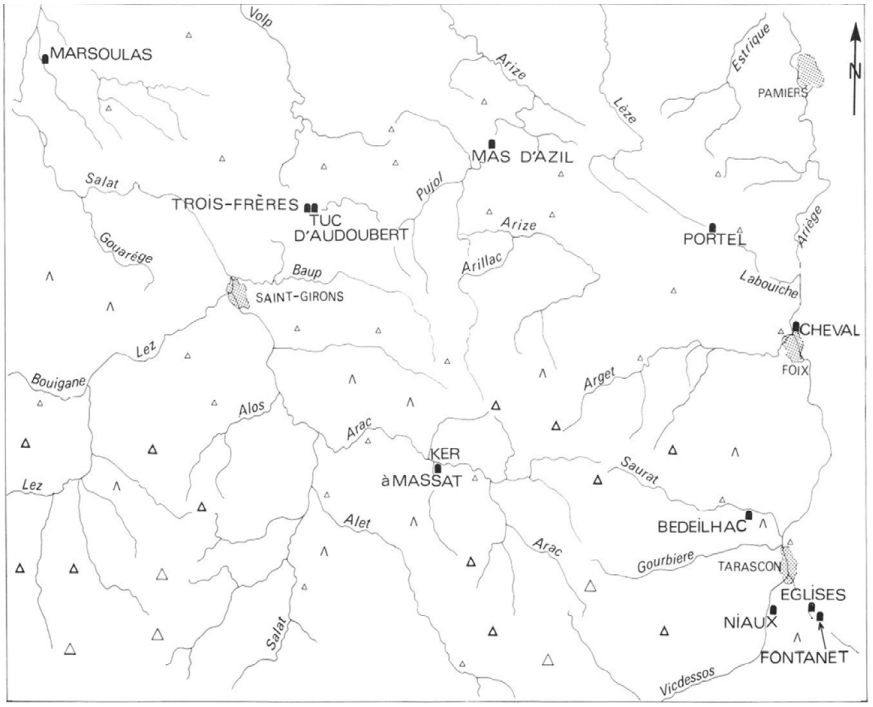
Le Badegoulien serait encore plus rare sur le territoire ariégeois, posant la question même de son existence ("no man's land badegoulien"). Il y aurait des éléments à la grotte d'Enlène à Montesquieu-Avantès. La faune d'un petit niveau de la grotte du Mas-d'Azil a donné une datation C14 de cette période.

Enfin, par contraste, la Magdalénien ariégeois est très riche, offrant un patrimoine culturel et artistique de très haut niveau. La multitude de sites, que nous ne pourrons évidemment pas énumérer de manière exhaustive ici, a fait qualifier cette période par L. Méroc d'âge d'"Or de la Préhistoire Pyrénéenne", avec des sites en grottes, dont certains livrant un art pariétal majeur et des sites de plein air. Si, dans la même logique que le Badegoulien, le Magdalénien ancien n'est pas connu en Ariège, les occupations du Magdalénien moyen, de 19 000 à 16 500 avant le présent, sont très nombreuses, au point qu'ici nous ne pouvons proposer autre chose qu'un rapide survol.



Le secteur est du site magdalénien de plein air de Peyre Blanque à Fabas (d'après clichés et DAO M. Willis in Lacombe et al. 2015).

Quelques sites de surface sont connus, et certains fouillés, comme le site de La Nogarède ou encore le remarquable site de Peyre Blanque, fouillé récemment par S. Lacombe à Fabas, mais la grande majorité (9 sur 10 d'après J. Clottes) des habitats en Ariège est connue en grotte : Bédeilhac, les cavernes du Volp (Enlène, les Trois-Frères, le Tuc d'Audoubert), les grottes du Cheval, des Églises, de Fontanet, du Ker de Massat, de Labouiche, du Mas-d'Azil, de Montfort, de Niaux, du Portel, de Rhodes II, de Roquecourbère, de Sakanie, du Trou Violet ou de la Vache. Il peut être remarqué une très forte augmentation des gisements pendant le Magdalénien par rapport aux périodes précédentes, et il faut noter qu'avec le réchauffement de la fin de la période glaciaire, nous assistons à une véritable conquête du niveau montagnard, avec par exemple les grottes des Églises à Ussat, de Fontanet à Ornolac-Ussat-les-bains, de Niaux et de la Vache à Alliat ou encore celle de Bédeilhac.



Carte des grottes ornées ariégeoises (d'après Vialou 1986)

L'art magdalénien est un phénomène important dans les Pyrénées et plus particulièrement sur le territoire ariégeois. Nous citerons Bédeilhac, Niaux, les Cavernes du Volp (le Tuc d'Audoubert et les Trois-Frères), les Églises, Massat, Cheval, le Portel et le Mas-d'Azil. De même, l'art mobilier (art "transportable") est très riche en quantité et en qualité, avec un site majeur sur ce point-là : la grotte du Mas-d'Azil. En effet, ce gisement a, au sein de ses niveaux magdaléniens, livré une grande quantité d'œuvres, dont les pièces emblématiques (parmi des centaines) sont le propulseur au faon ou encore les bouquetins sculptés sur une dent de cachalot.



Les deux bouquetins emblématiques sculptés sur les faces opposées d'une dent de cachalot (MAN 47257). Photos et montage V. Ferruglio / MAN in : Azema et al. 2023)

Plusieurs sites compris dans le projet de la réserve ont livré ou sont susceptibles d'avoir livré des données du Paléolithique récent.

Au point le plus bas du centre de la galerie fossile Dunac dans la grotte de Labouiche ont été retrouvés des foyers en cercle comprenant fragments de calcaire, stalagmites calcinées, charbons, ossements calcinés, parures et silex taillés. Des plaquettes de grès ont été importées ; certaines, brûlées, ont pu servir de lampe, d'autres sont gravées, dont le fameux "Lion de Labouiche". De possibles empreintes de doigts humains ont été notées. Enfin, comme à Audoubert ou à Bédeilhac, des modelages de bisons d'argile sont présents. L'ensemble des vestiges est attribué au Magdalénien moyen.

À la grotte de l'Estelas, des recherches anciennes, mal positionnées en topographie et en stratigraphie, dont les collections mériteraient d'être revues, auraient livré des industries lithiques préhistoriques (Paléolithique récent *lato sensu*). Plus surprenant : des ossements humains provenant de cette cavité ont d'abord été identifiés comme appartenant à *Homo neanderthalensis*, pour être reclassés en *Homo sapiens.*

Nous avons vu que la grotte de Massat est importante dans l'histoire de la démonstration de l'ancienneté de l'Homme et dans la structuration des cultures du Paléolithique récent. En effet, les objets issus de la stratigraphie de la grotte supérieure lors de fouilles par A. Fontan dès 1956, avec aussi ceux issus des fouilles d'Aurignac, ont permis à É. Lartet, dès 1860, de démontrer la coexistence d'espèces disparues avec outils manifestement réalisés par la main de l'Homme.

Ensuite F. Garrigou y fouille en 1867, suivi par les abbés J.-J. Pouech et D. Cau-Durban. Ils enrichiront notamment les occupations pour les périodes plus récentes de la Préhistoire. La grotte recelait une importante stratigraphie magdalénienne, incluant des foyers bien conservés (terre noire, pierres calcinées et décomposées avec un grand

nombre d'ossements cassés et un plancher de gros galets plats de granit), des flèches barbelées en bois de renne ou de cerf, des aiguilles très fines, des pointes de flèches ou poinçons, ciseaux, silex taillés, harpons, sagaies à double armatures, lissoirs…

Le réseau supérieur de la grotte du Portel à Loubens, par l'entrée est, a conservé près de 140 peintures et gravures pariétales réparties dans ses galeries Jammes, Breuil et Régnault. L'analyse de la répartition des œuvres dans la cavité sera un point de départ, dans les années 1970, pour A. Leroi-Gourhan, de sa théorie topographique. Les œuvres, étudiées d'abord par H. Breuil puis par les membres de la famille Vézian, sont magdaléniennes, mais certaines (associées à quelques témoignages industriels) pourraient être bien plus anciennes. Cavité ornée découverte en 1908, classée Monument historique en 1969, le Portel-Est a aussi permis d'identifier trois locus magdaléniens, toujours de la phase moyenne de cette culture (fouilles J. et J. Vézian). Les lamelles à dos et les lames y dominent le groupe des grattoirs, burins et perçoirs. L'industrie osseuse, majoritairement en bois de renne, compte des sagaies et des baguettes. Des ossements humains sont signalés. J. Vézian a aussi trouvé deux burins de Noailles et un outillage très réduit, témoins d'une occupation gravettienne de courte durée, dans la couche B. En outre, le Châtelperronien est présent au Portel-Ouest (nom du secteur accessible par l'entrée ouest).

La grotte du Mas-d'Azil est d'une très grande richesse, révélée dès la fin du XIX^{e} siècle. Elle est à ce titre classée Monument historique depuis 1942. Avec sa rivière qui la traverse, elle est un phénomène géologique exceptionnel par ses dimensions (une route départementale longe le cours d'eau) et la complexité de son réseau souterrain. Dans l'histoire de la discipline préhistorique, elle est au cœur de la structuration des cultures de la fin du Paléolithique, du Magdalénien et bien sûr de l'Azilien (cf. *infra*).

Ces vestiges sont répartis en plusieurs points de cette immense cavité, où il est distingué d'une part le complexe des galeries de la rive droite et d'autre part une large terrasse au-dessus de l'Arize, à l'entrée sud de cette grotte traversante et communément appelée "rive gauche".

Cette cavité est ornée, puisque, dans quatre secteurs de la rive droite, ont pu être relevées plus d'une centaine de gravures et peintures, figuratives ou géométriques, dès 1903 par H. Breuil. Cet art pariétal reste discret, confiné dans des galeries à l'écart des galeries principales. L'ensemble est rapporté au Magdalénien, mais une partie, dans le premier secteur de la galerie Breuil, est plus ancienne, sans doute gravettienne. Un nouveau programme de relevé, dirigé par Carole Fritz, est en cours et devrait permettre une mise à jour de ces données. Côté sédimentaire, l'ensemble est très complexe, avec des stratigraphies réparties en plusieurs locus (notamment galerie des Ours ou des Silex, salles du Théâtre, Piette). Pendant près d'un siècle les fouilles successives, au premier rang desquelles celles d'E. Piette, ont permis de réunir parmi les plus remarquables collections archéologiques.

Les occupations du Paléolithique récent commencent à l'Aurignacien, dont des indices étaient connus dans la galerie des Silex, mais dont la présence a été confirmée dans la salle du Théâtre en 2017 (fouille M. Jarry et *al.*). L'Aurignacien ancien et récent ont été reconnus. Dans la même séquence stratigraphique du Théâtre, la même équipe de recherche a identifié des indices datant de la période badegoulo-solutréenne. Ensuite, il serait difficile ici de détailler les découvertes relevant du Magdalénien (moyen en l'occurrence, même si des indices plus récents ont été relevés). En effet, la galerie des Silex, les salles Piette et du Théâtre, la galerie Principale, et notamment la rive Gauche, ont livré aux différentes fouilles depuis le XIX^{e} siècle (notamment J.-J. Pouech, F. Garrigou, E. Piette, J. Mandement, M. et J. Péquart) de grandes quantités de vestiges magdaléniens, parfois malheureusement mal localisés et récoltés dans les conditions et méthodes d'autres temps, et que l'équipe du PCR "Archives d'une grotte" (M. Jarry et *al.* dir.) s'attache à remettre en contexte par un retour sur le terrain depuis 2011.

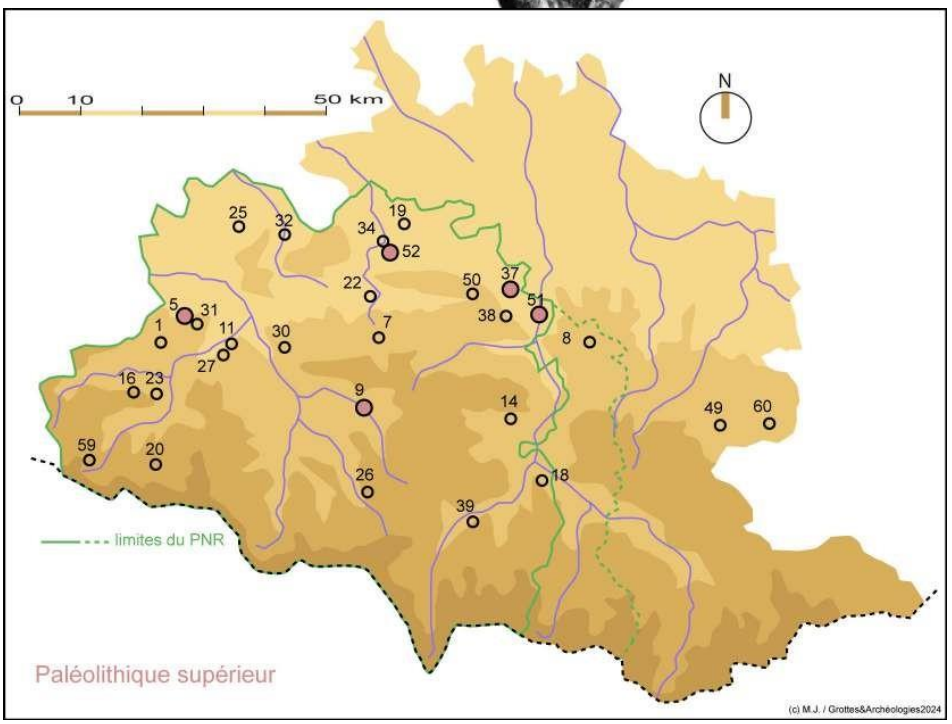
L'identification du Magdalénien du Mas-d'Azil suit la reconnaissance même de cette entité chrono-culturelle depuis la période d'"âge du Renne" identifiée par les premiers fouilleurs. Les différentes subdivisions sont alors reconnues, notamment les phases IV à VI du Magdalénien telles que définies par H. Breuil. Ensuite, la mise en évidence d'éléments de la culture matérielle, exceptionnelle au Mas-d'Azil, avec un mobilier osseux décoré plus important ici qu'ailleurs, a permis la reconnaissance d'un Magdalénien moyen aux spécificités techniques et stylistiques à une échelle macro-régionale. Les éléments d'industrie lithique issus des fouilles anciennes n'ont cependant pas encore fait l'objet d'études complètes. Il faut noter la découverte de grandes lames dissimulées dans un diverticule d'une galerie de la rive droite (galerie justement dite "des Silex"), à l'instar de ce qui a été reconnu dans plusieurs sites pyrénéens attribués au Magdalénien moyen.

Enfin, comme nous l'avons déjà évoqué, le caractère exceptionnel du Magdalénien du site du Mas-d'Azil réside dans la grande richesse de son mobilier décoré. Plaquettes gravées, os gravés, bois de renne sculptés… Nous noterons le célèbre propulseur au faon et qui est un chef d'œuvre de l'histoire mondiale de l'art, mais il y a aussi le phallus gravé, le cheval hennissant en bois de renne, les bouquetins sur dent de cachalot, l'homme affrontant l'ours sur une rondelle de *scapula* de bovidé, la biche gravée sur ramure de cerf, le buste de femme sur incisive de cheval, etc.

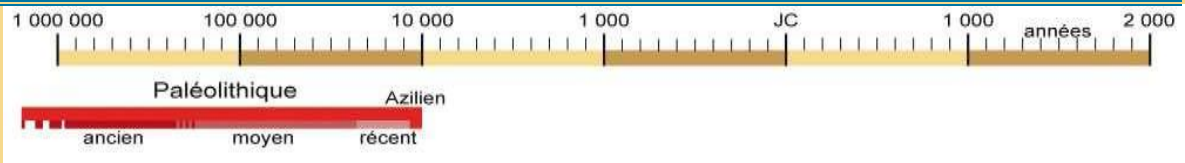
- Cazavet, grotte de l'Estelas
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grottes du Ker
- Vernajoul, grotte de Labouiche



Grotte du Mas-d'Azil, propulseur au faon (cliché L. Méroc)



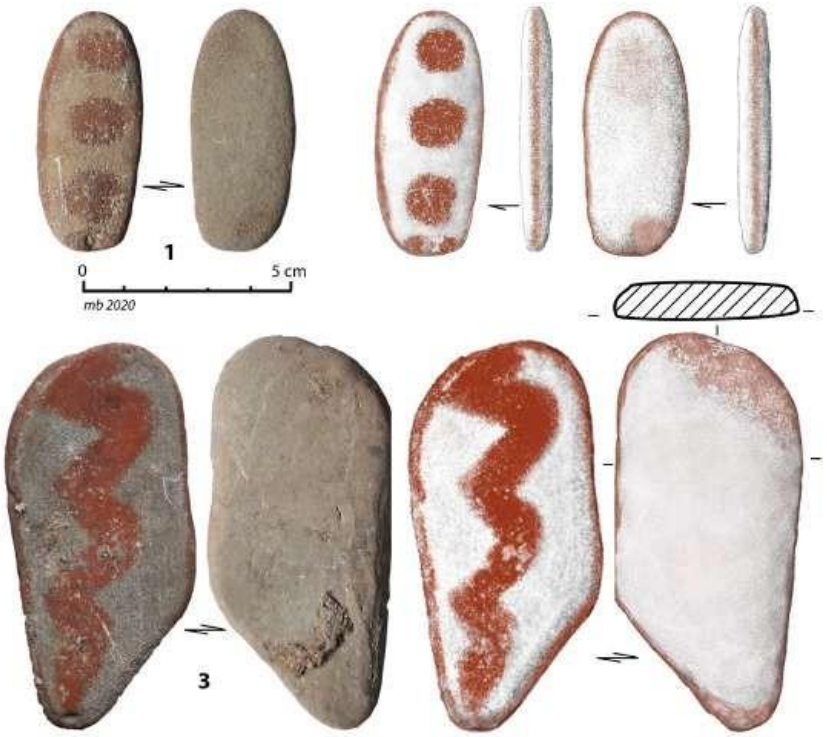
AZILIEN



Cette culture du Paléolithique est connue entre -14 000 et -11 700 ans avant le présent. Elle est présente dans le sud de l'Europe, le nord étant occupé par une autre culture similaire :
le Federmesser. Leur point commun est la fabrication de pointes à dos courbe, qui indiquent l'utilisation de l'arc, bien plus pratique que la sagaie pour la chasse en forêt. L'Azilien est aussi caractérisé par l'utilisation de harpons plats de formes spécifiques. La production artistique devient rapidement non figurative, par opposition à la période précédente, très réaliste. Les galets peints en sont les pièces emblématiques.

Axe 2 : Humanités du Pléistocène supérieur et du début de l'Holocène
- 2.7 : Les sociétés de la fin du Paléolithique

Avec la fin de la période glaciaire et même si quelques épisodes restent vigoureux, les animaux des climats froids quittent nos contrées et sont progressivement remplacés par le cerf, le chevreuil, le sanglier et l'aurochs. Une forêt telle que nous la connaissons aujourd'hui remplace petit à petit la steppe. Plusieurs cultures vont se succéder, avec de nombreuses variations locales.
En France (comme dans cette partie de l'Europe de la péninsule ibérique à la Crimée), on distingue surtout l'Azilien dans le sud et le Federmesser dans le nord, entre -14 000 et -11 700 avant le présent. Leur point commun est la fabrication de pointes à dos courbe, qui indiquent l'utilisation de l'arc, bien plus pratique que la sagaie pour la chasse en forêt.
L'art pariétal et surtout l'art figuratif disparaissent presque totalement, au profit, pour l'Azilien, de centaines de petits galets décorés de motifs géométriques. Les défunts sont parfois encore enterrés avec des parures.



Grotte du Mas-d'Azil, rive gauche, galets peints azilien (clichés et dessins © Michel Barbaza / Traces fouilles Jarry et al. 2021)

En France, quelques sites sont présents dans la vallée du Rhône et les derniers contreforts sud du Massif central avec la grotte de Bize ou la Balma de l'Abeurador, mais c'est surtout le nord de l'Aquitaine (Périgord et Quercy) et la chaîne pyrénéenne qui ont livré des sites importants de cette culture. Nous citerons par exemple l'abri de la Madeleine, la Borie del Rey, la grotte de Pégourié au nord de la Garonne et l'abri des Harpons, les grottes d'Isturitz, de Lortet de la Tourasse ou de Troubat-en-Barousse dans le monde pyrénéen. Nous ajouterons quelques sites côté basque-espagnol et l'abri de la Balma Margineda en Andorre pour compléter le contexte du massif.

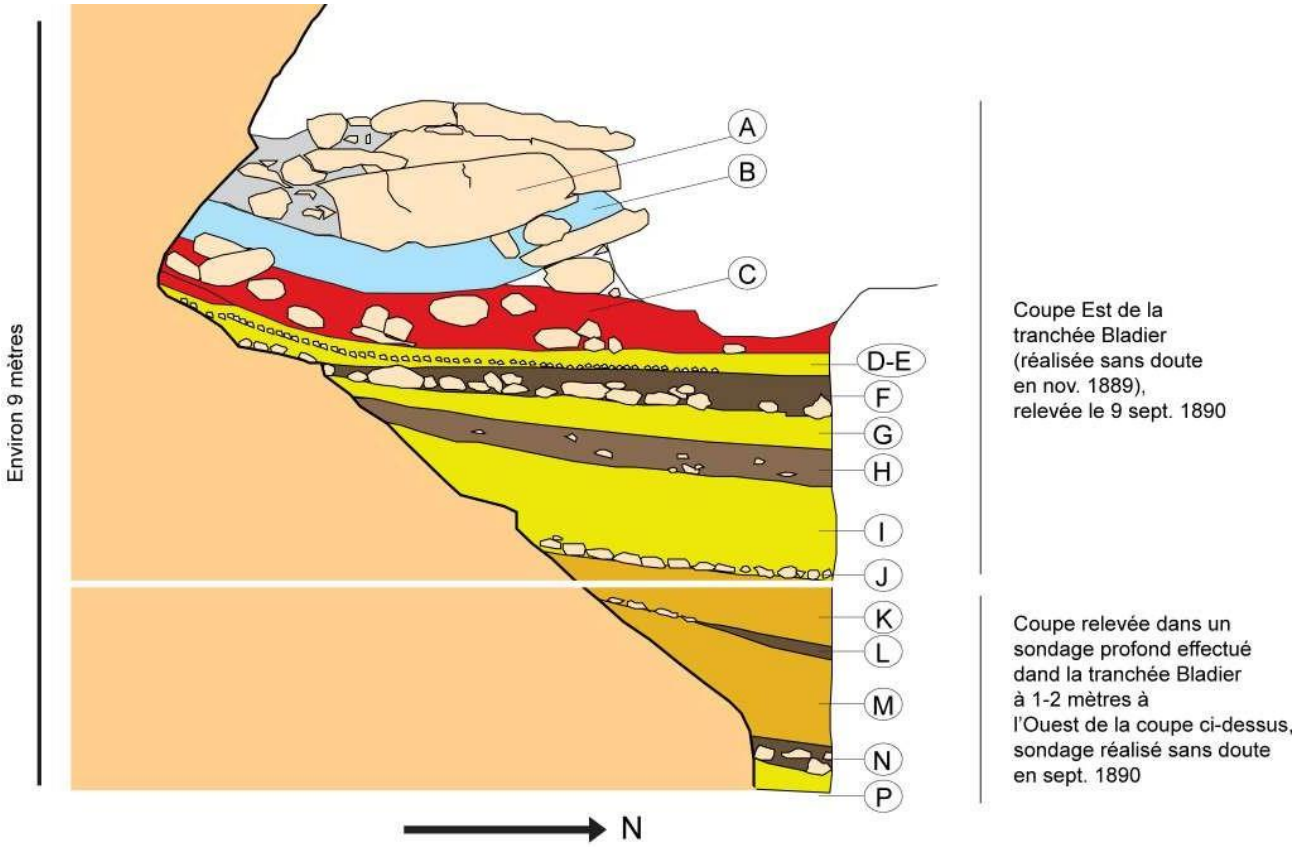
L'Ariège n'est pas en reste, loin de là, avec avant tout le site éponyme de la grotte du Mas-d'Azil, dont les niveaux aziliens, dont nous reparlerons, sont identifiés dès la fin du XIX^{e} siècle par Édouard Piette (cf. *infra*). L'Abri de Rhodes II quant à lui, fouillé à partir de 1959 par R. Simonnet, est aussi très important dans la connaissance de la culture Azilienne, avec l'avantage d'avoir été fouillé avec des méthodes plus modernes. Localisé en pied de paroi sud-est de la montagne du Soudour dans le bassin de Tarascon-sur-Ariège, cet abri a permis de mettre au jour une stratigraphie de 7 "foyers" (couches archéologiques).

Au-dessus des 4 niveaux magdaléniens se trouve un niveau 5 indéterminé et 2 niveaux indubitablement aziliens : petits grattoirs courts, pointes aziliennes, harpons plats à perforation basale et roches locales dominantes.

D'autres témoignages sont plus fugaces en Ariège, bien que parfois une reprise de la documentation serait nécessaire. Ainsi, à la grotte de La Vache (à Niaux), un foyer dit "proto-azilien" a été retrouvé isolé dans la formation stalagmitique qui recouvre le Magdalénien. De même, à la Tute de Carrelore (à Lurbe), un lambeau de niveau a été fouillé par M. Laplace-Jauretche. Il a été attribué à l'Azilien malgré l'absence de harpon plat. Nous signalerons enfin la grotte de Montfort (Saint-Lizier), où de l'Azilien est signalé, avec notamment 6 galets peints trouvés entre 1889 et 1892, de même que la grotte du Trou Violet (Montardit), fouillé en 1924-1926, a livré 7 galets peints (tous égarés depuis). Ici, un niveau stérile sépare le Magdalénien (couche B) de l'Azilien (couche D), contenant des amas coquillés et peu d'industrie, mais au moins un harpon plat azilien. Enfin, l'une des grottes du Ker de Massat s'ajoute à ce lot (cf. *infra)*.

Deux grottes sont concernées par le projet de la réserve, la grotte du Mas-d'Azil et les grottes du Ker. Édouard Piette commence ses fouilles dans la grotte du Mas-d'Azil en 1887, dans la dynamique des recherches pyrénéennes de la fin du XIX^{e} siècle. Il commence en rive droite, dans le prolongement de celles réalisées à la suite des travaux d'aménagement de la route impériale à travers la grotte-tunnel. C'est cependant en rive gauche qu'il va, en 1889, distinguer des niveaux de transition de la fin des âges glaciaires, en fouillant une couche archéologique encadrée par le Magdalénien et le Néolithique. Il va ainsi résoudre une des principales problématiques de l'époque, à savoir comprendre le hiatus entre les populations de chasseurs-cueilleurs paléolithiques et les populations agro-pastorales néolithiques. Ainsi, il invente l'Azilien, prouvant à l'époque (même si aujourd'hui la transition est rapportée au Mésolithique) une forme de continuité entre les deux populations préhistoriques. Le niveau archéologique est compris dans une séquence très puissante (plus de 10 mètres) où se succèdent plusieurs niveaux magdaléniens séparés par des couches limoneuses d'inondation de la rivière, surmontés par un niveau Azilien, puis Mésolithique (qui n'est pas nommé comme cela à l'époque), et enfin Néolithique puis historique. Cette stratigraphie sera confirmée par les travaux des époux Péquart pendant la seconde guerre mondiale, et plus récemment par l'équipe du programme collectif de recherches "Archives d'une grotte" (Jarry, Pallier, Bruxelles et Bon dir.).

Nous avons vu l'importance de la grotte de Massat pour sa séquence magdalénienne (cf. *supra* Paléolithique récent). Celle-ci serait, d'après la littérature scientifique, surmontée par les vestiges d'occupations aziliennes qui mériteraient vraiment d'être vérifiées.

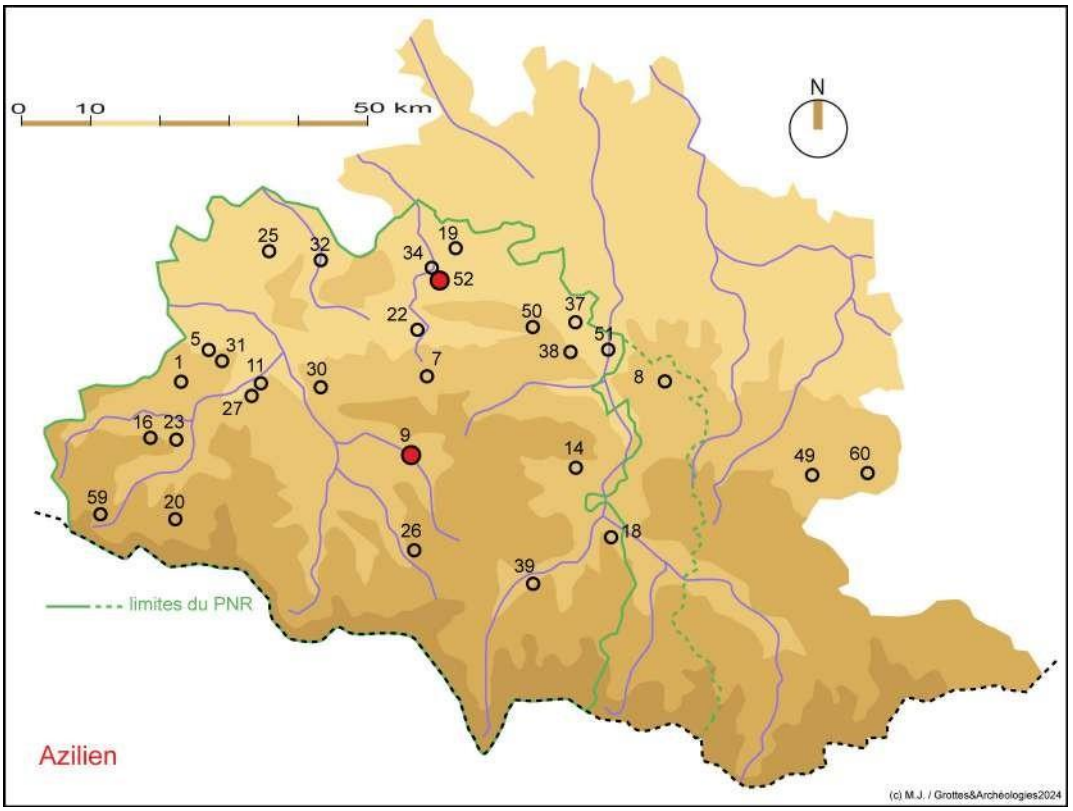


Note : il est probable que l'échelle horizontale ne soit pas tout à fait identique à l'échelle verticale ; la première mérite sans doute d'être légèrement augmentée.

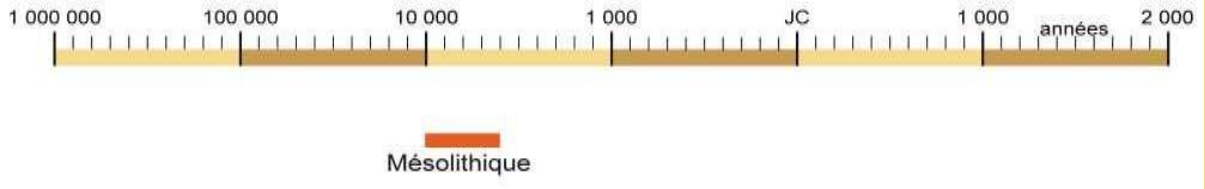
Figuré de la coupe du 9 septembre 1890, complété par la description publiée en 1895 dans « Hiatus et lacune » par Édouard Piette (collation et DAO : F. Bon)

A : « Blocs de rocher et pierres tombées de la voûte » ; B : « Cendre rubanée à escargots » ; C : « Couche rougeâtre » à harpons et galets coloriés » ; D-E : « Limon jaunâtre feuilleté » reposant sur un « Lit discontinu de pierrailles » ; F : « Couche archéologique, noirâtre » ; G : « Limon feuilleté schisteux » ; H : « Couche archéologique de terre noire » ; I : « Limon sableux » ; J : « Lit de pierres et de terre mélangée avec de la cendre noire et du charbon » ; K : « Limon jaune mêlé avec du sable, rempli de pierrailles » ; L : « Terre noire mélangée avec de la cendre et du charbon, remplie de pierrailles, » ; M : « Couche de pierrailles et de limon » ; N : « Vestiges d'une couche archéologique indiquée par du charbon, des pierres, des ossements de cerf et quelques silex magdaléniens » ; P : « Terre graveleuse, jaunâtre, mélangée avec du limon, contenant quelques pierrailles ».

- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Massat, grottes du Ker



MESOLITHIQUE



Cette période (11 700 à 7 000 avant J.-C. en Europe) précède le Néolithique des premières sociétés agropastorales. À la faveur du réchauffement climatique de la fin de la dernière glaciation, se met en place l'environnement actuel. Les grandes forêts tempérées ont succédé aux steppes et les sociétés de chasseurs-cueilleurs nomades réduisent leur mobilité pour traquer un gibier plus sédentaire.

Axe 2 : Humanités du Pléistocène supérieur et du début de l'Holocène

- 2.8 : Les sociétés du Mésolithique

Le terme a été créé en 1873 par M. Reboux pour nommer la période de transition entre le Paléolithique des chasseurs de la « pierre taillée » et le non moins imposant Néolithique des éleveurs agriculteurs de la « pierre polie ». Le mot n'aura pas de succès, mais le concept est là et sera utilisé par G. Hervé en 1895 pour identifier l'époque de transition où fourmillent presque autant de dénominations que de sites (comme le Tourassien de G. de Mortillet, le Tarandien de A. Rutot, l'Eburnéen…). C'est en 1909 que le Mésolithique aura une définition qui est peu ou prou celle d'aujourd'hui, regroupant toutes les industries et cultures comprises entre Paléolithique supérieur et le Néolithique ancien dans tout l'Ancien Monde. Cette période est marquée par 3 phases climatiques, alternativement de climat tempéré, puis un refroidissement assez franc et enfin un retour à des conditions proches de l'actuel. Ce qu'il faut noter, c'est que l'ensemble du territoire est maintenant accessible et occupé par les populations humaines.

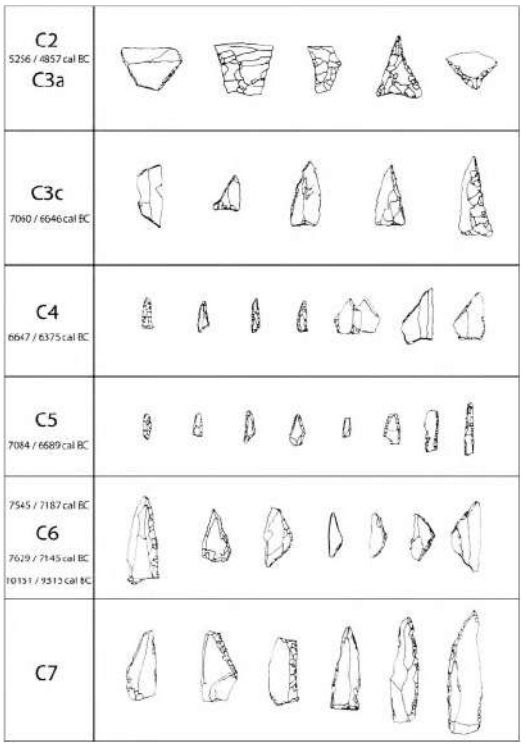
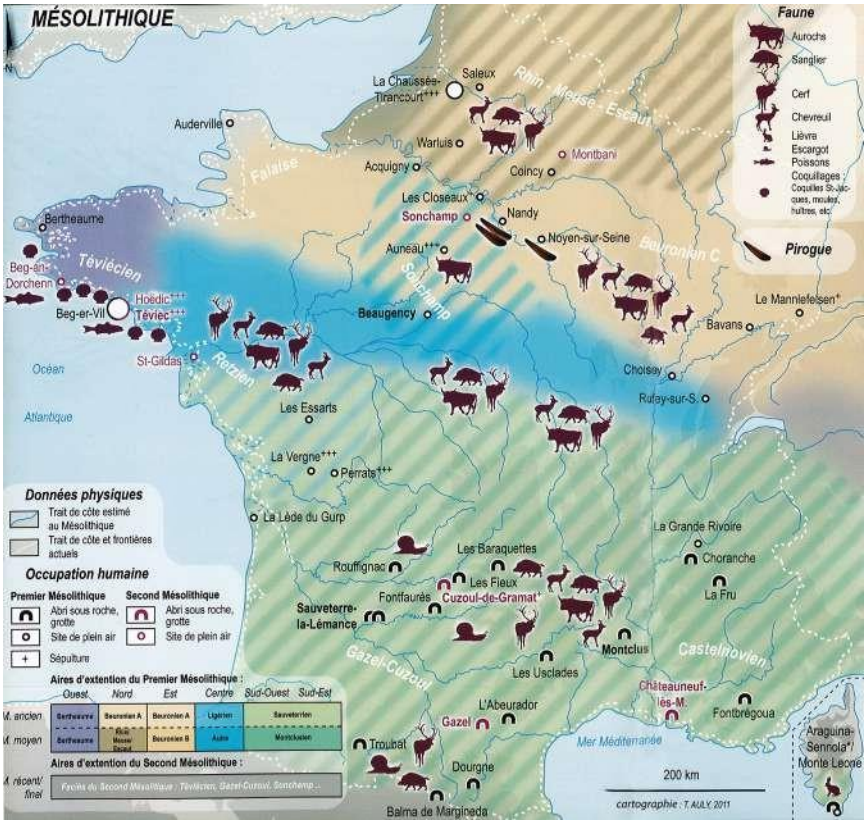


Tableau d'évolution des armatures en fonction des données chrono-stratigraphiques pour le site de l'abri du Buholoup à Montberaud (31). Cet exemple permet de voir l'évolution des armatures depuis l'Épipaléolithique récent en C.7 (Épilaborien) jusqu'au Néolithique ancien en C.2-C.3a, en passant par le Sauveterrien ancien en C.6, le Montclusien en C.5, le Montclusien à trapèzes en C.4 et le Mésolithique final en C.3c (d'après Briois et Vaquer 2009).

Cette période de plus de 5 000 ans, qui voit passer les sociétés humaines de la prédation à la production, n'est bien sûr pas parfaitement synchrone dans toute l'Europe et connaît des variations régionales, identifiées notamment par la morphologie des armatures microlithiques, dont le niveau de standardisation. On note globalement un "Premier Mésolithique" et un "Second Mésolithique", le premier étant marqué par le maintien de technologies lamino-lamellaires avec la généralisation des armatures géométriques, et le second marqué par l'apparition d'une nouvelle technique, plus performante pour le débitage de lames et lamelles et des armatures maintenant trapézoïdales.

Entre ces deux périodes, elles-mêmes recoupées en sous-périodes et les variations régionales dans toute l'Europe, on retrouve une mosaïque culturelle complexe. Nous nous limiterons ici au territoire français avec pour illustration de cette complexité la carte que propose Jacques Jaubert (cf. figure *infra*). Ainsi, par exemple, le Sauveterrien, identifié par L. Coulonges en 1928, est marqué par une industrie dominée par les armatures : triangles, segments de cercles, et bien sûr pointes fusiformes spécifiques dites "pointes de Sauveterre"). On retrouve cette culture mésolithique au sud de la Seine. Le Tardenoisien, identifié par
G. de Mortillet en 1897, et maintenant appelé Beuronien, est marqué par des armatures de lamelles à
dos, des pointes à troncature oblique, des triangles scalènes et isocèles, des segments ou des pointes à base retouchée. Il est reconnu sur le territoire français, dans le nord et l'est, mais il existerait d'autres variations régionales, que ce soit dans le Midi avec des formes particulièrement microlithiques, ou le Montadien en Rhône-Alpes, avec de nombreux triangles, notamment ceux dit "de Montclus".
Succède au Montadien dans cette région le Castelnovien, qui accueillera sans doute les premiers groupes néolithiques côtiers dit du "Cardial". Il y a aussi un Mésolithique breton particulier, mais ce que nous retiendrons, c'est une grande variété de faciès, auxquels s'ajoutent l'Arhensbourgien du nord de l'Europe ou le Maglemosien de la région côtière de la mer du Nord au Danemark.



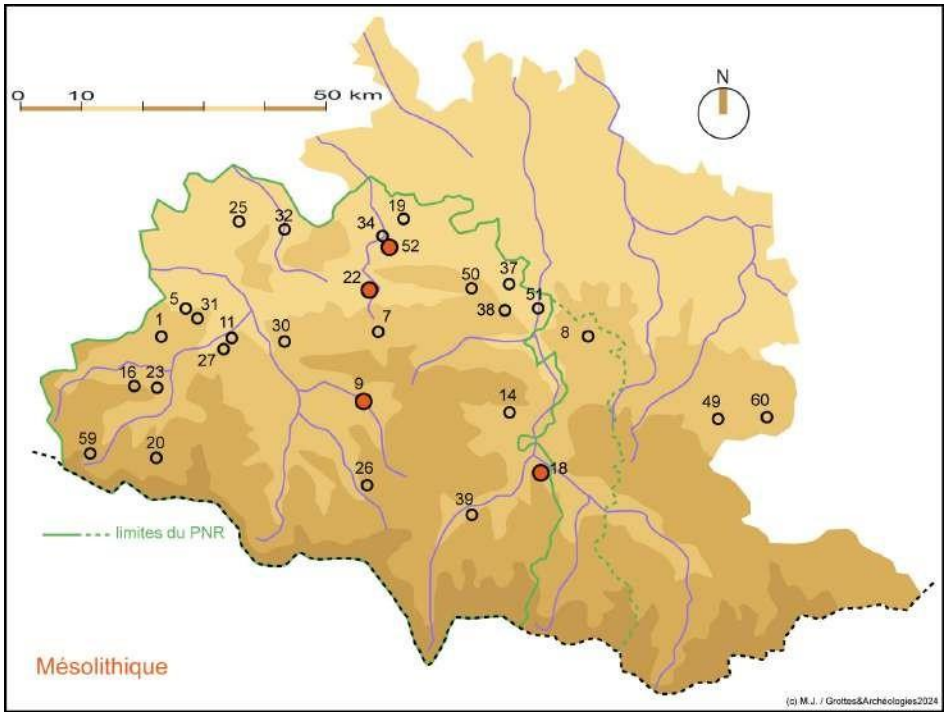
Dans le Sud-Ouest français, nous sommes donc en contexte Sauveterrien, puis Montclusien, qui évolue en Gazel-Cuzoul dans le Deuxième Mésolithique. Nous retiendrons bien sûr les sites éponymes de Sauveterre-la-Lémance, de Montclus, de Gazel ou du Cuzoul-de-Gramat, qui ont livré des séquences majeures. Le territoire nord-pyrénéen, sur lequel nous devons nous arrêter, est marqué par la présence de sites majeurs. Ainsi, l'abri de Troubat-en-Barousse, en Haute-Garonne, fouillé à partir des années 1980 par Michel Barbaza a livré une importante séquence tardiglaciaire. On notera aussi le site de l'abri du Roc de Dourgne dans la haute vallée de l'Aude, fouillé de 1972 à 1981 sous la direction de Jean Guilaine. Il a été le premier site de l'est des Pyrénées à livrer une stratigraphie référence, allant du Mésolithique au Néolithique ancien, permettant d'y percevoir les débuts du pastoralisme et la transformation progressive dans l'exploration de la montagne. Le site de l'abri du Buholoup, fouillé par François Briois et Jean Vaquer en 1983 à Montberaud en Haute-Garonne, est très important par sa proximité avec l'Ariège. Il a livré lui aussi une imposante stratigraphie allant de l'Azilien au Néolithique ancien péricardial, en passant par le Sauveterrien ancien, le Montclusien et le Mésolithique final. Cette station de chasse et de pêche a aussi fonctionné comme un atelier de taille dans un secteur riche en gîtes à silex. Avec les sites de la Balma de la Margineda à Santa Coloma en Andorre, à 970 m d'altitude, avec sa stratigraphie allant ici aussi de l'Épipaléolithique au Néolithique ancien, fouillé par l'équipe Jean Guilaine, Jean Abélanet, Michel Martzluff et Michel Barbaza dans les années 1970, ou de la grotte des Adoutx à Caudiès-de-Fenouillèdes, à plus de 500 m d'altitude, dans les Pyrénées-Orientales, exploré par Michel Barbaza dans les années 1980, on aborde le sujet important de l'investissement du milieu montagnard. Plus récemment, en 2023, une équipe de l'Inrap sous la direction de David Colonge a pu fouiller en Cerdagne le site mésolithique de la Frau à Bolquère, à plus de 1600 m d'altitude. Nous touchons ici à un phénomène marquant de cette période. En effet, il est à noter ce point qui nous intéresse particulièrement : la conquête de la montagne, que le réchauffement climatique a libéré définitivement de ses glaces. On ressent alors, avec le complément des études des saisonnalités d'occupations, le prototype des transhumances, même si les troupeaux domestiqués ne sont pas encore là. Alors que nous avons décrit un contexte régional très riche, il s'avère que l'Ariège ne livre que peu d'occurrences.

Le site du Mas-d'Azil, inclus dans le présent projet de la réserve, apparaît comme la seule véritable référence dans ce contexte, puisqu'une couche mésolithique est incluse dans la puissante séquence stratigraphique de la rive gauche. Cette couche correspond à la couche B d'Édouard Piette du 9 septembre 1890 (cf. fiche Azilien) : « Cendre rubanée à escargots ». Il nomme cette nouvelle culture de transition l'Arizien (Piette, 1896), en référence à la rivière qui traverse la cavité. Ensuite nommée couche G par Édouard Piette (1895) et Émile Cartailhac (1892), elle est marquée par la présence de coquilles d'escargot *Helix nemoralis (cepaea nemoralis)*. Elle est maintenant interprétée comme mésolithique sur ces quelques critères. Elle repose sur l'Azilien et est surmontée par le Néolithique. Si les époux Péquart retrouvent bien des lambeaux d'Azilien, ils ne semblent pas identifier le Mésolithique au sommet de leur stratigraphie est.
Ce Mésolithique serait Sauveterrien d'après Alteirac et Simonnet (1976), soit du Premier Mésolithique. Cette observation a pu être confirmée par l'équipe du PCR "Archives d'une grotte" par la découverte, notamment, d'un triangle de Montclus (2020), qui par ailleurs par sa présence en ferait un Sauveterrien dans sa phase moyenne ou ancienne évoluée.

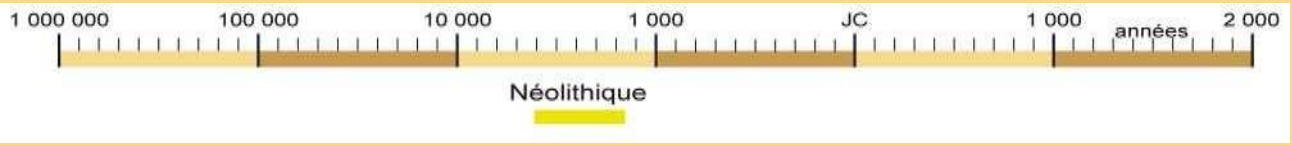
Il est indéniable que les destructions causées en rive droite lors de la construction de la route ont dû faire disparaître de nombreux vestiges de cette période, comme l'attestent les lambeaux que l'équipe du PCR "Archives d'une grotte" a pu repérer et dater récemment (2013).

Si la grotte du Mas-d'Azil apparaît presque comme l'unique référence ariégeoise, des suspicions de présence d'occupations mésolithiques sont à noter pour des grottes comprises dans le projet de la réserve. En effet, il est signalé dans la bibliographie et les archives, à la Petite Caougno de Niaux, à la grotte de Massat et probablement à Malarnaud, où des couches à escargots (*Helix nemoralis ?)*, noyaux de cerises et fragments de noisettes seraient des indices assez caractéristiques, sans être totalement exclusifs, des occupations du Mésolithique (final notamment). Ce point mériterait une enquête à l'avenir.

- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Massat, grottes du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Niaux, grotte de la Petite Caougno



NEOLITHIQUE



À partir du VI^e millénaire, les populations venant du Proche-Orient introduisent petit à petit en Europe des modes de vie inédits, radicalement différents de ceux des millénaires passés, fondés sur la prédation et la collecte. Leur économie repose sur des systèmes de production agro-pastoraux. Ils apportent avec eux des semences destinées aux champs, comme le blé et l'orge, et des espèces animales domestiquées : le mouton, la chèvre, le bœuf et le porc. Ils introduisent également de nouvelles techniques initiées par les populations du Croissant fertile : la poterie, le polissage des roches, et de nouveaux outils et ustensiles (cuillère, hache polie et faucille).

Ce processus éclot en diverses zones de notre planète entre -10 000 et -3 000, avant de se diffuser auprès de la quasi-totalité de la population mondiale, notamment vers -5800 sur le territoire correspondant à la France actuelle.

L'essor inexorable de ces sociétés conduisit à l'avènement de la métallurgie du cuivre, d'où le qualificatif de civilisations « chalcolithiques ». En fait, la « chalcolithisation » se définit surtout par une différenciation sociale de plus en plus marquée, visible notamment au travers de l'apparition de tombes riches et d'objets de prestige, de la constitution de fortifications autour d'agglomérations structurées, l'apparition de temples et de sanctuaires et d'un réseau de commerce à longue distance.

Axe 4 : Première communautés paysannes : VI^e millénaire - première moitié du IV^e millénaire avant notre ère

Axe 5 : Affirmation et structuration des sociétés rurales et préurbaines : IV^e millénaire - IV^e siècle avant notre ère

De façon générale, le Néolithique ariégeois est assez mal connu, alors que l'on connaît mieux les civilisations néolithiques des Pyrénées de l'Est et des Corbières (influence méditerranéenne). Les civilisations d'influence atlantique souffrent d'un manque d'ensembles représentatifs. Le Néolithique ariègeois, à la confluence des deux mondes, reste difficile à cerner. Cette méconnaissance peut s'expliquer par l'absence d'intérêt de la part des premiers préhistoriens pour les périodes récentes et par un manque de données sur les parties occidentales et centrales des Pyrénées.



Hache polie découverte en Haute-Ariège, conservée au Muséum d'histoire naturelle de Toulouse, photographie Didier Descouens

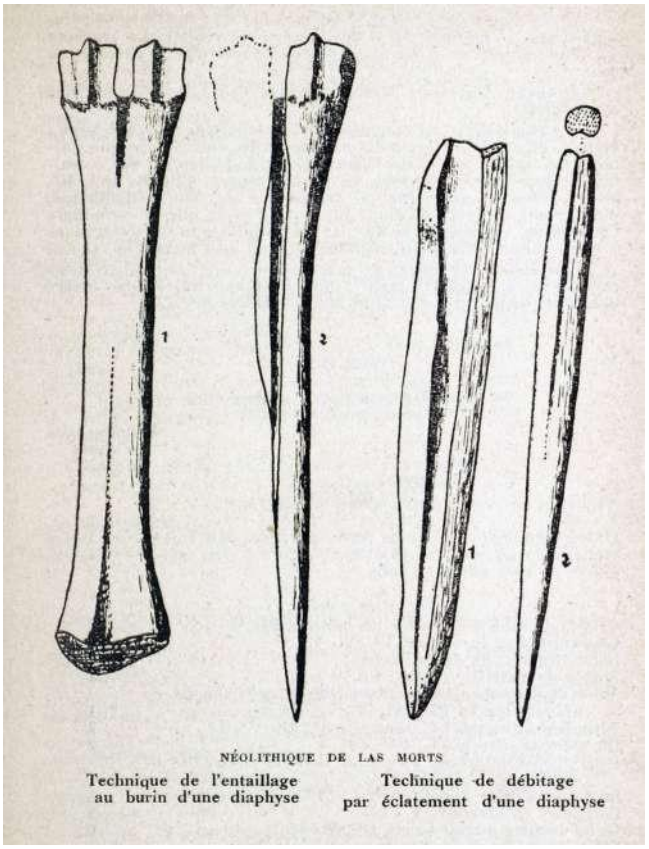
Par exemple, les fouilles des niveaux néolithiques du Mas-d'Azil, menées en 1891 par Edouard Piette et à partir de 1935 par Marthe et Saint-Just Péquart, sont restées assez superficielles, comme les publications les concernant, malgré un mobilier très riche.

Les années 1950-1960 permettent la mise au jour de nouveaux vestiges et offrent la possibilité de dresser les grandes lignes du Néolithique ariégeois grâce aux fouilles de la grotte de Bédeilhac à Bédeilhac-et-Aynat par L.-R. Nougier et R. Robert et celle de Las Morts à Bénaix par J.-M. Durand (Durand, 1968 ; Nougier et Robert, 1955). D'autres sites ont livré quelques témoins d'occupations néolithiques : la petite grotte de Niaux et l'Abri Martel, la station du Peyré à Sabarat ou encore les grottes de Malarnaud-Soulabé sur la commune de Montseron.

En 2004, Nathalie Rouquerol fait le bilan des recherches anciennes et récentes menées sur le Néolithique dans les Pyrénées centrales. Plusieurs sites en grotte sont identifiés : Payroulette, grande Niaux, Toureil, Trou Violet, Enlène, des Eglises (Ussat), Fontanet, Las Costas, Sakanie, Pré-du-Luc, Enchantées de Queille, Comboseil, Cagibi, Pounchut de Sabart, l'Hermite, Lombrives, du Midi...

Des vestiges ou occupations néolithiques sont également signalés à Arignac, Besset, Dun, Foix, Ludiès, Manses, Montségur, Niaux, Saint-Jean-de-Verges, Vals, Vernajoul...

Le **Néolithique ancien** est peu représenté dans le sud de la France. La première culture, « l'Impressa », est arrivée par voie maritime depuis l'Italie et se limite à quelques points sur les côtes languedocienne et provençale. Les populations du Cardial ancrent définitivement le processus irréversible de la néolithisation dans le Midi. Elle est caractérisée par la production de céramique dont le style décoratif tire son nom des empreintes réalisées sur l'argile fraîche des poteries à l'aide d'un coquillage, le *Cardium edule*. Cette migration d'origine maritime se situe aux alentours de 5500 av. J.-C. Quelques rares témoins sont à mentionner, comme la fléchette du type Martinet retrouvée à la station de Lario à Ludiès, la flèche de type Jean-Cros de la grotte de Quérénas, ou encore quelques fragments de vases globuleux ou d'anses en ruban à Las Morts et à l'Abri Martel à Niaux (Vaquer in Guilaine, 1987).



Outillages osseux néolithiques découverts dans la grotte de Las Morts, dessins réalisés par l'abbé J. Durand

Le **Néolithique moyen** correspond au plein essor de l'économie agro-pastorale sur l'ensemble du territoire entre 4600 et 3500 av. J.-C. Cette période se caractérise par un changement fondamental du système d'organisation sociale et économique. Celui-ci repose sur une organisation plus collective, une augmentation de la rentabilité de l'économie de subsistance, l'exploitation de nouvelles ressources et une intensification de la production agricole. Sur la zone pyrénéenne, la culture catalane de Montbolo déborde sur le versant nord-pyrénéen avant de recevoir des influences chasséennes vers la fin de son développement à la fin du V^{e} millénaire. Les débuts du Néolithique moyen sont perceptibles par la présence d'éléments caractéristiques du groupe Montbolo un peu partout en Ariège (Guilaine et *al.*, 1974 ; Vaquer in Guilaine, 1987). En effet, la couche A de Las Morts semble se rattacher à cet horizon, comme le niveau IIb de l'Abri Martel de Niaux qui a livré une anse tunnéliforme (Rouquerol, 2004). La céramique issue de la couche inférieure de Bédeilhac évoque également le style Montbolo (Nougier et Robert, 1956). Au Mas-d'Azil, des fragments céramiques se rattachant à cette tradition ont été identifiés. La collection Jean-Baptiste Noulet du Muséum d'histoire naturelle de Toulouse, comprend une anse tunnélique typique de type Montbolo ainsi que des incisives percées de cerf et des canines de loup de la grotte de l'Herm.

- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- L'Herm, grotte de l'Herm

Le **Chasséen** est une culture forgée sur le réseau de diffusion du silex blond du Vaucluse. Cette culture expansive rayonne sur toute la moitié sud de la France, voire au-delà comme l'indique le site éponyme du camp de Chassey (Saône-et-Loire). Il est bien représenté en Ariège : la grotte du Mas-d'Azil, la petite grotte de Niaux, celle de Malarnaud-Soulabé, du Pounchut haut de Sabart, les stations du Peyré, de Courtaluc ou encore de Berbiac témoignent d'occupations chasséennes, concentrées dans les zones de basse montagne. Les analyses polliniques effectuées indiquent par ailleurs une première conquête de la montagne à ces périodes (Galop, 2005).

- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Niaux, grotte de la Petite Caougno

Le **Néolithique final** débute vers 3500 av. J.-C. et se termine par le Chalcolithique vers 2200 av. J.-C. Dans la grotte de Bédeilhac, le niveau C II, bien que remanié, correspondrait en effet à un Néolithique final ou Chalcolithique (Guilaine et *al.,* 1972b). Les vases à bords rentrants retrouvés à la Petite Caougno de Niaux et à Malarnaud-Soulabé ne permettent pas de trancher entre ces deux périodes. À Las Morts, le niveau supérieur présente des éléments campaniformes. Cette phase finale du Néolithique marque toutefois une expansion du territoire occupé, qui ne se cantonne plus aux basses vallées. La construction des mégalithes est datée de cette période encore très mal définie du Néolithique final !

Deux autres grottes de la réserve sont potentiellement concernées par des vestiges néolithiques ou chalcolithiques : une dent de suidé perforée et une perle triforée à incisions circulaires en os sont présentes dans la collection du Portel. Une hache polie, des ossements brûlés et des charbons ainsi qu'un morceau de crâne humain sont conservés au Muséum d'histoire naturelle de Toulouse pour la grotte du Sendé.

- Loubens, grotte du Portel
- Moulis, grotte du Sendé

Les mégalithes ariégeois ont été explorés à partir du XIXe siècle, période pendant laquelle l'intérêt pour ces monuments s'est développé sur l'ensemble du territoire français. On doit à l'abbé Jean-Jacques Pouech les premiers relevés des dolmens ariégeois. Le XXe siècle sera marqué par la réalisation de courtes synthèses sur le mégalithisme ariégeois, dont celle de M. Mandement, J. Tricoire, et Louis Méroc en 1938. Quelques fouilles ponctuelles sont à signaler au cours de ce siècle, comme celles des dolmens de Couteret à Cérizols par Jean Arnal, L. Méroc et Georges Simonnet (Arnal et *al.,* 1971), qui seront reprises en 1979 par Jean Clottes et Robert Simonnet (Clottes, 1979). Les plus récentes investigations ont été menées dans un cadre préventif, avant la destruction du dolmen de Peyrogall (Mercus-Amplaing) en 1992 par P. Barbier et après la découverte du dolmen de la Plagne (Génat) en 1993 (Wahl et *al.,* 1993). En 1997, Bruno Portet a réalisé dans le cadre d'un mémoire de maîtrise intitulé « Le mégalithisme en Ariège » une nouvelle synthèse du phénomène en se fondant uniquement sur les recherches anciennes.

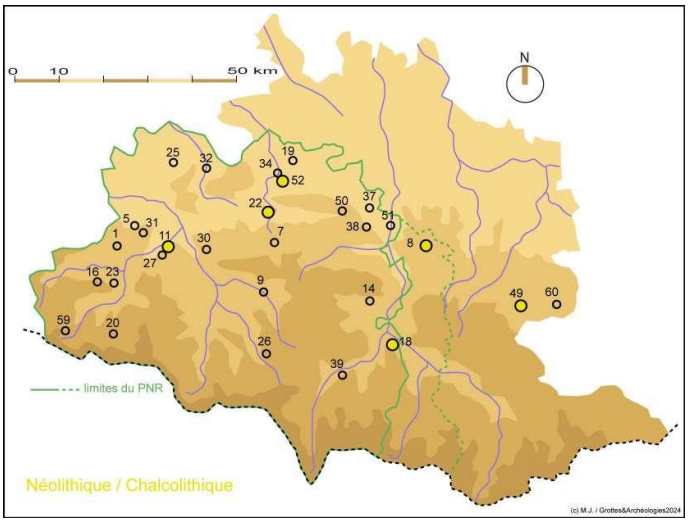
La répartition des monuments ariégeois est à l'image de celle des mégalithes de la France, très inégale : Cérizols, Mijanès, Génat, Bordes-sur-Arize, Sabarat, Gabre, Le Mas-d'Azil... Le regroupement le plus important, situé au nord de la grotte du Mas-d'Azil comprend 12 sépultures mégalithiques, alors que les trois autres rassemblements n'en comportent que deux ou trois. D'un point de vue architectural, on ne peut distinguer de regroupements significatifs par types d'aménagement intérieurs.

En 1891, Edouard Piette réalise « la grande tranchée » en rive gauche du Mas-d'Azil. Il découvre un dolmen. Il se trouve à l'extrémité sud de la tranchée, contre la paroi de la cavité. Une esquisse de plan est faite avec un court commentaire : « *Le dolmen a 4.75 m de longueur et se prolonge peut-être encore plus à l'est. La pierre de côté a 2.5 m. La pierre oblique à l'ouest a 1.35 m de longueur. Largeur interne du dolmen à la rencontre des 2 pierres 1.67 entre la première et la muraille. Largeur de la longue pierre de côté au même endroit 0.40. Largeur du dolmen à l'extrémité est de la seconde pierre 1.40 m. Porte 0.45. 1.10. 1.35.* »



Dolmen en rive gauche de la grotte du Mas-d'Azil, dessin d'Edouard Piette,1891

- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil



ÂGE DU BRONZE



Le II^{e} millénaire avant notre ère est, en Europe, le temps de l'âge du Bronze. Sédentarisées depuis le Néolithique, les hommes et les femmes de l'âge du Bronze perfectionnent leurs techniques agricoles et deviennent des virtuoses de la métallurgie du bronze. Cette innovation provoque l'abandon progressif de la taille de roches siliceuses. Plébiscité pour fabriquer des outils, des armes et des parures, cet alliage dont la couleur évoque l'or nécessite d'établir de nouveaux circuits à travers l'Europe afin de s'approvisionner en cuivre et en étain. Permettant aussi d'acheminer d'autres biens recherchés comme l'or, l'argent, l'ambre ou le sel, ces liaisons terrestres et maritimes inédites constituent le premier phénomène de globalisation européenne.

Axe 5 : Affirmation et structuration des sociétés rurales : IV^{e} millénaire - IV^{e} siècle av. notre ère

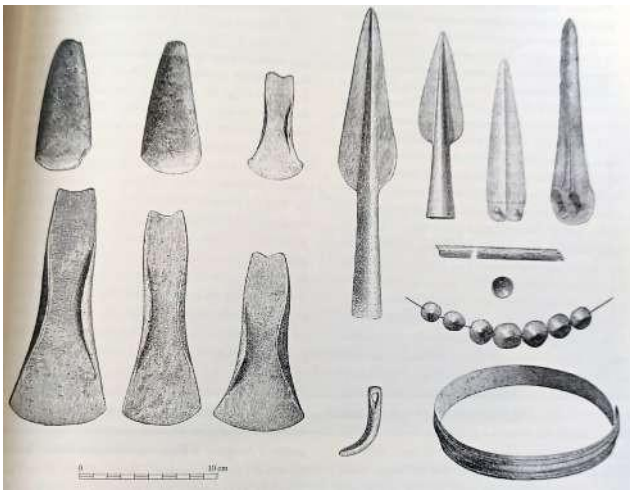
Axe 8 : Les pratiques rituelles : lieux de culte, espaces funéraires et autres formes d'expression, du néolithique à l'époque contemporaine

Axe 9 : Économies de production des âges des métaux

Axe 14 : Archéologie des paysages

L'entrée dans la période de l'âge du Bronze coïncide par convention avec l'utilisation de l'alliage métallique du même nom. Cependant, la distinction entre le Chalcolithique et le Bronze ancien est difficile tout comme celle du Bronze ancien avec le Bronze moyen. Dans le sud de la France, l'âge du Bronze se situe entre 2300 av. J.-C. et se termine vers 800 av. J.-C.

Le métal est un marqueur prégnant de l'évolution des sociétés mais pas le moteur. La complexité sociale qui tend à hiérarchiser les groupes, l'accroissement des relations entre les communautés et à l'allongement des distances de l'échange, notamment à l'échelle de l'Europe, sont à même d'expliquer la réalité culturelle de cette période.



Dépôt de l'âge du Bronze moyen découvert sur la commune d'Arnave, lithographie d'Émile Cartailhac

L'âge du Bronze dans les cavités de la réserve se caractérise par deux types de mentions :

- soit de simples occurrences, liées à une typochronologie comme la hache de bronze à Siech, les perles tubulaires en os de Malarnaud ou une pendeloque en os avec stries circulaires au Portel ;
- soit des occupations avérées comme à Las Morts, Le Mas-d'Azil, l'Herm, Massat ou la Petite Caougno.

L'apparition de la céramique à fond plat et des pointes de flèches en os caractérise sans ambiguïté le **Bronze ancien**. Cette période se termine vers 1800 av. J.-C. Plusieurs sites ariègeois illustrent l'occupation du territoire au Bronze ancien : le Peyré à Sabarat, les grottes de Bédeilhac, de Lombrives, de Payroulette, de Rode ou de Sakanie. Ce sont essentiellement des fragments de céramiques qui sont mis au jour : des tasses, des jarres de stockage, des gobelets carénés... Des haches plates en cuivre ou en bronze sont découvertes isolées à Villeneuve, aux Bordes-sur-Lèze ou à Montségur. Plusieurs grottes sépulcrales démontrent l'utilisation de ces espaces à des fins funéraires. Dans la grotte de Toureil à Mijanès, près de 670 dents humaines ainsi que des ossements sont mis au jour lors d'une fouille de sauvetage en 1996. De la parure, de la faune et de la céramique sont également exhumées. La grotte des Enchantées a livré des bracelets en bronze et deux boutons prismatiques à perforation en « V », mais également des ossements humains et un lot de céramiques très important de différentes périodes.

Dans la réserve, quatre sites sont référencés pour la période du Bronze ancien. Plusieurs indices nous invitent à signaler une occupation de la grotte de l'Herm au Bronze ancien. Une pointe à pédoncule et barbelures en os est conservée au Muséum d'histoire naturelle de Toulouse. La grotte de la Petite Caougno de Niaux offre une belle collection de poinçons, lissoirs et ciseaux en os, conservée au Muséum d'histoire naturelle de Toulouse, complétée par un important lot de poteries du Chasséen au Bronze final et de l'outillage en métal (épée en bronze et pendeloque en forme de griffe en bronze). Ce lot est rare pour le département. Après les périodes paléolithiques et néolithiques, la grotte du Mas-d'Azil est aussi occupée à l'âge du Bronze. De la céramique et de la faune (cerf élaphe, sanglier, lièvre ou lapin, fouine, renard et hérisson) témoignent de la présence de populations humaines dans la grotte.

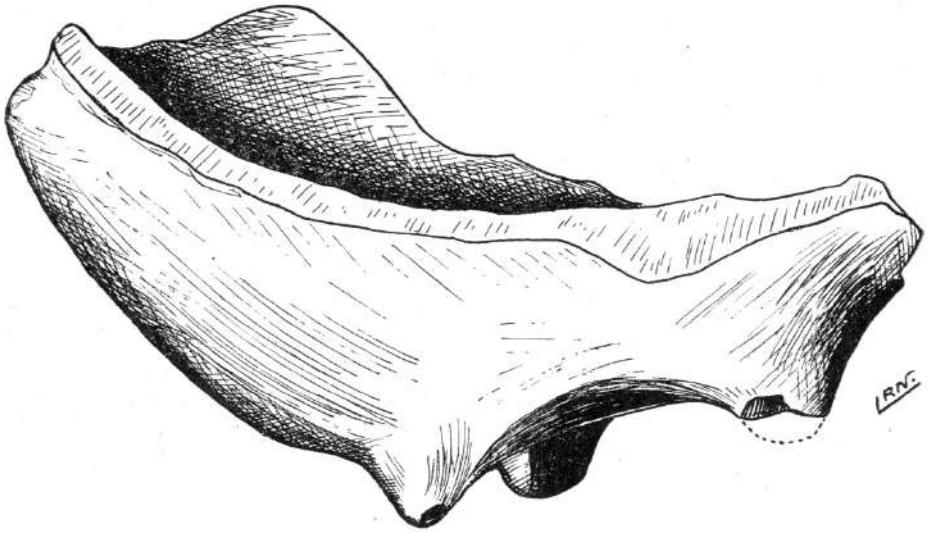
La grotte de Las Morts est surement le site le plus important pour la période en Ariège et plus largement pour les Pyrénées Centrales. C'est la première stratigraphie reconnue pour cette période, dès 1936. La grotte est un site d'habitat dans lequel de nombreuses céramiques furent retrouvées ainsi que des sagaies, des pointes de flèches et bien sûr du mobilier en cuivre et en bronze. La céramique est constituée de vases en bombe, de vases carénés, de vases décorés d'impressions digitales mais aussi de restes de faisselles pour la fabrication de fromage. Une alène losangique à section rectangulaire caractéristique du l'âge du Bronze ancien est identifiée. Pour la faune domestique, les études ont démontré la présence de porc, de chèvre, de mouton et de bœuf de petite taille. Il est également mentionné de la faune sauvage : cerf, genette commune, chat sauvage, campagnol des champs et mulot.

- Bénaix, grotte de Las Morts
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Niaux, grotte de la Petite Caougno

L'âge du **Bronze moyen** ou **récent** (Bronze Final I) est moins documenté mais couvre pourtant près d'un demi-millénaire. Il se termine vers 1400-1300 av. J.-C. Les occupations du Bronze moyen se concentrent sur le

bassin de Tarascon-sur-Ariège, sans doute directement lié au travail des métaux. La période est marquée par une plus grande utilisation de métal pour les outils et les ornements corporels, l'évolution des haches et de nouvelles armes : pointes de flèches en métal et lances à douille.

L'occupation de la plupart des grottes investies dès l'âge du Bronze ancien se pérennise à la période suivante soit en lieu d'habitation soit en site sépulcral. Nous pouvons noter Bédeilhac, Enlène, Lombrives, la Petite Caougno, le Mas-d'Azil, la grotte des Églises... Ces occupations ont livré du riche mobilier lithique, des bols, des tasses, des pichets, de la parure (pendeloques en griffe ou en métal), des poignards, des pointes de flèches en bronze, des hameçons en os ou en bronze... Les grottes de Malarnaud-Soulabé ont sans doute été occupées durant le Bronze ancien mais ce sont surtout des vestiges du Bronze moyen qui sont connus : perles tubulaires en os et céramiques. Des indices de l'âge du Bronze moyen seraient attestés dans la grotte du Portel.



Vase « polypode » de la petite grotte de Niaux (Ariège). Coll. Muséum d'hist. nat. de Toulouse

L'âge du Bronze moyen est la grande période de développement des vases polypodes. Ils existent dès le Bronze ancien et ne disparaissent qu'au Bronze final. Ils sont cependant beaucoup plus nombreux dans la période centrale. Ce sont des vases de formes diverses dont le fond, en général plat ou convexe, repose sur un certain nombre de pieds, entre 4 et 16. Le plus souvent ce sont de petits mamelons, formant une couronne supportant le récipient. Les vases eux-mêmes ne sont pas standardisés : des coupes larges et basses, des jattes carénées, des vases globuleux, en forme de « S » avec panse molle... Des vases polypodes sont retrouvés dans la grotte d'Enlène, à Lombrives, à la grotte des Églises, à Bédeilhac, à Pladières, à la station d'Arignac, à la nécropole d'Ayer et également dans la petite grotte de Niaux.

Comme pour le Néolithique ou les phases précédentes du Bronze, des découvertes isolées sont connues en Ariège, notamment des haches ou des lances à douille. Un magnifique dépôt est retrouvé fortuitement à Arnave, associé à une sépulture et à de la céramique. Il comprend deux haches polies, des pointes de flèches, des haches en bronze et des éléments de parures.

- Bénaix, grotte de Las Morts
- Loubens, grotte du Portel
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé

- Niaux, grotte de la Petite Caougno

L'âge du **Bronze final** s'étend de 1300 av. J.-C. et se termine vers 800 av. J.-C. Il est subdivisé en trois périodes : Bronze final I, II et III. Le Bronze final I ou Bronze récent n'est pas marqué par de grands bouleversements. Nous assistons à une perduration, un prolongement des cultures du Bronze moyen.



Dessin des 4 bracelets du dépôt de la grotte de l'Herm réalisé par Jean Guilaine

Pour le Bronze récent, nous pouvons signaler l'important dépôt de bracelets de la grotte de l'Herm, lors de l'exploitation de la grotte pour le phosphate. Cinq bracelets ouverts et massifs sont découverts dans la première salle de la grotte, sous un plancher stalagmitique, avec la sépulture d'une femme. Un foyer probablement rituel la recouvrait. Les bras et les chevilles étaient parés de 5 bracelets et son cou d'un collier (grand nombre de perles en os, plates, et une perle globuleuse blanche à perforation biconique). Une dague en bronze complète ce dépôt. Ce n'est pas la seule sépulture découverte dans la cavité.
Noulet comptabilise 300 pièces osseuses, soit près de 30 individus. À l'âge du Bronze, la grotte de l'Herm est un site funéraire avéré.

La grotte du Mas-d'Azil revient continuellement dans la bibliographie pour illustrer les occupations en Ariège du Bronze final. Il faut signaler notamment un important dépôt comprenant : un outil tubulaire à orifice allongé et terminé par une sorte de pommeau biconique (une bouterolle), les restes de plusieurs bracelets (proches de ceux de l'Herm), un fragment de hache à ailerons médians (très rare dans la région), une épingle, brisée, à tête sphérique et à la tige torsadée (aucun autre exemple dans la région), un fragment de soie d'épée et une chute de coulée (lingot). Ce dépôt pourrait provenir des Alpes ou du sud de l'Allemagne.

Il faut attendre la mise en place du Bronze final II et la civilisation dites des "Champs d'urnes" pour observer une évolution culturelle. Cette civilisation est nommée ainsi en référence à l'évolution des pratiques funéraires de l'inhumation à l'incinération et à l'apparition des tumuli. Les grottes de Lombrives et des Échelles à Ussat sont référencées comme sites sépulcraux au Bronze final. Du mobilier céramique et de la faune attestent de

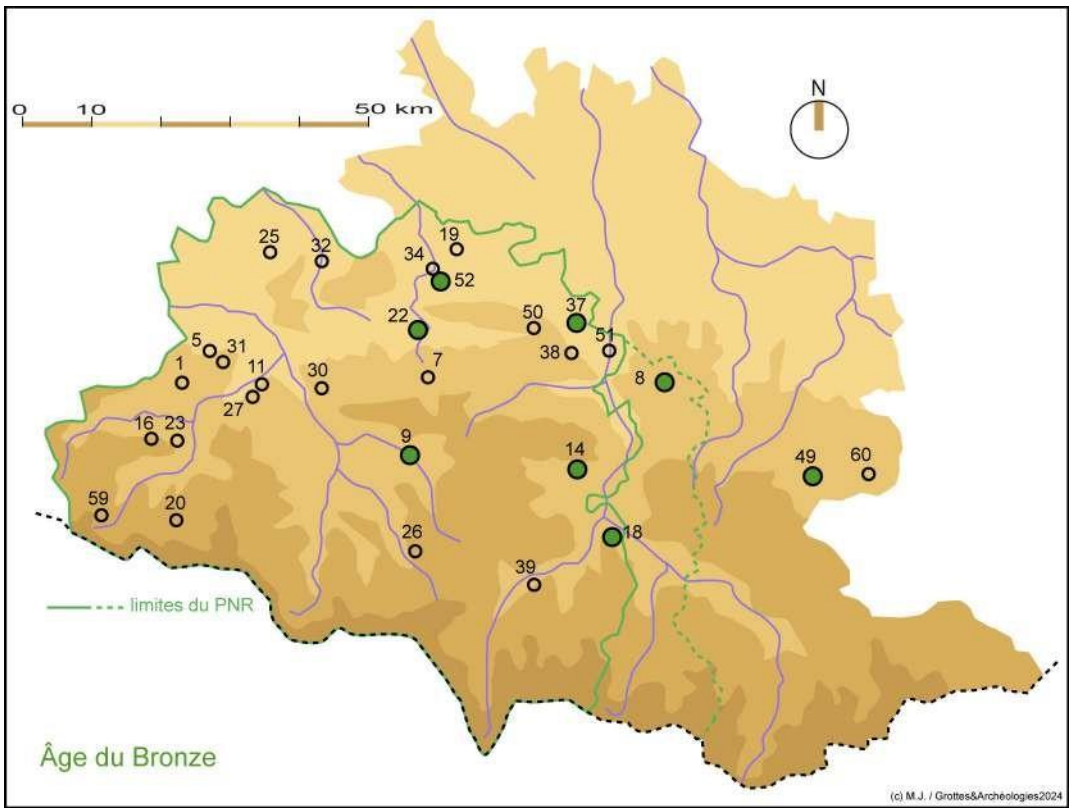
la continuité de l'occupation dans les grottes de Bédeilhac ou de l'Herm. Un cheval entier serait mentionné par Noulet dans le vestibule de l'Herm et de l'aurochs.Le Bronze final III, parfois confondu avec le premier âge du Fer, est une période riche en Ariège. De nombreuses haches sont découvertes un peu partout dans le département. Il faut aussi mentionner le dépôt d'Arz à Uchentein et ses torques. Découvert fortuitement en 2005, le dépôt d'objets en bronze d'En Castel (Ax-les-Thermes, Ariège) comporte des armilles, un torque et une hache à ailerons. Il appartient à un type de dépôt de la fin de l'âge du Bronze ou du début du Premier âge du Fer, connu de part et d'autre des Pyrénées. Des vestiges sont signalés à Sabarat, avec un dépôt de bracelets sur l'oppidum qui se constitue petit à petit, à Pladières, à la grotte de la Vache ou à Lombrives.

- Bénaix, grotte de Las Morts
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- L'Herm, grotte de l'Herm

La grotte de Massat est le dernier site de la réserve où est confirmée une occupation de l'âge du Bronze. Des silex, de la poterie diverse dont un petit vase caréné à anse en bronze, un anneau en bronze et un fragment de chaîne en bronze sont
retrouvés. Il n'est pas possible de préciser la chronologie.



Dépôt d'Arz, photothèque du Musée Saint-Raymond, musée des Antiques de Toulouse, Daniel Martin



ÂGE DU FER



La société se structure fortement à l'âge du Fer. Une élite dirigeante organise la répartition du travail, crée des agglomérations et connecte l'économie locale au réseau d'échanges méditerranéen en pleine expansion. Désignés sous le terme générique de « Celtes » par les
Grecs et les Romains, les habitants du territoire correspondant à la France actuelle sont en réalité pluriels et connaissent des évolutions différentes selon les régions. Si les textes d'auteurs grecs et romains sont les seuls témoignages écrits à être parvenus jusqu'à nous, les découvertes archéologiques forgent aussi notre connaissance de ces huit siècles clôturant la Protohistoire.

L'âge du Fer est découpé en deux périodes :

- le premier âge du Fer (- 800 à - 450) ou période de Hallstatt (du nom d'un important site autrichien),
- le second âge du Fer (- 450 au changement d'ère) ou période de la Tène (du nom d'un habitat et de nécropoles fouillés en Suisse).

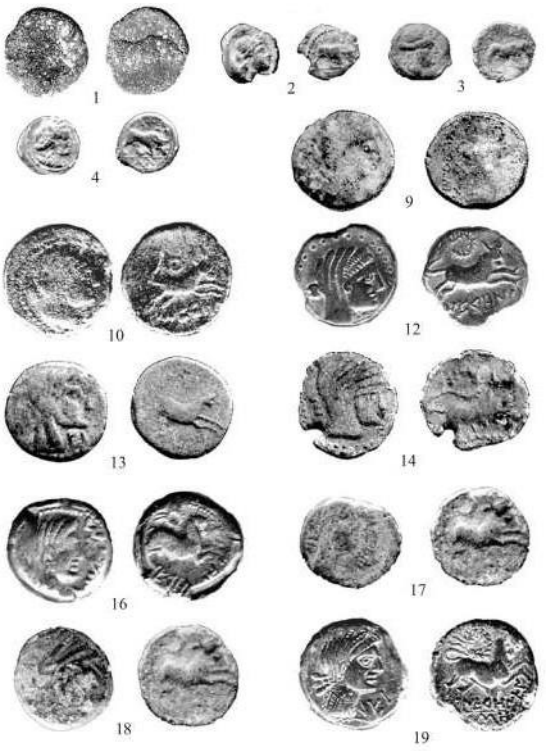
Axe 7 : Espace rural, peuplement et production agricole du second âge du Fer à l'Époque contemporaine
Axe 9 : Économies de production des âges des métaux

Dans le Sud-Ouest, les habitats du premier âge du Fer sont mal connus. Sur les habitats de hauteur, des aménagements défensifs importants sont attestés et certaines agglomérations comme Vieille-Toulouse, créées dès le début de l'âge du Fer, deviendront des établissements ou *oppida* de première importance par la suite. À côté, des agglomérations de plaines et des installations littorales parsèment le paysage. Les villages sont protégés par des fossés doublés d'une palissade. Les groupes humains se stabilisent, on s'installe durablement. La sédentarisation est totalement aboutie. Dans la seconde période, les agglomérations de Toulouse ou d'Auch semblent densément peuplées. Elles préfigurent les grandes villes antiques. Les *oppida* se structurent grâce aux fortifications. Le nombre de fermes croît. Ces enclos fossoyés sont souvent accompagnés de greniers, de silos et de puits. Ces fermes témoignent de la densité de peuplement et de réseaux d'habitats en connexion étroite.

Qu'en est-il en Ariège ? L'âge du Fer est très peu connu dans le département et de manière générale dans les Pyrénées, dans les hauteurs. Pour autant, il serait faux de dire que les populations de l'âge du Fer ne se sont pas implantées dans les hauteurs pyrénéennes.

Plusieurs sites de hauteur ou *oppida* sont attestés en Ariège : L'oppidum de Mayne au-dessus de la fontaine intermittente de Fontestorbes est un habitat du second âge du Fer (450-50 av. J.-C.). Son étude indique une occupation relativement courte, autour du début du I^{er} siècle avant notre ère, et à vocation commerciale.

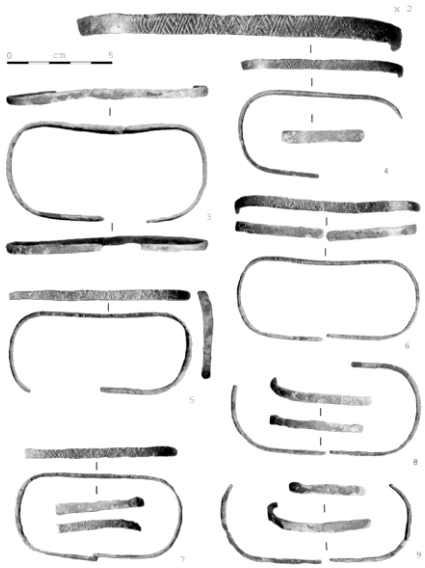
Échantillon des monnaies découvertes à l'oppidum de Mayne, Jean-Claude Richard, Guy Rancoule et Gisèle Gentric

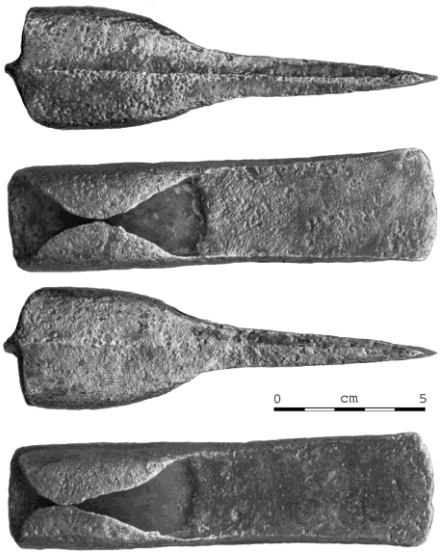


Nous pouvons évoquer également l'important oppidum du Peyré de Sabarat, non loin des grottes de la carrière, la Tour d'Opio à Saint-Jean-de-Verges détruite par l'aménagement de la route nationale 20, l'oppidum de Durban-sur-Arize, le site de Vals et peut-être sur le plateau de Montségur (premier âge du Fer).

Pour avoir des informations plus précises et récentes en Ariège sur cette période, nous pouvons nous référer aux recherches menées par Florence Guillot sur le castrum de Montréal-de-Sos. Bien connu pour l'époque médiévale, le site est occupé dès la période néolithique. L'âge du Fer y est identifié dès le premier âge du Fer. Florence Guillot parle de l'oppidum de Montréal-de-Sos.

Pour la fin de l'âge du Fer, un rapide dépouillement de la carte archéologique de la Gaule de l'Ariège montre que les trouvailles dans ce département se concentrent principalement au nord du département, dans la plaine (Pamiers et Lapenne), ou bien sur les premiers versants du piémont, et qu'une grande partie d'entre elles sont à mettre en relation avec des activités métallurgiques. La carte archéologique mentionne le dépôt d'Arz découvert à Uchentein, déjà cité pour l'âge du Bronze, proche de la nécropole utilisée pendant la transition âge du Bronze/âge du Fer à Ayer. Le dépôt d'objets en bronze d'En Castel comporte des armilles, un torque et une hache à ailerons. Il appartient à un type de dépôt de la fin de l'âge du Bronze ou du début du Premier âge du Fer. Ces dépôts accompagnent bien souvent des sépul tures, inhumations ou incinérations, car les deux pratiques sont attestées à cette période.





Dépôt d'En Castel, Ax-les-Thermes, Ariège. Armilles en Bronze et hache en bronze, à ailerons terminaux

La littérature scientifique française et les chercheurs se sont très peu intéressés à l'occupation des grottes par les populations de l'âge du Fer. En Ariège, Félix Garrigou fait exception. Il a entrepris plusieurs fouilles, dans neuf cavités, dans le canton de Tarascon pour mieux comprendre l'occupation du département "aux temps historiques". Il intervient à la grotte des Églises à Bouan, à la grotte de Camboseil, à Lombrives, à Ussat, à Sakanie, à la Vache et à la grotte des Caougniés. Nous remarquerons la continuité de certaines occupations depuis le Néolithique. Il y découvre du mobilier en fer, classique pour la période, de la céramique notamment vernie et tournée, de la faune, des briques en terre cuite, des meules en granit... La grotte de Camboseil, est aussi connue sous le nom de grotte sépulcrale de Sinsat, fouillée par Noulet en 1866. *"Une couche de tuf recelait les restes d'une douzaine au moins de squelettes humains. Avec des nombreux ossements de l'homme ont été retrouvés"* du mobilier archéologique riche. Félix Garrigou rapporte à l'âge du Fer la datation de ces sépultures.

Dans le cadre des cavités de la réserve, les témoins de l'âge du Fer sont très tenus !

Une occupation est certaine dans la grotte de Las Morts d'après l'abbé Durand pour l'ensemble de la période. Malheureusement la couche D n'a pas été stratigraphiée avec beaucoup de précisions. Le mobilier « *celtique* », dans le texte, est mélangé avec l'apport romain. Il est difficile de définir le statut du site et sa vocation : sans doute une bergerie ou un refuge ponctuel pour le pastoralisme... « *Mélange de gallo-romain, La Tène, Hallstatt : découvertes d'objets en fer avec des vases tournés, à pâte grise, cuits au four, de la fin de la Tène, une lampe romaine en bronze et demi-mandibule humaine* ». Il n'exclut pas que du matériel soit plus récent.

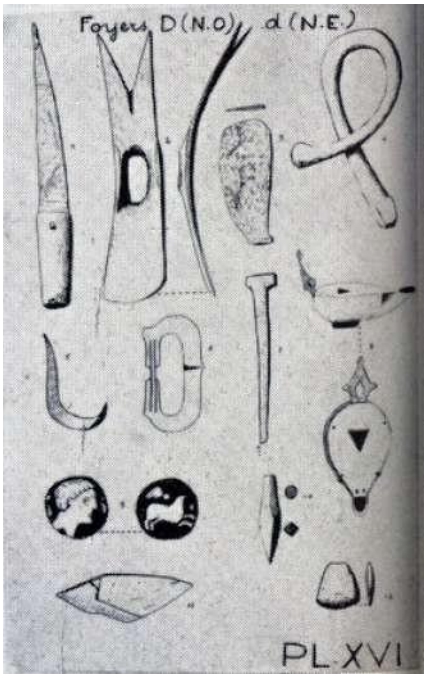
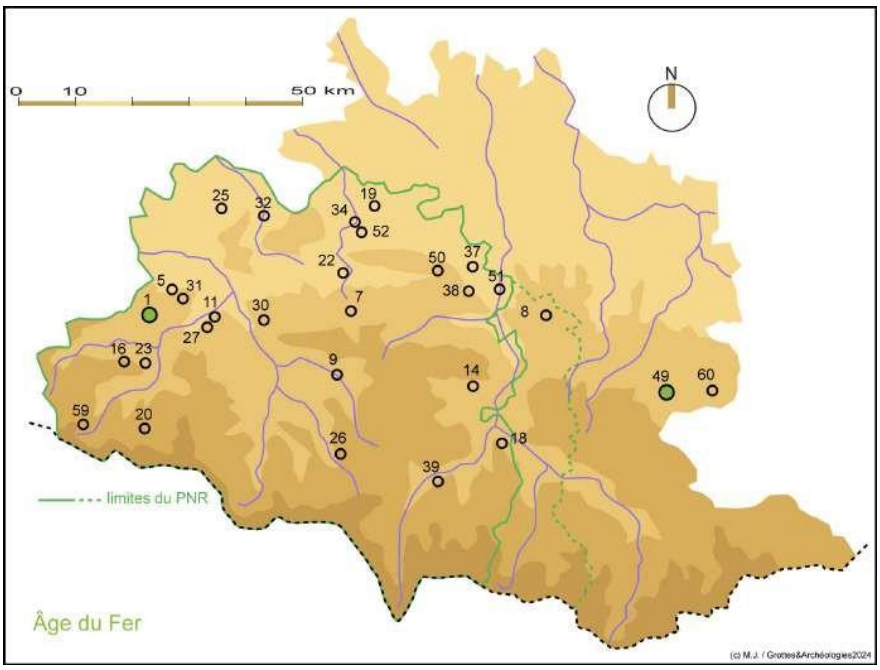


Planche de dessin du mobilier protohistorique et antique découvert dans la grotte de Las Morts, par l'abbé Durand

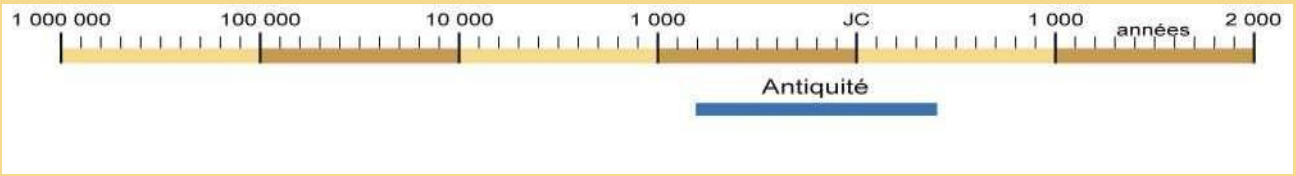
Dans la grotte de Sainte-Catherine, un vase découvert dans une niche est daté de l'âge du Fer par Louis Méroc. Là encore le fil est très mince pour définir la fonction du site. Il n'est cependant pas impossible que la grotte ait pu servir à des fins rituelles, certes très secondaires, à cette période. Même si la fonction « sanctuaire » des grottes à l'âge du Fer n'est pas bien connue, il existe dans l'Aveyron plusieurs sites avérés et documentés : la grotte-sanctuaire rutène du Rajal Del Gorp, la grotte de Céliose, la grotte 1 de Sargel et la grotte de l'Ourtiguet. Ces dépôts sont systématiquement réalisés en contexte souterrain à bonne distance de l'entrée des cavités, dans un milieu karstique qui implique également un fort taux d'humidité. Ce sont des lieux dédiés avant tout à des pratiques individuelles, qui peuvent néanmoins avoir lieu dans le cadre de cérémonies ponctuelles collectives. Ce

vase de Sainte-Catherine sert également de datation à la mine de fer. Cette exploitation humaine de la grotte serait à réévaluer avec des méthodes actuelles pour mieux la documenter.

- Balaguères, grotte de Sainte-Catherine
- Bénaix, grotte de Las Morts



ANTIQUITE

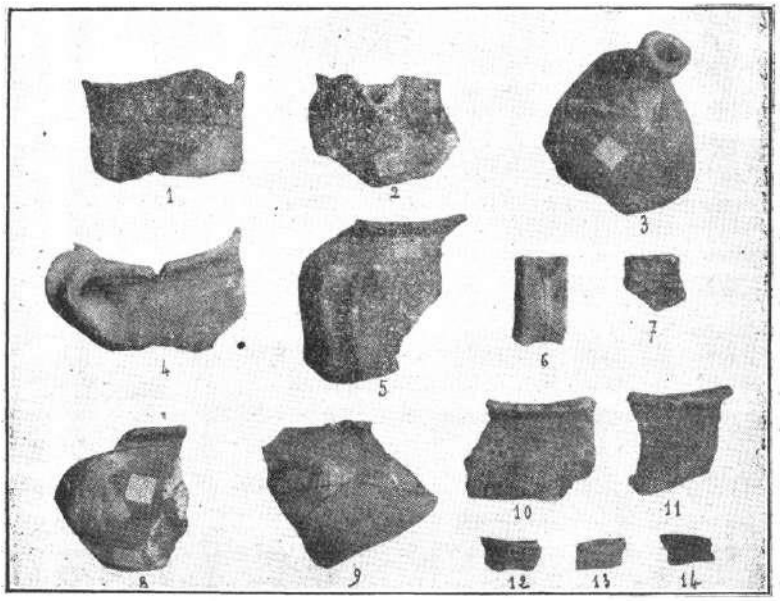


Poursuivant l'extension de leur empire fondé au VIIIe siècle avant notre ère en Italie, les armées romaines envahissent l'extrême sud de la Gaule à partir de -120. Puis, en -52, César conquiert le reste du territoire gaulois qui représente un espace riche et développé. Si la civilisation gauloise s'adapte alors majoritairement aux codes de l'occupant romain, elle maintient toutefois certaines de ses traditions, le tout donnant lieu à une société originale, dite « gallo-romaine ». Outre les nombreux monuments romains subsistant aujourd'hui (enceintes, théâtres et amphithéâtres, mausolées, etc.), les vestiges mis au jour par l'archéologie, en particulier depuis les années 1980, viennent éclairer bien d'autres aspects de cette culture.

Axe 7 : Espace rural, peuplement et production agricole du second âge du Fer à l'Époque contemporaine

Axe 8 : Les pratiques rituelles : lieux de culte, espaces funéraires et autres formes d'expression, du Néolithique à l'Époque contemporaine

Entre la fin du XIX^{e} siècle et la moitié du XX^{e} siècle, la grande majorité des descriptions stratigraphiques publiées illustre parfaitement le manque de préoccupation pour les périodes plus récentes où les phases de fréquentation antiques sont alors réduites à la simple mention de fragments de tessons « gallo-romains » ou à la présence de « pièces ou médailles romaines » sans autre forme de description. Or c'est un type d'occupation beaucoup plus fréquent qu'on ne le croit généralement, qui échappe aux réflexions conduites sur l'organisation des territoires de montagne ou de piémont.



Photographies de la céramique antique découverte dans la grotte de Siech par Georges Vidal

Ces occupations bénéficient depuis une trentaine d'années d'un regain d'intérêt de la part des archéologues. Ils tentent de mettre en lumière la multiplicité des occupations durant les périodes historiques, s'éloignant ainsi d'une image essentiellement centrée sur la Préhistoire. Les recherches actuelles, menées en particulier en Nouvelle-Aquitaine par l'université de Pau, questionnent la place de ces sites dans l'espace pyrénéen et son tissu social. Elles tentent de définir les modalités spatiales, morphologiques et chronologiques observables, tout en replaçant ces cavités dans un réseau tenant compte des différents marqueurs archéologiques connus pour la période romaine.

La ou les fonctions de ces fréquentations sont également au cœur des problématiques récentes. En effet, les études anciennes attribuaient généralement l'occupation des grottes à la période antique, si ce n'était pas à des fonctions sépulcrales, à du brigandage, frappant les marges montagneuses ou à des fonctions de refuges liés aux contextes d'instabilité des III^{e} et V^{e} siècles. Ces occupations sont donc généralement perçues comme étant coupées du monde et exclues de leur environnement, même proche. Aujourd'hui, les recherches tendent à montrer qu'elles peuvent avoir aussi une vocation religieuse païenne liée à des ermitages, une fonction artisanale en marge (forestiers ou faux-monnayeurs) ou parfois plus réglementée comme l'exploitation des mines. Un rôle militaire, comme pour l'époque médiévale, n'est pas à exclure non plus.

La fonction sépulcrale au sein de ces espaces singuliers, très pratiquée au Néolithique puis à l'âge du Bronze, tend à disparaître à l'âge du Fer et durant la période romaine. Les sociétés protohistoriques abandonnent en effet l'usage sépulcral et collectif de la grotte au profit de la nécropole où l'espace funéraire avec ses concessions se veut être clairement défini. La grotte devient un espace hors-la-loi (romaine) et s'ouvre de fait à des activités variées et nouvelles qui se dissimulent au regard du public. On ne s'étonnera plus des différents indices d'activité de faux-monnayage repérés dans ces espaces.

Dans les sites de la réserve, trois cavités sont identifiées comme ayant eu une fonction sépulcrale. La grotte de Massat, bien plus connue pour son occupation préhistorique est également fréquentée à la période antique. Elle est confirmée par la découverte de Félix Pasquier d'un poignard en fer et de deux monnaies, un Gordien (238-244), un moyen bronze de Dioclétien (284-305). Ces monnaies permettent de dater de la fin du III^{e} siècle cette couche stratigraphique. Il dégage à l'entrée des ossements humains, des fragments de vases dont une petite urne d'une forme élégante et d'une fabrication soignée. Il se pose la question de l'utilisation à des fins funéraires du site.

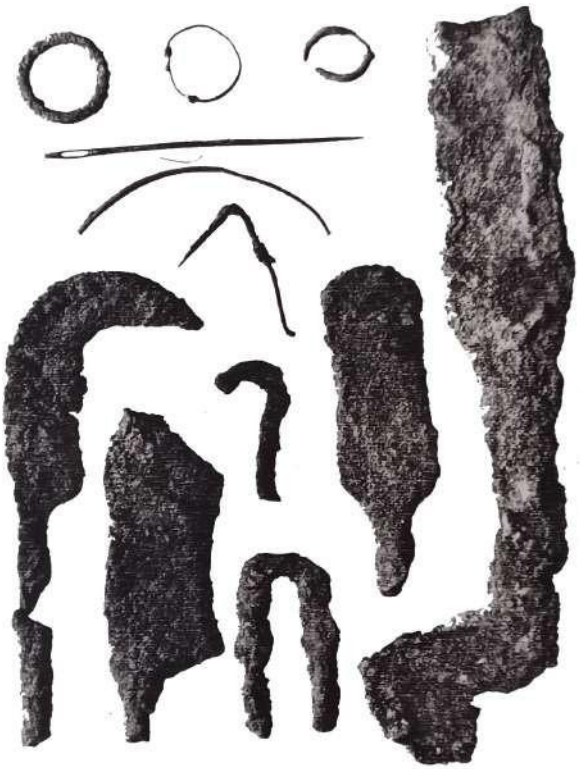


Monnaie de Gordien



Monnaie de Dioclétien

La grotte de Labouiche est une cavité majeure en Ariège, et même au-delà, pour l'importante occupation antique qu'elle recèle. Elle est importante par la quantité de mobilier retrouvé par Louis Méroc, par la diversité des vestiges conservés et par la fonction funéraire avérée. Plusieurs espaces contiennent des occupations antiques dans la grotte de Labouiche. La galerie fossile Dunac comprend même des vestiges d'aménagement ; Louis Méroc observe le creusement d'un caniveau. L'outillage gallo-romain métallique en bronze est riche : boucle d'oreille, aiguille à chas, à cheveux, serpette, maillon de chaîne… La céramique n'est pas en reste avec deux types identifiés, l'un "indigène" – de la Tène III – et l'autre romaine. Le premier lot comprend petit pot, assiette, fusaïole et plusieurs urnes, dont une avec trois petits bronzes fixés par l'oxydation (Tetricus Père 271-273, Gallien 253-268). La poterie tournée romaine consiste en des cruches et des grandes jattes, similaires à celles découvertes à la villa de Montmaurin, à Chiragan ou à Saint-Bertrand-de-Comminges. Plusieurs monnaies sont également mises au jour, notamment une série de petits bronzes (Gallien, Aurélien, Probus, Hadrien). L'occupation se poursuit dans la zone aval de la galerie Dunac. Le fils Dunac y aurait découvert un squelette. Louis Méroc retrouve dans ces sondages quelques fragments de céramiques gallo-romaines. Dans la galerie Fajal, la fréquentation antique se confirme. De



nombreux ossements humains (adultes et enfants) sont découverts et identifiés dans des sépultures gallo-romaines. Les sondages de Louis Méroc sont riches en mobilier : céramiques antiques et poteries gauloises (fragments de coupe rouge, moitié de vase à anse de forme curieuse), un petit bronze de Tetricus II, anneau de bronze, 4 petits bronzes et de la faune (bovidé, sanglier, ruminants).

Mobilier métallique découvert dans la galerie fossile Dunac à Labouiche

Il est aussi possible que la grotte de Las Morts, que nous détaillerons plus loin, ait servi de lieu de sépulture à la période romaine. L'abbé Durand mentionne dans sa publication de 1958 la découverte d'une sépulture au cours de la fouille. Malheureusement, il précise qu'il ne présentera pas les éléments anthropiques dans son article (et fauniques) !

Les réflexions portent également sur la durée et la continuité des fréquentations. Est-ce que les grottes fréquentées durant la période gallo-romaine sont les mêmes que celles qui étaient utilisées par le passé, durant la Préhistoire ou la Protohistoire ? Qu'en est-il des périodes suivantes ? Peut-on observer archéologiquement une récurrence d'utilisation de mêmes cavités sur le temps long ou existe-t-il des préférences particulières privilégiant telle ou telle cavité en fonction des sociétés ou en vue d'usages spécifiques ?

En Nouvelle-Aquitaine, globalement nous remarquons une continuité de l'occupation des sites. Néanmoins, une rupture fonctionnelle est observable entre âge du Fer et Antiquité. Parmi les cavités étudiées par Patrice Dumontier, seulement deux cavités (la grotte Mikelauen-Zilo et la grotte de Laà) attestent d'une occupation successive du second âge du Fer à l'Antiquité romaine. Cette faible représentation constitue une véritable interrogation au regard des exemples ibériques ou alpins. Elle manifeste certainement l'évolution culturelle entre ces deux périodes. *A contrario*, une grande majorité des cavités connurent une continuité d'occupation entre les âges du Bronze et du Fer.

Pour la période antique, Benoit Pace et Vincent Duménil recensent 36 grottes sur 888 cavités naturelles référencées, dans les Hautes-Pyrénées, le Gers, les Landes et les Pyrénées-Atlantiques ! La reprise récente des données démontre une certaine augmentation du nombre de fréquentations entre les IV^{e} et V^{e} siècle. La ventilation du nombre de sites fréquentés par siècle permet de mettre en lumière le fait que ces grottes connaissent progressivement une augmentation de fréquentation entre la fin du I^{er} siècle et le IV^{e} siècle, tout en se maintenant dans un seuil assez haut durant le V^{e} siècle.

L'étude du mobilier conservé dans ces cavités est un outil primordial pour répondre à l'ensemble des problématiques soulevées ces dernières années. Il serait pertinent de reprendre les collections des sites de la réserve. Dans l'attente, nous présentons les informations analysées pour les Pyrénées occidentales. La présence de mobilier métallique ou en verre est généralement peu attestée. Ce dernier est souvent associé à des sites de type villa ou à des agglomérations. Trois cavités de la réserve, Massat et surtout Labouiche et Las Morts, viennent contredire quelque peu ces données pour le mobilier métallique, bien représenté en Ariège. Les monnaies forment le second type de mobilier le plus fréquemment découvert en grotte. Les occupations ariègeoises attestent également de l'importance des monnaies.

La céramique constitue quant à elle le principal artefact mis au jour, comme d'ailleurs pour tous les sites archéologiques de cette période. Les formes retrouvées ne montrent pas de récurrence, même s'il semble que les bols, les pots, les jattes et les écuelles constituent la majorité des formes recueillies. Dans la zone étudiée par Benoit Pace et Vincent Duménil, les lampes à huile sont quasiment absentes. Cette observation soulève la question de la temporalité de leur usage (cycles courts, laissant peu de traces) et des modalités de leur fréquentation.

Dans la grotte de Las Morts, l'abbé Durand mentionne du mobilier gallo-romain sans plus de précision. Dans sa publication de 1958, il détaille le mobilier des foyers de la couche D : épingles en os dites romaines, monnaie de bronze ibérique « ibergète » de la Tène III, couteaux de fer, bracelet de fer, flèche en fer, crochet et grande cheville en fer, bande de fer, serfouette en fer et une lampe en bronze de type romain ; puis pour le mobilier céramique : vases ornés de la Tène, vase de type romain. Une lampe à huile romaine en bronze fait partie du mobilier mis au jour. C'est un élément relativement assez rare pour le signaler.



Lampe à huile en bronze, provenance non précisée

La céramique est le marqueur principal de l'occupation antique dans la grotte de Siech. En 1922, Georges Vidal visite et fouille la grotte de Siech. Il trouve de la céramique dans un foyer : aucun vase entier mais des fragments enfouis dans le sol. Cette céramique est dépourvue de vernis et de facture assez grossière, colorée en noir en surface, employée aux usages domestiques : vases à becs et à goulot latéral, œnochoé, poteries gris-noirâtre. En complément, il met au jour du bois calciné et de la faune (sanglier, mouton ou chèvre, fouine). Il date ces vestiges de la fin de l'époque romaine ou de l'époque wisigothique. Il les rapproche de ceux des sites antiques de Pladières, du château de Quié et de la grotte de Bédeilhac.

Une dernière grotte de la réserve, celle de Tourtouse, est rattachée à un horizon antique grâce aux pièces de monnaie romaines découvertes au niveau du porche au début du XX^{e} siècle. Au siècle précédent, l'abbé Pouech y prélève des ossements de castor (conservés par le département de l'Ariège) et de la « poterie » à plusieurs endroits (fragments de poterie fine grise tournée, tasses, deux fragments de poterie grise fine, tasses rouge tournée, poterie tournée à vernis jaune, poterie non tournée fort mal cuite). La collection de céramique n'a pas été retrouvée. Il serait hasardeux d'évoquer ici la fonction de cette fréquentation.

La mise en place d'études globales permettrait de comprendre s'il existe un système de peuplement spécifique ou si ces espaces demeurent inscrits dans de plus vastes ensembles spatiaux, incluant aussi des zones agricoles. Cette approche contribue à mieux cerner la position des cavités au sein d'une hiérarchie et de mesurer leur part au sein du peuplement local, dimensions fondamentales et totalement ignorées à ce jour.

En Nouvelle-Aquitaine, une telle étude a pu être menée par des analyses de proximité et d'occupation synchrone avec les principaux vecteurs des sociétés romaines (agglomérations, voies, *villae*, fermes, édifices militaires, édifices religieux, exploitations montagnardes, etc.). Elles ont pu questionner l'incidence de cette position dans le niveau de fréquentation ou d'occupation des sites afin de déterminer si oui ou non la proximité d'une grotte et d'un habitat permanent ou d'un axe de communication important pouvait avoir une véritable répercussion sur le niveau de fréquentation des cavités. Une catégorisation des sites fut établie selon plusieurs critères :

- les sites apparemment isolés ;
- les sites proches d'agglomérations (principales ou secondaires) ;
- les sites proches de *villae* ;
- les sites en connexion avec les voies ;

- les sites en connexion avec des activités montagnardes (activité extractive, activité pastorales, activité cultuelle ou funéraire).

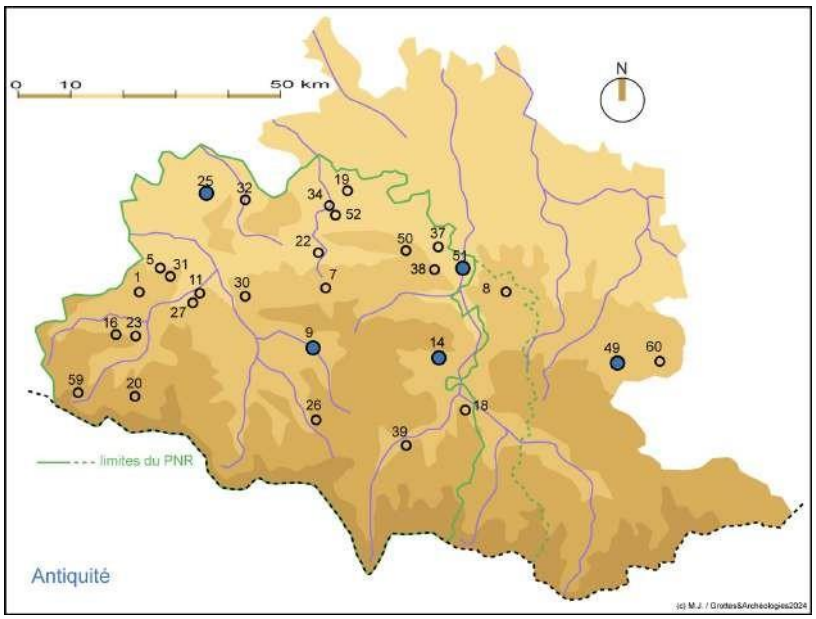
Les occupations antiques entretiennent des relations spatiales évidentes avec les principaux marqueurs de peuplement antique et s'insèrent dans la trame de peuplement grâce aux relations de proximité qu'elles ont pu entretenir avec les agglomérations principales et secondaires, les *villae*, les fermes, les campements, les lieux de cultes ou encore avec les sites d'exploitation et de production installés en montagne. Dans cette étude, ils attirent l'attention sur l'importance des vestiges en rapport avec le pastoralisme (cabanes, bâtiments, enclos, etc.) attestés à proximité de ces cavités. La difficile datation de ces sites oblige malgré tout, pour la période romaine, à considérer ces grottes comme "isolées", alors qu'elles ont parfaitement pu jouer un rôle particulier dans le déroulement des activités pastorales de moyenne montagne.

L'un des groupes de cavités les plus emblématiques pour la période antique dans les Pyrénées, correspond au site de la vallée de la Save, sur la commune de Lespugue (Haute-Garonne), où trois grottes et un abri sous roche (la grotte des Bœufs, la grotte des Rideaux, la grotte des Harpons et l'Abri-sous-les-rideaux) se trouvent aux abords directs de deux (ou trois ?) *villae* (villa de Gouërris à Lespugue, ainsi que la villa de Lassalles, et probablement la villa tardive de la Hillère à Montmaurin). Fouillées dès le début du XX^{e} siècle par A. de Saint-Périer et principalement connues pour leurs artefacts préhistoriques, ces grottes témoignent également d'occupations pendant la période gallo-romaine.

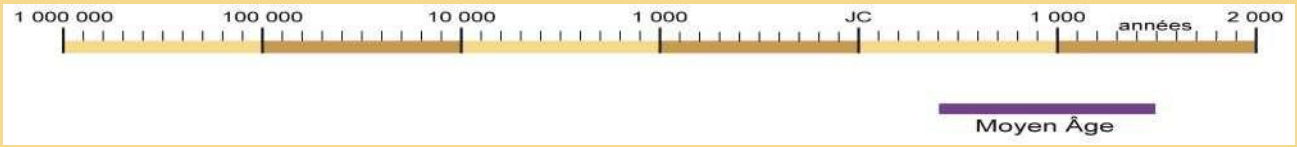
Il est par ailleurs question d'un probable usage funéraire de l'Abri-sous-les-Rideaux, ce qui serait assez original pour la période antique dans la mesure où ce type d'usage est davantage caractéristique des périodes antérieures. Que dire alors des trois grottes de la réserve (Massat, Labouiche et Las Morts) occupées notamment à des fins funéraires ? L'Ariège semble à plusieurs titres (fonction et mobilier) présenter des conclusions un peu différentes de l'étude du Sud-Aquitain... des pistes de recherches à développer.

Dans cette perspective, la place des grottes situées à proximité des sites d'exploitations (minerais et minéraux) mérite d'être interrogée, puisqu'elles ont pu constituer, d'un point de vue spatial et fonctionnel, des abris suffisamment efficaces dans ce milieu.

- Bénaix, grottes de Las Morts
- Massat, grottes du Ker
- Saurat, grotte de Siech
- Tourtouse, grotte de Tourtouse
- Vernajoul, grotte de Labouiche



ÉPOQUE MEDIEVALE



À la chute de l'Empire romain d'Occident, la Gaule est dirigée par une succession de dynasties avant de mettre au point un nouveau type de gouvernance : l'ordre seigneurial. L'autorité royale est ensuite progressivement rétablie sur le royaume de France jusqu'à l'apparition de l'État moderne. Ce millénaire est également marqué par l'influence croissante de l'Église chrétienne sur la société. Meurtri par de nombreux conflits, crises et épidémies, notamment en fin de période, le Moyen Âge n'en est pas moins riche en innovations techniques et culturelles. Il peut être considéré comme la première étape de la mécanisation, préfigurant l'activité industrielle de l'Occident.

Axe 8 : Les pratiques rituelles

- Axe 8.1 : Dépôts mortuaires, sépultures et espaces funéraires
- Axe 8.3 : Autres formes d'expression rituelles

Axe 10 : Lieux de pouvoirs

- Axe 10.1 : Appréhender la diversité des lieux de pouvoir sur le temps long
- Axe 10.3 : Réinterroger la diversité des lieux de pouvoir civils

Nous ne nous étendrons pas sur la période médiévale puisqu'une seule mention e
De la céramique datée du XII/XIII^{e} siècle est récemment découverte en rive gauch
Mas-d'Azil. Cette éventuelle occupation demande à être étayée lors des opérati
effet, il est possible que la grotte, ou au moins son entrée, nord ait fait l'objet de fo
Le comte de Foix, en 1246, s'octroie le droit de fortifier la *roca* du Mas-d'Azil.



- Le Mas-d'Azil, rive gauche de la grotte

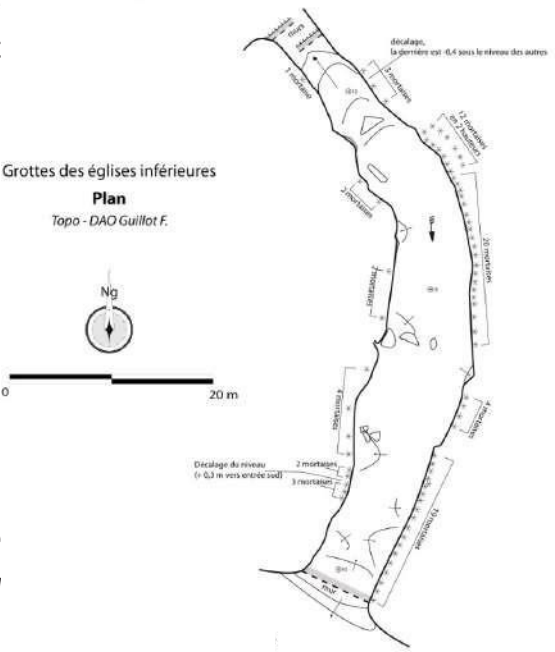
Bien sûr l'histoire et l'archéologie de l'époque médiévale ariègeoise est très riche
revenir sur l'ensemble des données. Nous nous contenterons, avec l'aide des pub
faire le point sur le troglodytisme médiéval et de
lancer quelques pistes de réflexions pour la réserve. Sur le sujet, des études et de
mais ils sont inégaux selon les régions. La recherche est beaucoup mieux établie pour les sites artificiels, ceux qui ont été creusés, que pour les sites utilisant des cavités naturelles.

Le questionnement actuel, essentiel pour l'histoire de l'occupation du milieu souterrain au Moyen Âge, est celui des motivations et des fonctions de cette occupation. La fonction de la grotte peut être tout à la fois un lieu de retraite pour ecclésiastiques marginaux et exceptionnels ou à rapprocher d'un lieu de culte, mais elle est également au centre des préoccupations du pouvoir public et sert l'expansion humaine. La grotte n'est donc pas du tout un espace en marge de la société. Cette proximité des grottes avec le cœur de la société est totalement à l'inverse de la vision que nous propose la grotte-ermitage.

Dans ces cas, point question de réclusion, d'éloignement ou de refuge, mais bien au contraire de peuplement, de développement et de pouvoir. Les multiples références (ou observations archéologiques) à des villages, maisons, fortifications, ateliers artisanaux, recherches de gisement minéralogique, extraction d'argile, bergeries, caves à fromages, ateliers de faux monnayeurs, caveaux et autres, témoignent d'une appropriation réelle de ce milieu par l'Homme.

À la grotte Sindou dans le Lot, une occupation de la fin du VIII^{e} siècle à la fin du IX^{e} siècle a succédé à une nécropole de l'âge du Bronze. Le mobilier a été retrouvé dans l'éboulis de l'entrée et dans la première salle. Il pourrait s'agir d'un atelier de faux-monnayeurs ou de bijoutiers réutilisant par pillage le
mobilier de la nécropole. À la grotte du Moulin de Corp, dans l'Aveyron, le matériel archéologique conservé permet d'émettre une hypothèse fonctionnelle analogue : une occupation au moins temporaire du site vers les VI^{e}-VII^{e} siècles surmonte une nécropole de l'âge du Bronze et pourrait être simplement due à un pillage de la nécropole ancienne. Ces quelques exemples montrent à quel point il serait d'intérêt de reprendre nombre d'études anciennes en grotte. Souvent les occupations médiévales n'ont pas été identifiées... Il faudrait revoir l'ensemble des collections des grottes de la réserve, notamment la céramique. Il n'est pas impossible que des tessons de céramique médiévale aient échappé aux yeux de nos prédécesseurs, fortement impliqués dans la recherche préhistorique. La couche "unique" Hallstatt, La Tène, Antique (1200 ans d'occupations) de la grotte de Las Morts démontre bien les écueils des recherches passées peu passionnées par les périodes dites « historiques ». L'abbé Durand, lui-même, n'exclut pas du mobilier plus récent dans cette cavité.

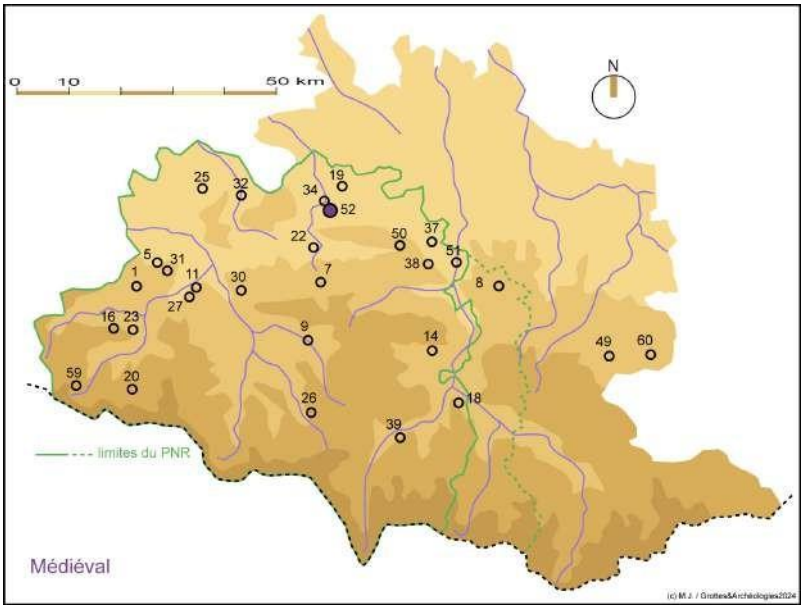
Au-delà de revenir sur les collections anciennes, l'intérêt de reprendre des prospections et des sondages dans les cavités ariègeoises n'est plus à démontrer. Les prospections menées par Florence Guillot en Haute-Ariège, et notamment dans
le massif du Cap de la Lesse (grotte de Niaux) et dans les porches perchés ou spoulgas, nous permettent de reconsidérer l'occupation médiévale troglodyte. Ces sites peuvent avoir une vocation sépulcrale et/ou défensive.
Quand du mobilier a pu être découvert, il s'avère être des éléments datant de la Protohistoire ou des éléments médiévaux (fin du XIIe siècle au début du XIVe siècle).



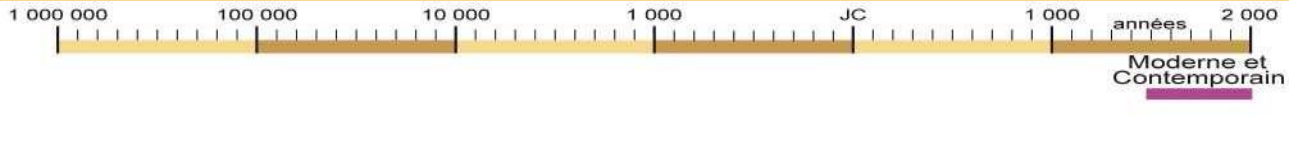
Grottes des Églises (Ussat, Ariège). Des dizaines d'encoches ont été aménagées dans les parois à 2 m ou 2,3 m du sol pour créer un niveau planchéié. Les deux entrées étaient barrées de murs maçonnés.

Autre sujet de questionnements et de réflexions intéressantes pour certaines cavités de la réserve : celles qui sont situées sous les rochers des châteaux ou vestiges du Moyen Âge. Il faut s'interroger à la fois sur les questions d'antériorité de l'occupation des espaces et sur l'usage des grottes situées sous ces ouvrages. Les grottes de Sainte-Catherine et de Massat sont coiffées d'une tour (Massat), d'un château et d'un village (Sainte-Catherine) du second

Moyen Âge. Il serait nécessaire d'être attentif aux témoins d'occupation médiévale dans ces deux sites. Ces cavités contiennent très fréquemment des traces et des vestiges d'occupation médiévale.
Citons, pour exemples, la grotte de la Cité sous le castrum de Cabardès à Lastours en Minervois, ou celle plus proche du Campanal sous le castrum de Montréal
-de-Sos en Haute-Ariège, celle de la barbacane sous le château de Foix, toutes trois obturées par des murs et comportant des mortaises en arrière de ces murs.



ÉPOQUE MODERNE



L'Époque moderne couvre les trois siècles qui séparent la fin du Moyen Âge de la Révolution française. À partir du XVI^{e} siècle, l'Europe se recompose tout en ravivant son héritage culturel antique et en développant de nouveaux axes commerciaux maritimes avec le continent américain. Cette période voit l'éclatement de l'Église d'Occident et l'instauration du protestantisme. Pays le plus peuplé d'Europe, la France est alors un espace en construction. Pendant près de trois siècles, les rois de France absorbent dans le domaine royal plusieurs principautés : la Province, la Guyenne, la Lorraine ou encore la Franche-Comté. L'archéologie permet de mettre en évidence des spécificités régionales multiples, souvent difficilement perceptibles dans les textes.

En France, elle peut être subdivisée en trois périodes, marquées par d'importantes transformations politiques et artistiques : la Renaissance (de la fin du XV^{e} siècle aux premières décennies du XVII^{e} siècle) ; l'avènement de l'État-nation sous le règne de Louis XIV (XVII^{e} et début du XVIII^{e} siècle) ; le siècle des Lumières (le XVIII^{e} siècle jusqu'à la Révolution).

Axe 10 : Lieux de pouvoir des périodes médiévale et moderne
Axe 14 : Archéologie des paysages

L'occupation des grottes à l'Époque moderne n'est pas un sujet de recherche archéologique en France. Il est extrêmement difficile de trouver des références sur cette question. Pour obtenir des informations sur les grottes et l'époque moderne, trois thématiques sont plus pertinentes :

- l'exploitation des grottes notamment pour le salpêtre ;
- la grotte "refuge" ou "fortifiée" pendant les conflits opposants protestants et catholiques ;
- la grotte comme cabinet de curiosités

La poudre noire, est le plus ancien explosif chimique connu. De couleur sombre, elle est constituée d'un mélange déflagrant de soufre, de nitrate de potassium (salpêtre) et de charbon de bois. Utilisée pour les canons et les fusils, c'était le seul explosif chimique connu jusqu'au XIX^{e} siècle.



Vestiges d'exploitation du salpêtre dans la salle Dewoitine dans la grotte du Mas-d'Azil : monticules particuliers, disposés en arcs de cercles ; ce sont des rejets de cuves de traitements des sédiments pour en extraire les précieux cristaux, photographie Jean-Yves Bigot

Les grottes sont exploitées dès le XVI^{e} siècle pour le salpêtre. La grotte du Mas-d'Azil est un exemple récemment mis en lumière et majeur pour cette exploitation en France. Elle semble avoir fait l'objet d'une assez intense activité salpêtrière. Plusieurs mentions permettent de confirmer l'activité des salpêtriers aux XVI^{e} et XVII^{e} siècles dans la grotte. Des archives de la ville de Toulouse prouvent l'achat de salpêtre du Mas-d'Azil durant tout le XVI^{e} siècle. Au XVII^{e} siècle, Jacques de Saint-Blancard, dans son journal du siège du Mas-d'Azil de 1625, dit de la grotte que « c'est l'arsenal duquel on tire une quantité
merveilleuse de salpêtre ». L'expression fera florès grâce aux éditeurs de *l'Histoire générale de Languedoc* du XVIII^{e} siècle qui ont repris des passages du journal de J. de Saint-Blancard en les transformant un
peu : ce sera dorénavant « cette grotte qui fournit quantité de salpêtre ». L'activité aurait repris à la fin du XVIII^{e} siècle d'après les informations de l'abbé Pouech. Ces exploitations sont corroborées par la découverte de tessons de céramiques datées de l'Époque moderne en rive gauche de la grotte.

D'après les recherches menées en archives par Marc Comelongue, il ne faut pas totalement exclure la possibilité d'une exploitation à Malarnaud. Marcellin Boule avait observé, à la fin du XIX^{e} siècle, des traces importantes d'exploitation salpêtrière dans cette grotte située dans la commune de Montseron, à une dizaine de kilomètres au sud du Mas-d'Azil. Pas si proche, mais pas si éloigné non plus, ce site pourrait-il avoir fait partie du complexe productif mas d'azilien ? La question reste à creuser… notamment pour la période moderne.

En 1867, Félix Garrigou observe à l'entrée de la petite grotte de Niaux que « la roche est taillée à pic ». Plus récemment, Jean-Noël Lamiable a repéré également à droite de l'entrée naturelle de la grotte des traces de coups

de pic dans le « mond-mich » de la paroi. Comme on se situe dans une zone proche de l'entrée où les composés azotés sont abondants, il imagine que ce pouvait être lié à la recherche de salpêtre.

- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Niaux, la Petite Caougno

Les archives en lien avec l'exploitation du salpêtre laissent également entrevoir une occupation moderne de la grotte du Mas-d'Azil dans le contexte des conflits entre catholiques et protestants très marqués en Ariège. En 1562, le parlement de Toulouse écrit au seigneur de Pailhès à propos des agissements des protestants. Ils pourraient mettre la main sur la production de salpêtre. En 1570, le Mas-d'Azil est le seul dépôt tenu par des protestants. Nous apprenons également par Jacques de Saint-Blancard, dans son journal du siège, que l'entrée nord de la grotte était barrée par un mur percé d'une porte depuis le troisième quart du XVI^{e} siècle. Il serait intéressant comme pour la période médiévale de regarder de plus près la fortification de la grotte du Mas-d'Azil et la vocation parfois militaire des cavités. Nous savons que la grotte est occupée à plusieurs reprises par les protestants au cours des XVI^{e} et XVII^{e} siècle. Des

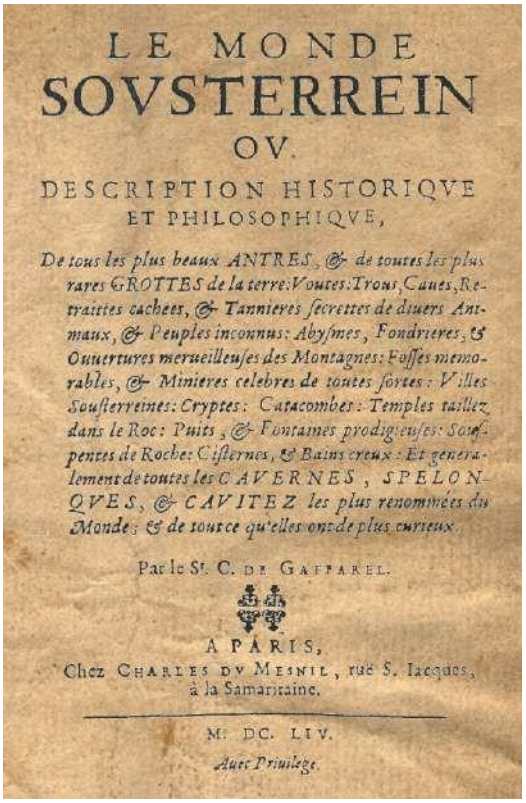
vestiges étaient bien encore visibles à l'entrée nord de la grotte, au début du XIX^{e} siècle. L'abbé Pouech se rappelait en 1888 que "*cette embouchure avait été murée autrefois, nous y avons vu un pan de mur délabré et les restes d'une porte*". Le fait qu'une partie des défenseurs protestants se soient réfugiés dans la grotte du Mas-d'Azil, et non dans la ville, lors du siège mené par les catholiques en 1625, constitue un leitmotiv de la culture ariégeoise.

Cette image, des plus romantique, aurait pu faire soupçonner une invention de l'érudition locale du XIX^{e} siècle. Heureusement, il n'en est rien. Cette vocation de refuge, notamment pour les protestants ou les catholiques, selon les régions, durant l'Époque moderne n'est pas un mythe même si cela est à documenter par des faits archéologiques et historiques. D'autres sites de la réserve sont sans doute concernés par ce phénomène.

Au début du XVII^{e} siècle, les savants européens s'intéressent particulièrement aux parties cachées de la Terre ! Il existe une littérature abondante et de nombreuses cartes illustrant le développement des recherches sur le monde souterrain à cette période. Pour eux, les carrières, les mines, les grottes, révèlent l'histoire vivante de la Terre grâce aux découvertes de fossiles, de minéraux et de formations rocheuses. Ces espaces jusque-là sacrés, interdits, furent dès lors fréquentés par un nombre croissant de visiteurs.
Les grottes ne faisaient pas qu'attirer les curieux et les collectionneurs, elles étaient identifiées elles-mêmes comme

des cabinets de curiosités, traduisant de façon évidente la double fonction du monde souterrain, espace à la fois naturel et culturel.

Parmi les ouvrages importants publiés à cette époque, nous noterons le premier traité de spéléologie. L'ouvrage de Jacques Gaffarel, *Le Monde sousterrein* (1654) dont seul l'index nous est resté, est intégralement consacré au monde souterrain.


LE MONDE
SOVSTERREIN
OV
DESCRIPTION HISTORIQVE
ET PHILOSOPHIQVE,

De tous les plus beaux ANTRES, & de toutes les plus rares GROTTES de la terre: Voutes: Trous, Caues, Retraittes cachees, & Tannieres secrettes de diuers Animaux, & Peuples inconnus: Abysmes, Fondrieres, & Ouuertures merueilleuses des Montagnes: Fosses memorables, & Minieres celebres de toutes sortes: Villes Souſterreines: Cryptes: Catacombes: Temples taillez dans le Roc: Puits, & Fontaines prodigieuses: Sorſpentes de Roche: Ciſternes, & Bains creux: Et generalement de toutes les CAVERNES, SPELONQVES, & CAVITEZ les plus renommées du Monde; & de tout ce qu'elles ont de plus curieux.

Par le Sr. C. DE GAFFAREL.

A PARIS,
Chez CHARLES DV MESNIL, rue S. Iacques, à la Samaritaine.

M. DC. LIV.
Auec Priuilege.

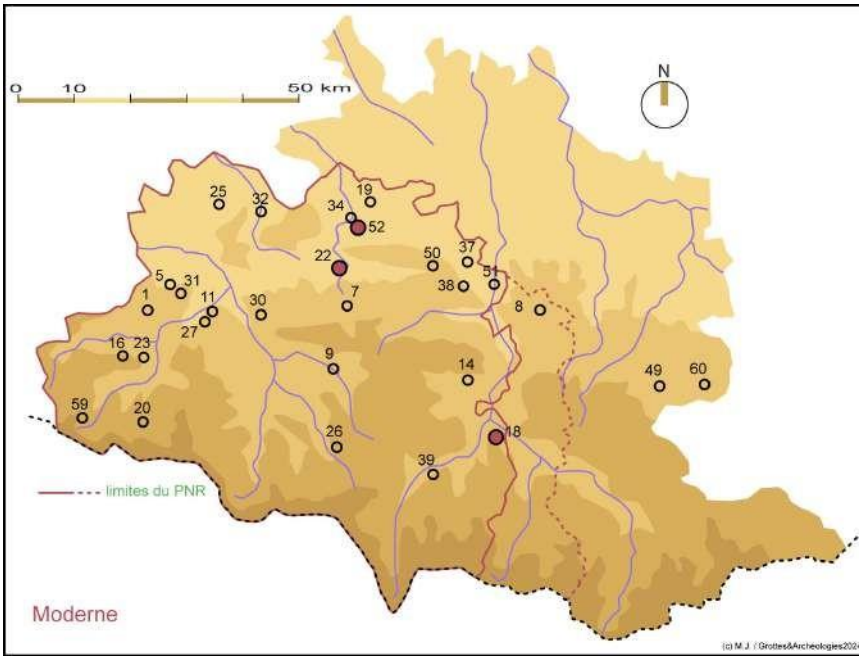
Couverture de l'ouvrage de Jacques Gaffarel publié en 1654

Pour des savants, la distinction entre nature et culture n'est pas aussi claire qu'elle semble aujourd'hui. Ainsi en Italie, les grottes naturelles connues font partie intégrante du paysage culturel classique : autant que les cavités artificielles trouvées dans les ruines des villes anciennes, elles sont intégrées au programme du « Grand Tour », origine du tourisme.

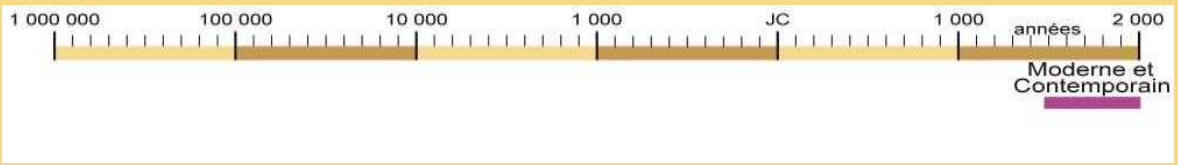
À l'Époque moderne, minéraux et fossiles sont collectés dans les grottes, non seulement par les marchands locaux, mais aussi par les voyageurs aristocratiques ou leurs agents, pour servir de médicaments, de curiosités ou d'ornements pour leurs cabinets. Ces nouveaux objets découverts doivent être nommés et décrits. Ainsi le terme de « stalactite » fut introduit par l'antiquaire danois Ole Worm, qui inventa ce mot latin à partir de deux mots grecs (*stalaktos*, ce qui s'écoule, et le suffixe grec *ite*, qui appartient à).

Depuis le XVI^{e} siècle, les minéraux trouvés dans les grottes faisaient l'objet d'un commerce dans toute l'Europe. Des sociétés savantes de Paris et de Londres, ainsi que des naturalistes comme John Woodward, Johann Jakob Scheuchzer, Gottfried Wilhelm Leibniz et Athanasius Kircher commencèrent à collectionner des objets trouvés dans des grottes pour les étudier. En raison de l'abondance, de la diversité et de la rareté des objets que l'on pouvait trouver dans ces lieux souterrains, Georg Henning Behrens et plusieurs autres érudits comparent les grottes à des « cabinets de curiosités pour l'histoire naturelle ». La circulation de ces objets suscita d'abondants débats sur leurs origines. Elle engageait plus largement des spéculations sur la formation de la Terre et sur la présence des fossiles en son sein. D'une façon générale, nos idées actuelles sur la formation de minéraux dans les grottes sont en rupture avec les croyances développées à l'Époque moderne : celles-ci manquaient de cohérence et ne se concentraient généralement que sur un seul, voire

quelques objets. À la fin du XVIII^{e} siècle s'imposèrent de nouveaux modes de classification du vivant (Linné, Cuvier, Lamarck), qui suscitèrent une mise en cause des conceptions antérieures, et conduisirent à réviser profondément les idées établies sur la vie elle-même.


0 10 50 km
N
25
32
19
34
52
22
50
37
51
38
5
31
1
11
30
7
8
27
16
23
9
14
49
60
59
20
26
18
39
limites du PNR
Moderne

ÉPOQUE CONTEMPORAINE



La période contemporaine s'étend du début du XIXe siècle jusqu'à nos jours. Du point de vue de l'historien, on la fait souvent débuter en 1789 ou au Congrès de Vienne (1815), qui marque la fin de la période napoléonienne. En Europe, ces deux siècles se caractérisent par des phénomènes et des événements d'une ampleur inédite : croissance démographique, industrialisation et productivisme, révolutions politiques, mondialisation des crises, extensions et replis colonialistes, nationalismes, guerres… mais encore, extension de la démocratie, épisodes totalitaires, éducation de masse, déclin du christianisme, de l'agriculture, progrès de la médecine, maîtrise de la contraception…

Axe 12 : Archéologie du monde contemporain
Axe 13 : Archéologie des conflits
Axe 14 : Archéologie des paysages

Parmi les strates sédimentaires qu'étudie l'archéologue, empilées au fil du temps, la plus récente est celle des XIX^{e} et XX^{e} siècles. C'est avec l'ère pré-industrielle, puis industrielle, que nous pouvons mesurer en archéologie l'ampleur conséquente des modifications du milieu souterrain. Plusieurs phénomènes vont concourir à l'exploitation des grottes, des mines et des carrières.

Le développement industriel provoque des mouvements de populations sans précédent (exode rural et immigrations). Il est lié à l'essor urbain et suburbain qui s'esquisse dès la fin du XVII^{e} siècle avec le colbertisme et les manufactures royales, et s'accomplit dès le deuxième quart du XIX^{e} siècle. Pour faire face à l'afflux de populations et à la demande croissante de logements, l'aménagement urbain
s'intensifie. Si le XX^{e} siècle se démarque clairement par la généralisation du béton, du bitume et de l'acier, réunis dans les œuvres de Le Corbusier, le XIX^{e} siècle qui précède n'est pas en reste avec ses grands ouvrages métalliques ou ses ensembles immobiliers. Ces constructions ont donné lieu à une intense activité d'extraction et de transformation de matériaux. Dans le milieu rural, la recherche agronomique, les remembrements et la mécanisation bouleversent les modes de culture et transforment des paysages souvent figés depuis plusieurs siècles. Le guano-phosphate des grottes françaises est alors considéré comme la meilleure réponse à l'impérieuse nécessité d'améliorer la productivité agricole en ces temps d'accroissement rapide de la population urbaine. Il est essentiellement composé de déjections d'animaux (chauves-souris, oiseaux, etc.) mais également de squelettes

d'animaux accumulés depuis des siècles. Mines et carrières, encore peu étudiées, forment alors des gisements remarquables partout en France.

Nous prendrons ici, à titre d'exemple pour l'Ariège, les phosphates. Les sols naturels et les vestiges anciens ont été profondément bouleversés, modifiés et déplacés au cours de la période historique pour extraire cette ressource. Elle sera plus ou moins ponctuelle et importante, mais atteindra sa plus grande intensité avec une organisation quasi industrielle à partir de 1890 (Simonnet, 1976), jusqu'à l'arrivée des engrais chimiques au début du XX^{e} siècle. L'Ariège organise dans ce sens, à partir de 1800, la prospection systématique des grottes appartenant aux communes ou à l'État, afin de limiter le prix de cet engrais naturel principalement issu de la transformation des guanos de chauves-souris, alors importés dans ce département, notamment depuis le Lot. Les cavités sont alors systématiquement exploitées, souvent sous l'égide des services des Eaux et Forêts. Ainsi, R. Simonnet (1976), dresse la liste des principales cavités les plus connues qui feront l'objet d'une exploitation ou projet d'exploitation de ce type (Lombrives, Bédeilhac et Niaux ne seront pas retenues faute d'intérêt), dont la plupart sont comprises dans celles retenues par le présent projet de réserve : l'Herm, le Mas-d'Azil, l'Estelas et Sendé.
Les grottes de Bouichéta, Malarnaud et l'Herm n'échappent pas à cette exploitation destructive par des concessions privées. À titre d'exemple, afin d'apprécier l'impact de cette activité, nous évoquerons la grotte de l'Herm, dont les vestiges paléontologiques ont pu être récupérés, mais où, alors que de rares témoins attestent d'une quinzaine de niveaux d'occupation du Paléolithique moyen, la branche occidentale a été entièrement vidée de ses sédiments sur plusieurs mètres d'épaisseur (sans parler des tranchées de la salle d'entrée qui ont irrémédiablement bouleversé des niveaux Protohistoriques).

Décrivant la grotte de l'Herm, voisine de Foix, le docteur Alzieu, constatait, dans un article de *L'Ariégeois* de 1855, que « *les chauves-souris doivent avoir pris possession de cette demeure depuis bien des siècles, si l'on en juge par la quantité énorme de guano qu'elle a fourni, durant plusieurs années, aux populations voisines, sans que cette précieuse substance ait pu être épuisée* ».

Hormis les phosphates, les grottes ariègeoises sont exploitées pour plusieurs autres types de ressources.

La grotte de Martel-Cigalère, sur la commune de Sentein, est investie depuis la seconde moitié du XIX^{e} siècle. Les mines y ont été exploitées pour le zinc, le plomb et l'argent (dans une moindre mesure), de 1848 à 1963, par une dizaine d'entreprises différentes. Les deux premières demandes de recherche datent de 1824. La première concerne quasiment l'ensemble du Couserans et n'a pas plus de suite que l'établissement d'un atelier composé de dix-sept fourneaux (non localisés). La deuxième sollicitait une concession à Bentaillou : un arrêté préfectoral lui accorde un permis de recherche, mais l'affaire n'a aucune suite connue. De 1838 à 1847, plusieurs demandes de recherche sont effectuées. La concession des mines de plomb et zinc argentifères, de « Sentein et Saint-Lary », est créée par arrêté préfectoral du 25 septembre 1848. La complexité géologique et l'altitude ont été les deux principaux handicaps de cette mine. La production de minerais préparés fut de 110 000 tonnes de zinc et 40 000 tonnes de plomb peu argentifère.

La crête du Pouech d'Unjat est une ancienne mine de bauxite, exploitée par un réseau de galeries souterraines et à ciel ouvert. Les fronts de taille mesurent en moyenne une dizaine de mètres, la bauxite était exploitée sur environ

2 m de hauteur (bas des fronts de taille). Aujourd'hui, la bauxite n'est plus exploitée. Elle a été exploitée dès le début du XXe siècle pour l'aluminium, puis plus tard pour la fabrication de ciments alumineux (1970–1980), d'abrasifs (corindon) et d'aluminium.

L'exploitation de la carrière de marbre à l'Espiougue n'est pas bien documentée. La cavité s'ouvre dans le front de taille de la carrière située à 120 m de la route de l'Artillac. Elle fut ouverte par les travaux, et son porche plusieurs fois agrandi lors des diverses reprises de l'exploitation. Le marbre de l'Espiougue, appelé Griotte rosé est une variété de calcaire cristallin de couleur vive. Le marbre de la vallée est exploité dès le XVIII^{e} siècle. Les plus importantes carrières furent celle de l'Espiougue. Ce marbre a servi dans la construction en Belgique, au Japon et partout en France. À proximité, nous pouvons encore voir les vestiges des bureaux, et des anciens ateliers, des wagonnets, des câbles et des poulies.



Wagonnet abandonné dans la grotte de Martel-Cigalère



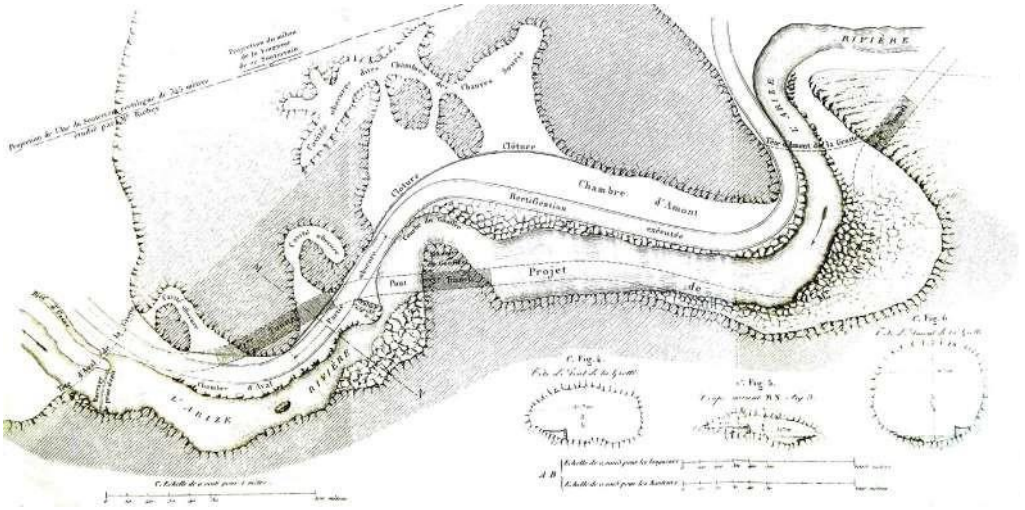
Câbles et poulies de la carrière de l'Espiougue

Il a été évoqué pour les périodes antérieures notamment antique, médiévale et moderne, la possible fonction militaire de certaines cavités, avec la construction de fortifications par le pouvoir seigneurial ou royal. Il serait également intéressant de réfléchir à la place des grottes durant les conflits du XX^{e} siècle.

La seconde guerre mondiale a laissé des traces tangibles partout à travers le territoire, y compris dans le milieu souterrain. Le contexte ariègeois n'est sans doute pas propice – comme à Fleury-sur-Orne où il a été découvert un refuge de civils au fond d'une ancienne carrière souterraine – à des sites de refuge, mais elles ont pu contribuer à l'effort de guerre. Les usines aéronautiques Dewoitine et la réquisition de la grotte de Bédeilhac sont des exemples précis de cette utilisation des grottes en temps de guerre, d'abord pour la France en 1940 puis par les Allemands en 1944. Ils entreprirent d'aplanir et de bétonner l'entrée de la grotte. La même chose est connue dans la grotte du Mas-d'Azil. En 2023, François Bon membre du "PCR Archives d'une grotte" consulte les Archives départementales de Haute-Garonne dépositaires du Fonds Airbus. Ce fonds conserve notamment des clichés réalisés au moment de l'installation par Dewoitine d'une usine de montage d'avions de chasse en juin 1940 dans la grotte. Comme pour Bédeilhac, les Allemands reprennent le dossier en 1943 mais ne donneront pas suite à l'initiative. Ces différentes archives, qui concernent en particulier la période 1920-1940 seront exploitées par l'équipe de recherche, en particulier en 2024.

Nous évoquions pour la période moderne l'intérêt grandissant des savants, des antiquaires et des touristes pour le monde souterrain. Le XIX^{e} siècle est marqué par une effervescence dans les grottes et les premières fouilles archéologiques. Sans faire la liste précise de tous les préhistoriens, géologues ou paléontologues venus explorer les cavités ariégeoises, nous noterons que de nombreux sites de la réserve font l'objet d'investigations dès le milieu du XIX^{e} siècle : l'Herm, Le Mas-d'Azil, Sendé, Massat, Malarnaud, l'Estelas, Tourtouse, Le Portel... L'abbé Jean-Jacques Pouech, Jean-Baptiste Noulet ou encore Félix Garrigou sont les précurseurs de la recherche dans ces domaines en Ariège. Les archéologues et les paléontologues contribuent à la modification, au déplacement voire à la destruction, non pas de la cavité au sens de la roche, mais plutôt de ces remplissages sédimentaires. Cette dynamique de recherche archéologique et paléontologique est toujours aussi vive et perdure depuis près de 150 ans. Elle s'ouvre petit à petit à toutes les périodes et se développe avec l'apport de nouvelles problématiques.
S'ensuit alors l'exploration de la petite grotte de Niaux, Las Morts, Siech, Aliou, Unjat ou Peyronnard...

Au Mas-d'Azil, les chercheurs ne sont pas les seuls à fréquenter la grotte. Les ingénieurs des Ponts et Chaussées commencent des études préparatoires pour la construction de la route. Ils réalisent des plans et envisagent plusieurs solutions techniques. L'histoire des recherches sur la grotte est indissociable de ces travaux d'aménagements. À l'occasion de l'Exposition universelle de Paris en 1867, le ministère
des Travaux publics publie une plaquette illustrant l'ouvrage d'art majeur que constitue l'aménagement routier. Les richesses préhistoriques de la grotte y sont aussi évoquées.



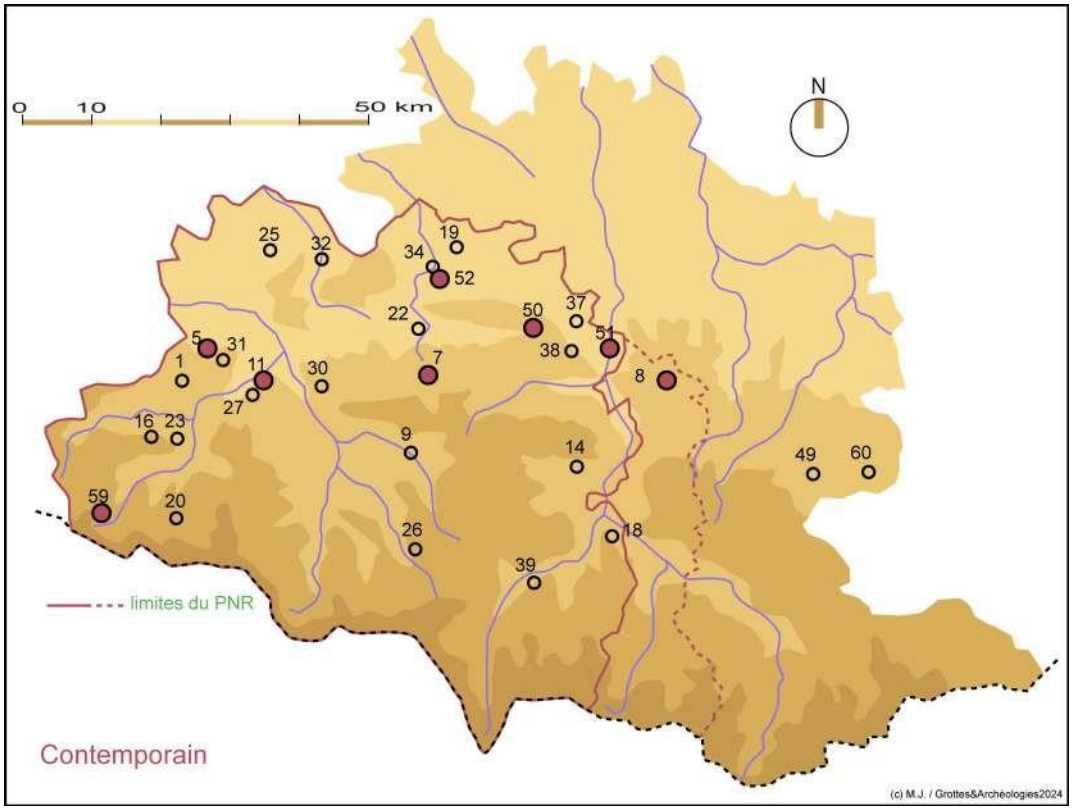
Plan de l'ingénieur Rickey des Ponts et Chaussées, travail comparatif autour de trois possibilités d'aménagement en 1851 © d'après Archives départementales de l'Ariège

Le XX^{e} siècle est marqué par le développement du tourisme. Le milieu souterrain n'échappe pas à ce phénomène. À la faveur de l'afflux de vacanciers, suscité par le Front populaire avant-guerre, Joseph Mandement entreprend la mise en valeur touristique de la grotte du Mas-d'Azil. Il demande à la commune des aménagements, notamment l'électricité, et effectue avec sa femme des visites éducatives. Le parcours actuel de la visite est d'ailleurs largement inspiré de celui qu'il créa. Il est aussi à l'initiative de la mise en valeur de la grotte de Labouiche, en créant une société d'étude de la rivière souterraine fin 1935. Grâce à lui, Paul Salette développe l'offre à partir de 1938.

L'accueil de visiteurs nécessite impérativement des aménagements afin d'assurer leur sécurité. Même si les normes peuvent être différentes de celles d'aujourd'hui, il faut installer des escaliers ou agrandir les entrées, voire en créer artificiellement (comme par exemple à Labouiche). Ces aménagements ont un impact fort sur la physionomie des entrées de grottes.

Au-delà du caractère destructif pour le patrimoine archéologique, ces exploitations anthropiques (mines, salpêtriers, phosphatiers, carrières) ont profondément modifié la configuration des cavités. Si l'on ajoute à cela les occupations anciennes (archéologie, murs construits, fortifications), les explorations (archéologues, paléontologues, spéléologues, clandestins), les aménagements (routes, parcours touristiques, industrie touristique, bergeries, forges), il est indéniable que l'aspect actuel de beaucoup de cavités ariégeoises n'est pas très "naturel" ; il peut même être évoqué, pour certaines, une véritable "artificialisation". Il est donc essentiel d'en connaître l'histoire et, pour chacune des grottes, d'en estimer l'impact sur le milieu naturel, qui, dans la plupart des cas, a dû s'adapter aux changements. L'archéologie et son volant historiographique apparaissent alors comme un instrument d'évaluation du milieu souterrain.

- Cazavet, grotte de l'Estelas
- Espiougue, grotte de l'Espiougue
- La Bastide-de-Sérou, grotte/mine d'Unjat
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Moulis, grotte de Sendé
- Sentein, grotte de Martel-Cigalère
- Vernajoul, grotte de Labouiche



OCCUPATIONS NON DATEES :

Certains vestiges archéologiques présents dans les cavités de la réserve ne peuvent pas actuellement être rattachés à une période en particulier.

Dans la grotte de l'Estelas, connue pour sa faune et son occupation préhistorique, furent également découverts des tessons de poteries, des ossements d'animaux domestiques. Ces vestiges plutôt situés dans le porche et l'entrée de la grotte, seraient associés à des sépultures humaines.

Si la grotte de Las Morts est bien identifiée pour les occupations, du Néolithique à l'Antiquité, des vestiges non datés sont mentionnés par l'abbé Durand, notamment une sépulture d'enfants et une mandibule humaine.

Les découvertes très récentes conservées au musée de la Préhistoire du Mas-d'Azil pour la grotte de Peyronnard, nous amène à revoir le statut de cette cavité en site archéologique. Les vestiges sont essentiellement de la faune et un tesson de céramique !

Dans le porche de la grotte d'Aliou, le service régional de l'Archéologie mentionne du mobilier archéologique de l'âge des Métaux ou de l'Antiquité.

La visite récente d'experts dans la grotte de Payssa démontre la présence d'une occupation humaine, des traces anthropologiques non datables et non définissables actuellement.

L'analyse rapide de ces vestiges, comme la faune domestique ou la présence de céramique, ou encore le contexte par rapport aux autres couches archéologiques, nous incite à situer ces traces à la Protohistoire ou à l'Antiquité.

- Bénaix, grotte de Las Morts
- Cavazet, grotte d'Aliou
- Cazavet, grotte de l'Estelas
- Le Mas-d'Azil, grotte de Peyronnard
- Salsein, grotte de Payssa

ANNEXE D. FICHES ESPECES PALEONTOLOGIQUES

PERISSODACTYLES

L'ordre des périssodactyles regroupe l'ensemble des espèces d'ongulés disposant d'un nombre de doigts impair. Plus spécifiquement, il regroupe l'ensemble des chevaux (un doigt), les rhinocéros (trois doigts) et les proboscidiens (cinq doigts). Fréquents dans le registre paléontologique, les périssodactyles constituent une part importante des faunes fossiles (en particulier les chevaux). Leur étude permet de documenter le cadre chronologique (e.g., évaluation du stade évolutif des populations équines) mais aussi et surtout le contexte paléoenvironnemental (e.g., distinction des espèces de rhinocéros).

LES RHINOCÉROS

Cette famille de périssodactyles regroupe, comme son nom l'indique, l'ensemble des rhinocéros. Les recherches paléontologiques menées sur ce groupe ont largement démontrées l'intérêt biochronologique (estimation de la chronologie d'un site à partir du stade évolutif d'une espèce) et paléoenvironnemental (voir Guérin, 1980 ; Uzunidis et al., 2022). Dans le registre Quaternaire pyrénéen, la documentation paléontologique recense quatre espèces distinctes :



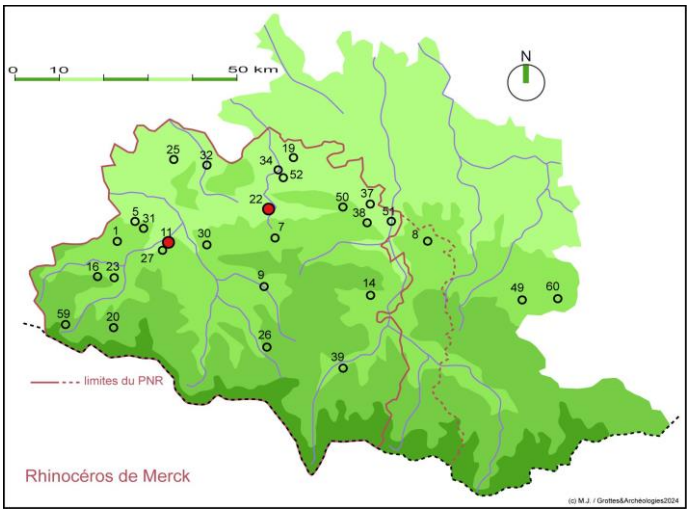
© Dessin rhinocéros de Merck, Maison de l'Archéologie du département du Pas-de-Calais

GENRE *Stephanorhinus*

- *Stephanorhinus etruscus* (Falconer, 1868)

Le rhinocéros étrusque est une forme ancienne essentiellement connue pour le Pléistocène inférieur (phase chronologique se terminant vers 800 000 ans). Cette espèce ancienne n'a pour l'instant pas été reconnue en Ariège. Cependant, la présence de ce rhinocéros, entre autres dans les sites gersois de la Nauterie (voir Clot et Duranthon, 1990) suggère la possibilité de retrouver des restes de cette forme dans des remplissages anciens ariégeois.

- *Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger et Kaup, 1839) (syn. = *Dicerorhinus kirchbergensis*)



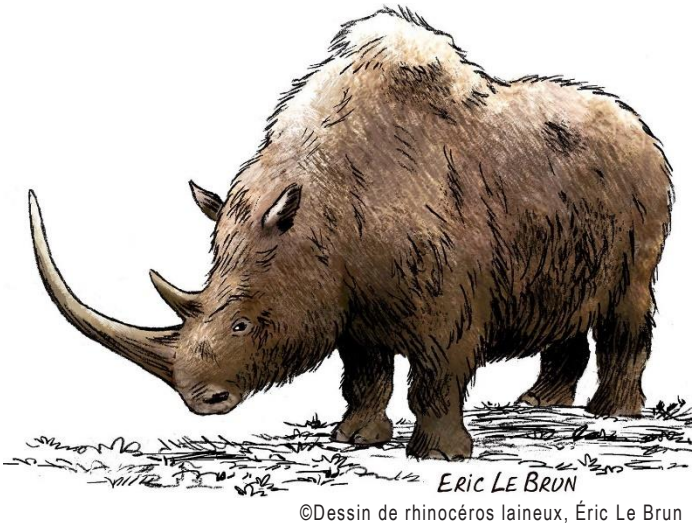
Rhinocéros de Merck (parfois rapporté au genre *Dicerorhinus* et anciennement connu sous le nom *Dicerorhinus mercki*) ; espèce de très grande taille (2 m à 2.5 m au garrot) et toujours rare dans les gisements. Marqueur de phases chronologiques chaudes à tempérées, ce rhinocéros indique un biotope à dominante forestière mais il a aussi été signalé en milieu steppique. Chronologiquement, il apparaît au Pléistocène inférieur et disparaît au

Würm ancien. Bien que présentes dans quelques zones refuges vers 30 000 ans en péninsule ibérique, les populations de *D. kirchbergensis* disparaissent avec le refroidissement climatique progressif qui débute vers 90 000 ans.

- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Moulis, grotte de Sendé

- *Stephanorhinus hemitoechus* (Falconer, 1868)

Connue sous le nom de rhinocéros de prairie, la dernière espèce du genre perdure jusqu'au Paléolithique supérieur, parfois en association avec le rhinocéros laineux, Coelodonta antiquitatis. L'espèce est identifiée en Ariège dans le Pléistocène de Montfort, à Saint-Lizier (Clot et Duranthon, 1990).



©Dessin de rhinocéros laineux, Éric Le Brun

GENRE *Coelodonta*

- *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach, 1807)

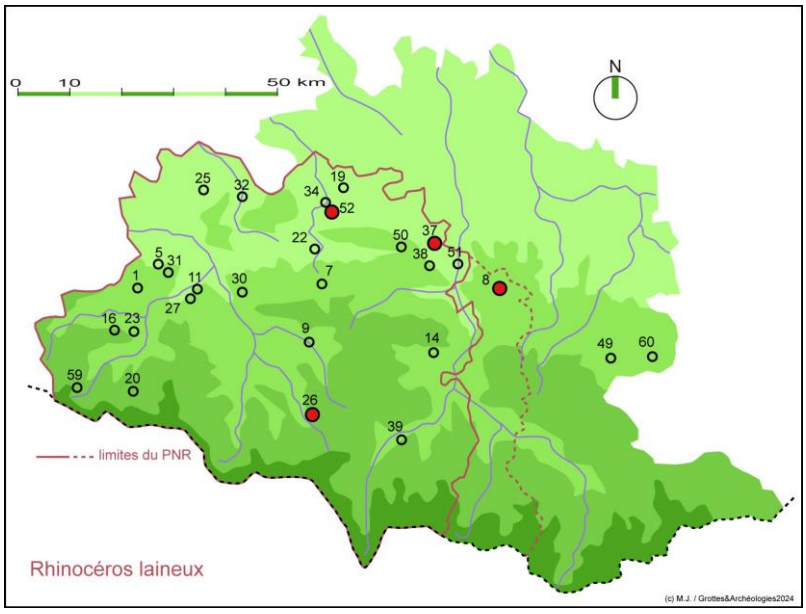
Seule espèce du genre en Europe, le rhinocéros laineux est emblématique des faunes glaciaires du Pléistocène supérieur, dont les derniers représentants disparaissent vers 30 000 ans. Bien que typique des faunes würmiennes (glaciaires), il existe une forme primitive (*Coelodonta antiquitatis praecursor*).

L'enregistrement paléontologique permet de caractériser l'évolution morphologique de l'espèce (tendance à la réduction de la taille et à l'augmentation de la massivité du squelette) en lien avec les changements climatiques et environnementaux. Son biotope préférentiel est la steppe froide à graminées, mais elle est aussi citée dans des milieux forestiers méditerranéens.


©Squelette de rhinocéros laineux, Collection Fondation Roi Baudouin

Si les autres rhinocéros sont rarement représentés dans l'enregistrement paléontologique ariégeois, ce n'est pas le cas du rhinocéros laineux que l'on retrouve fréquemment dans les sites, notamment ceux de la réserve :

- L'Herm, grotte de l'Herm
- Loubens, grotte du Portel
- Le Mas-d'Azil, en rive droite de la grotte
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé



LES ÉQUIDÉS



©Cheval peint dans la grande grotte de Niaux, SESTA, département de l'Ariège

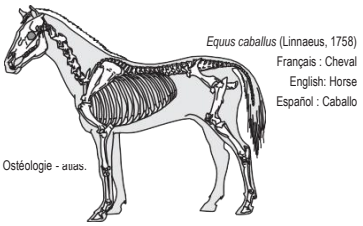
GENRE *Equus*

Les équidés, composant la famille des chevaux, regroupent une importante diversité spécifique dont l'enregistrement paléontologique et l'étude participent grandement à notre connaissance des contextes chronoclimatiques anciens. Nous retrouvons principalement deux espèces : un cheval vrai, *Equus ferus,* et un asinien, *Equus hydruntinus*. Afin de les distinguer au niveau paléontologique, certains placent les chevaux au sein du sous-genre *Equus (Equus) spp*. tandis que l'hydrontin, proche des ânes et hémiones, est placé dans le sous-genre *Equus* (*Hemionus*).

- *Equus ferus* (Linnaeus, 1758)

La phylogénie des équidés eurasiatiques demeure une question complexe. Les recherches paléontologiques ont érigé et discuté un grand nombre d'espèces ou de sous-espèces (e.g., *Equus ferus germanicus, Equus ferus gallicus, Equus ferus arcelini*) depuis une forme ancienne d'équidé typique du Pléistocène moyen, *Equus ferus mosbachensis*, jusqu'à un *Equus ferus germanicus*, forme la plus fréquente dans les assemblages archéo-paléontologiques du Pléistocène supérieur d'Europe de l'Ouest. Dans les couches archéologiques, le cheval prédomine généralement jusqu'au Magdalénien supérieur. *E. ferus germanicus* est un cheval de taille moyenne (1.40 à 1.50 m au garrot), extrêmement robuste, signalé dans de nombreux gisements dont :

- Loubens, grotte du Portel
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Saint-Martin-de-Caralp, grotte Bernard

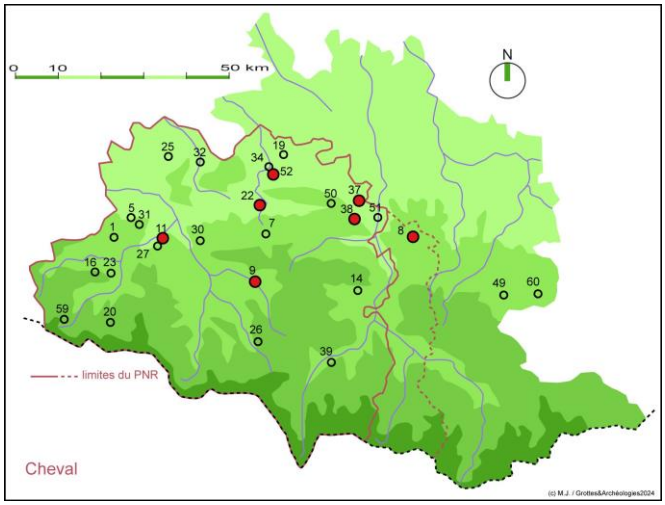


Equus caballus (Linnaeus, 1758)
Français : Cheval
English: Horse
Español : Caballo

© 1996 ArcheoZoo.org / Michel Coutureau (Inrap), en collaboration avec Vianney Fores
D'après : Barone (Robert). — Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome I : Ostéologie - actes. Paris : Vigot, 1976, pl. 6 (p. 21).

- *Equus hydruntinus* (Regalia, 1904)

Comme évoqué ci-dessus, *Equus hydruntinus* est un équidé de petite taille proche des asiniens (groupe des ânes), et même très probablement de l'hémione, asinien actuellement confiné à une aire géographique couvrant le Moyen-Orient jusqu'à la Chine. L'hydrontin se caractérise par des éléments osseux globalement petits et graciles au regard des autres équidés pléistocènes et des restes dentaires aux faibles proportions. *E. hydruntinus* est présent en Europe dès le Pléistocène moyen, vers 300 000 ans, pour s'éteindre au début de l'Holocène. Ses mentions sont relativement fréquentes dans le centre-ouest de la France jusqu'en Gironde, mais il est surtout présent dans le Midi méditerranéen.



Des mentions anciennes d'un équidé moitié plus petit que *Equus fossile* sont signalées à :

- L'Herm, grotte de l'Herm
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil

Le cheval est aussi présent dans les grottes :

- Massat, grottes du Ker
- Moulis, grotte de Sendé

PROBOSCIDIENS

Bien que dotés de cinq doigts, les proboscidiens constituent un ordre à part entière distinct des périssodactyles. Cet ordre regroupe l'ensemble des espèces de grande taille dotées d'une trompe. Dans le registre fossile, les proboscidiens eurasiatiques regroupent principalement pour le Quaternaire les éléphants et les mammouths, soit deux genres :

- Palaeoloxodon (genre des éléphants anciens)
- Mammuthus (genre décrivant les mammouths)

GENRE *Palaeoloxodon*

- *Palaeoloxodon antiquus* (Falconer et Cautley, 1847)

Seule espèce du genre dans le Quaternaire européen, *Palaeoloxodon antiquus*, ou éléphant antique, présente de nombreuses affinités avec les éléphants d'Afrique modernes du genre *Loxodonta*. Longtemps rattaché au genre *Elephas* (genre actuel monophylétique de l'éléphant d'Asie *Elephas maximus*), les recherches les plus récentes ont clairement exclu tout rapprochement entre la forme fossile et le genre actuel.



©"Woolly", une recréation à l'échelle d'un mammouth lamentable, située près de l'entrée de la galerie d'histoire naturelle du Royal BC Museum

Cet éléphant fossile présente la particularité d'avoir des défenses relativement droites (comme mentionné dans son nom vernaculaire anglosaxon *Straight-tusked elephant*). On le retrouve au cours d'une phase chronologique longue couvrant le Pléistocène moyen (vers 780 000) jusqu'aux phases récentes du Pléistocène supérieur (vers 30 000).
Espèce relativement rare, elle n'est pas mentionnée avec certitude dans les sites pyrénéens et semble à ce jour absente des contextes ariégeois. Cependant, l'ancienneté de certains gisements pourrait suggérer la potentielle mise au jour de vestiges relevant de cette espèce.

GENRE *Mammuthus*

Animal emblématique de la Préhistoire, le mammouth est un proboscidien courant dans les ensembles archéo-paléontologiques. Le mammouth laineux, *Mammuthus primigenius,* est la forme typique la plus connue. Dans ce groupe, le nombre de lames et l'hypsodontie des molaires augmentent rapidement au cours de l'évolution. Les bandes d'émail deviennent de plus en plus plissées et leur épaisseur moyenne diminue régulièrement. Le registre paléontologique comprend à ce jour quatre espèces de mammouth :

- *Mammuthus meridionalis* (Nesti, 1825)

Mammouth de grande taille, il couvre une aire géochronologique longue où les plus anciens représentants sont attestés vers 3,2 millions d'années et les plus récents vers 130 000 ans. L'enregistrement paléontologique de cette espèce est connu grâce à quelques spécimens majeurs d'individus sub-complets comme le mammouth de Durfort (Gard) actuellement présenté dans l'exposition permanente de la galerie de Paléontologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. À ce jour, il n'existe aucune mention de cette espèce dans le registre paléontologique ariégeois.

- *Mammuthus trogontherii* (Pohlig, 1885)

Le mammouth des steppes est un mammouth de grande taille présent dans les phases anciennes du Pléistocène entre 1,8 millions d'années et 200 000 ans. Absent du registre paléontologique ariégeois, un nouvel examen des spécimens existants, au regard des données actuelles, pourrait peut-être permettre de préciser son statut, valider son absence ou au contraire le reconnaître.

- *Mammuthus intermedius* (Jourdan, 1861)

Longtemps mis en synonymie avec le mammouth des steppes, *Mammuthus trogontherii* (cf. *supra*), les recherches récentes tendent à réhabiliter l'espèce (Labe et Guérin, 2005), posant même la question de la validité spécifique de certains *M. trogontherii* évolués ou de *M. primigenius* primitifs, suggérant une confusion avec cette forme intermédiaire dont la caractérisation paléontologique demeure difficile car à l'interface évolutive entre les deux espèces citées.

- *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799)

Le mammouth laineux est sûrement à ce jour le proboscidien fossile le plus connu du grand public. Outre sa récurrence dans l'imaginaire collectif, son enregistrement paléontologique est extrêmement riche pour l'ensemble de l'Eurasie. À cela s'ajoutent les nombreuses figurations pariétales faisant de cet animal une espèce emblématique.

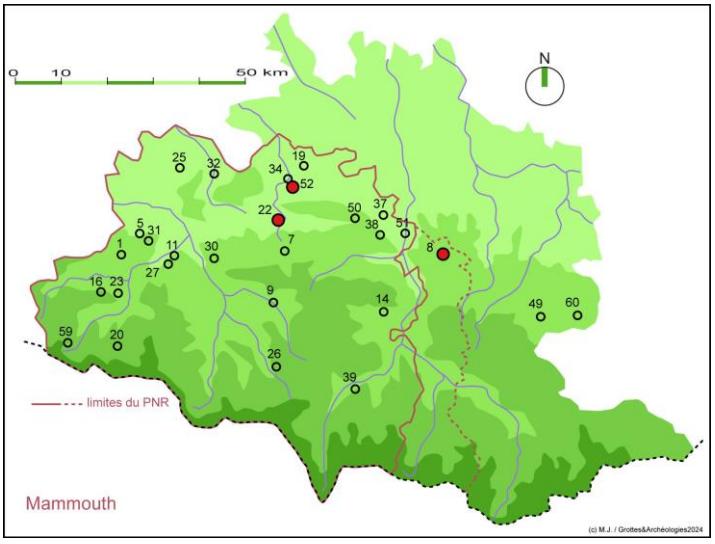
Les premières mentions de l'espèce sont estimées à 400 000 dans l'Est de l'Asie. À partir 10 000 ans avant notre ère, en raison des changements climatiques modifiant son cadre environnemental (disparition progressive des environnements steppiques), l'animal est contraint de se déplacer et de se réfugier dans des zones septentrionales où les conditions écosystémiques et climatiques sont plus propices à sa perduration. Les dernières traces du mammouth laineux remontent à 4 000 ans avant notre ère sur l'île Wrangel (Nord-Est de la Russie) où il finit par disparaître définitivement.

Le mammouth laineux a été cité près de 50 fois le long des Pyrénées. Aux premiers inventaires de Harlé et Astre, qui donnent surtout les trouvailles dans les sites alluvionnaires du bassin de la Garonne, on peut ajouter les mentions suivantes pour la réserve :

- L'Herm, grotte de l'Herm
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé



©Dent de mammouth, photographie Jean-Baptiste Fourvel



CETARTIODACTYLES

Les Cétartiodactyles représentent un ordre d'ongulés se caractérisant principalement par des membres se terminant par un nombre pair de doigts. Leurs représentants dans le Pléistocène français se partagent en deux groupes principaux :

- Les suidés qui regroupent l'ensemble des animaux de la famille des sangliers ;
- Les hippopotamidés pour les représentants des hippopotames.

Ces deux groupes sont réunis dans le sous-ordre des Suiformes, animaux disposant de quatre doigts par patte.

- Les bovidés comptent une très grande diversité d'espèces, de tailles diverses (e.g., chamois, bouquetin, aurochs, bison) ;
- Les cervidés regroupant l'ensemble des cétartiodactyles portant des bois (e.g., chevreuil, cerf, renne).

Ces deux dernières familles partagent des appendices composés de deux doigts principaux (et deux doigts supplémentaires, latéraux, conservés à l'état vestigial).

LES SUIDÉS

Comme présenté plus haut, les suidés composent une famille de cétartiodactyles regroupant les espèces porcines dont les sangliers. Ces animaux se caractérisent par la présence de canines développées et des appendices portant des sabots. Dans le registre pléistocène français, les suidés sont restreints au sanglier *Sus scrofa* et ses formes anciennes relatives.



©Sanglier, Unsplash,CC, photographie Ed van Duijn

GENRE *Sus*

- *Sus scrofa* (Linnaeus, 1758)

Dans le Pléistocène moyen et supérieur, le sanglier *Sus scrofa* est le seul suidé attesté en Europe de l'Ouest. Les variations de taille et de morphologie sont traduites par l'identification de différentes sous-espèces à valeur biochronologique.

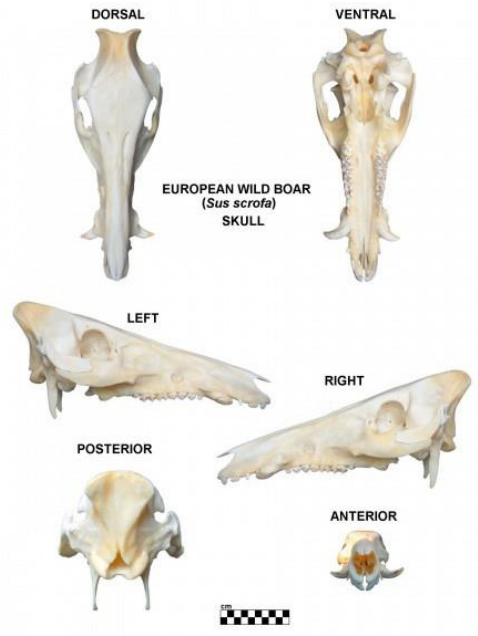
Actuellement, on admet trois chronoformes se succédant comme suit :
- *Sus scrofa mosbachensis (*Küthe*,* 1933), pour le Pléistocène moyen ancien ;
- *Sus scrofa priscus* (Goldfuss, 1823), pour le Pléistocène moyen récent ;
- *Sus scrofa scrofa (*Linnaeus, 1758), apparaissant dès le Pléistocène supérieur et perdurant encore aujourd'hui.

En dépit de la présence relativement courante des sangliers dans les ensembles archéo-paléontologiques, ils demeurent malgré tout relativement rares en termes de matériel (généralement réduit à quelques spécimens ou dizaines de spécimens). L'inventaire produit par Clot et Duranthon (1990) fait état de huit mentions du Mindel au Riss (Pléistocène moyen), environ 45 dans le Würm et 55 dans l'Holocène pour le seul secteur de la chaîne pyrénéenne française.

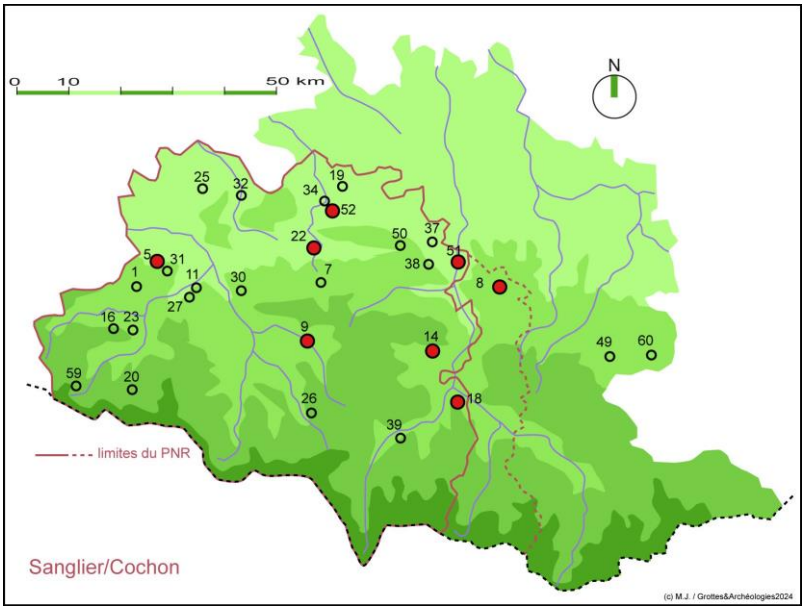
Parmi les faunes que l'on peut rapporter, plus ou moins sûrement au Pléistocène supérieur, le sanglier a été cité, sans autres précisions :
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Le Mas-d'Azil, rive droite de la grotte
- Massat, grotte inférieure du Ker

Le cochon (ou sanglier) est aussi mentionné dans plusieurs sites à partir du Néolithique :

- Cazavet, grotte de l'Estelas
- Le Mas-d'Azil, rive gauche de la grotte
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Niaux, grotte de la Petite Caougno
- Saurat, grotte de Siech
- Vernajoul, grotte de Labouiche



©Photographie, Archéozoo.org, Albert Fischer



LES BOVIDÉS

Ces ongulés sont des ruminants cavicornes, c'est-à-dire porteurs de cornes creuses faites d'un étui corné (en kératine) recouvrant une cheville osseuse, excroissance osseuse se développant depuis l'os frontal du crâne. Les bovidés représentent une famille complexe et diversifiée. Trois sous-familles de bovidés sont attestées dans le registre fossile (Pléistocène moyen et supérieur) des Pyrénées : les *Bovinae*, les *Caprinae* et les *Antilopinae.*

Sept genres sont connus en quantité abondante, parfois très peu cités comme le saïga, le tahr ou le bœuf musqué.



©Aurochs, Artiste Feldrik Rivat, Pôle International de la Préhistoire

Ce sont, dans la sous-famille des *Bovinae* (Gill, 1872), le genre Bos, subdivisé en deux sous-genres : *Bos* et Bison ; dans la sous-famille des *Caprinae* (Gill, 1872), les genres *Capra* (Linnaeus, 1758), *Ouis* (Linnaeus, 1758), *Rupicapra* (Frisch, 1775), *Saïga* (Gray, 1843), *Hemitragus* (Hodgson, 1841), *Praeovibos* (Staudinger,1908).

Sous-famille des *Bovinae* (Gray, 1821)

Ces animaux sont représentés, pour la période qui nous intéresse, par les genres *Bos* (regroupant les aurochs et bœufs) et Bison (regroupant les bisons). Pendant longtemps, seuls les restes crâniens avec les chevilles osseuses, les vertèbres dorsales, puis les métapodes ont permis des déterminations assez fiables. On dispose actuellement d'études plus détaillées (Bibikova, 1958 ; Olsen, 1960 ; Boessneck, 1963) qui essayent de fournir la diagnose de la plupart des restes osseux. En dépit d'un registre paléontologique riche et de critères de diagnoses nombreux, l'identification générique et spécifique demeure difficile si l'échantillon n'est pas conséquent. En outre, les mentions fossiles sont souvent réduites à une terminologie générale « Grand Bovidé » ne permettant pas de faire des inférences paléoenvironnementales.

GENRE *Bos*

Le genre *Bos* regroupe deux espèces pour la chronologie et l'aire géographique considérées ici :
- l'aurochs *Bos primigenius ;*
- le bœuf domestique *Bos taurus.* La seconde forme, *Bos taurus* est de plus petite taille et apparaît dans les faunes domestiques de l'Holocène.

- *Bos primigenius* (Bojanus, 1827)

L'aurochs est un bœuf sauvage de grande taille généralement marqueur de phases chronoclimatiques tempérées (bien qu'il puisse malgré tout être reconnu lors de phases plus froides) et signe d'un couvert végétal et forestier important. L'aurochs semble apparaître dès le Pléistocène moyen. Il s'agit de l'une des rares espèces anciennes de grande taille qui perdure jusqu'aux périodes historiques. Son extinction, résultant de la chasse, a lieu récemment, au cours du XVII^{e} siècle. Le terme Aurochs qui la désigne actuellement doit être précisé car il est utilisé depuis l'Antiquité et surtout au XIX^{e} siècle par certains auteurs pour désigner le bison d'Europe. L'aurochs est attesté dans le registre pléistocène pyrénéen et dans plusieurs sites de la réserve. Nous attirons l'attention sur les mentions peu précises de « Grand Bovidé ». Le réexamen de ce matériel permettra de préciser le statut de l'espèce dans la zone géographique considérée.

- Bénaix, grotte de Las Morts
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Moulis, grotte de Sendé
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Niaux, grotte de la Petite Caougno

- *Bos taurus* (Linnaeus, 1758)

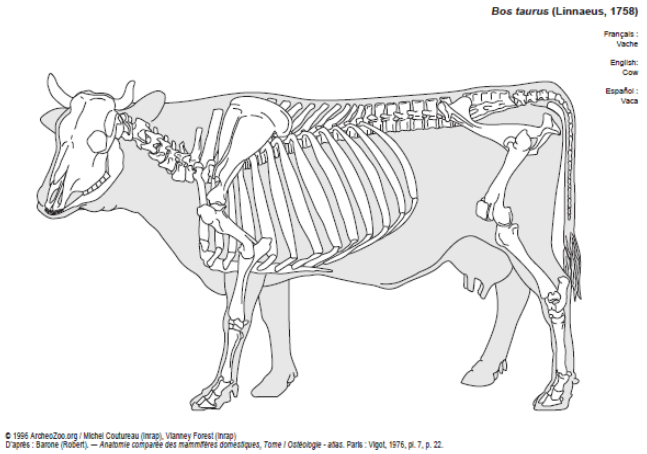
Le problème de l'origine du bœuf domestique est encore complexe. Il y aurait eu plusieurs races domestiques (au moins deux) et plusieurs foyers de domestication dans les temps néolithiques (Grèce, Asie Mineure, vers 6 000 av. J.-C., Afrique ?). Dans certaines contrées européennes, des populations locales d'aurochs ont pu contribuer au processus de domestication. Ces formes domestiques sont généralement de taille plus faible que les formes sauvages.

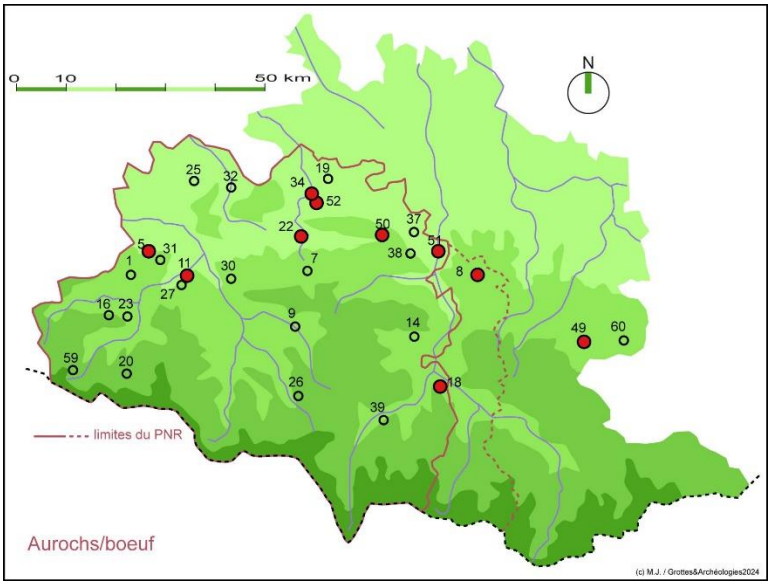
L'incertitude actuelle se retrouve dans la systématique où ces formes sont nommées :
Bos primigenius taurus ou *Bos taurus primigenius, Bos taurus brachyceros* ou *Bos brachyceros* (Owen, 1842), le petit bœuf des palafittes. Garrigou et Filhol (1866) signalent simultanément, dans les cavernes ariégeoises de l'âge de la pierre polie, les formes : *Bos primigenius* de grande taille, *Bos primigenius* de petite taille (même espèce probable avec mâles et femelles), *Bos brachyceros* et *Bos frontosus* (Nilson, 1849) ! Les études actuelles essaient plus modestement de dénombrer les restes d'aurochs et ceux de bœufs domestiques.

- Cazavet, grotte de l'Estelas
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Massat, grottes du Ker
- Moulis, grotte de Sendé

Il existe en complément deux mentions de « grand bovidé » pour :
- La Bastide-de-Sérou, grotte d'Unjat
- Loubens, grotte du Portel

Des bœufs pourraient être identifiés à :
- Le Mas-d'Azil, grotte de Peyronnard
- Vernajoul, grotte de Labouiche





GENRE Bison



©Bison de Niaux, Emmanuel Demoulin, SESTA, département de l'Ariège

Les bisons ont une silhouette générale bien typée avec des formes relativement massives et pesantes, une croupe marquée et un garrot volumineux. Ils ont 14 paires de côtes et 5 vertèbres lombaires alors que les bœufs en ont respectivement 13 et 6. Les cornes, de section ronde à ovale, sont relativement courtes, et se développent depuis un os frontal large et robuste. Trois espèces de bisons sont généralement citées en Europe occidentale :

- *Bison priscus (*Bojanus, 1827), le Bison des steppes ;
- *Bison schoetensacki (*Freudenberg, 1910, le Bison des forêts ;
- *Bison bonasus* (Linnaeus, 1758), le Bison d'Europe.

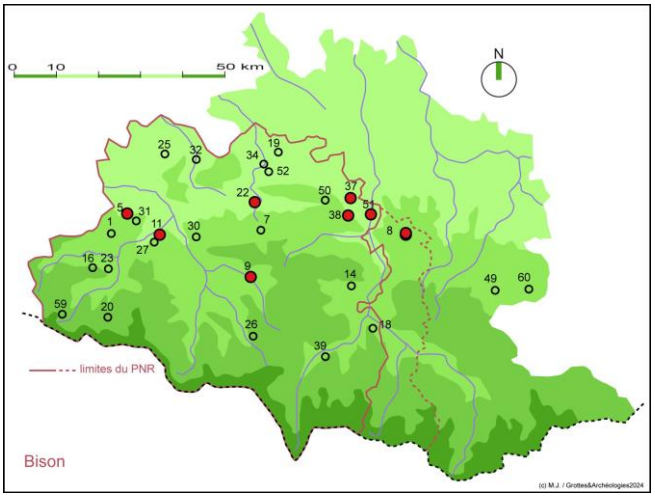
Les bisons occupent depuis le Pléistocène moyen une aire géographique énorme, englobant l'Eurasie jusqu'au Moyen-Orient, l'Amérique du Nord jusqu'au Mexique (forme spécifique *Bison bison* pour le continent américain), ce qui entraîne une forte variabilité dans l'espace et dans le temps en fonction des facteurs d'environnement. Cela sous-entend que cette espèce avait une forte souplesse d'adaptation à des milieux différents, correspondant à des zones climatiques distinctes. Des découvertes récentes de restes bien conservés devraient permettre de mieux définir le schéma évolutif précédent dans lequel certains restes pyrénéens ne paraissent pas entrer. Parmi les mentions bien établies, surtout les plus récentes, on peut citer les suivantes :

- Saint-Martin-de-Caralp, grotte Bernard
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Loubens, grotte du Portel
- Cazavet, grotte de l'Estelas
- Massat, grottes du Ker
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Moulis, grotte de Sendé
- Vernajoul, grotte de Labouiche

Le bison est l'animal qui a été le plus fréquemment représenté par les hommes préhistoriques le long de la chaîne des Pyrénées : Niaux, Trois-Frères, Bédeilhac, Fontanet, Marsoulas, Labastide…



©Bison, Photographie, Jean-Baptiste Fourvel

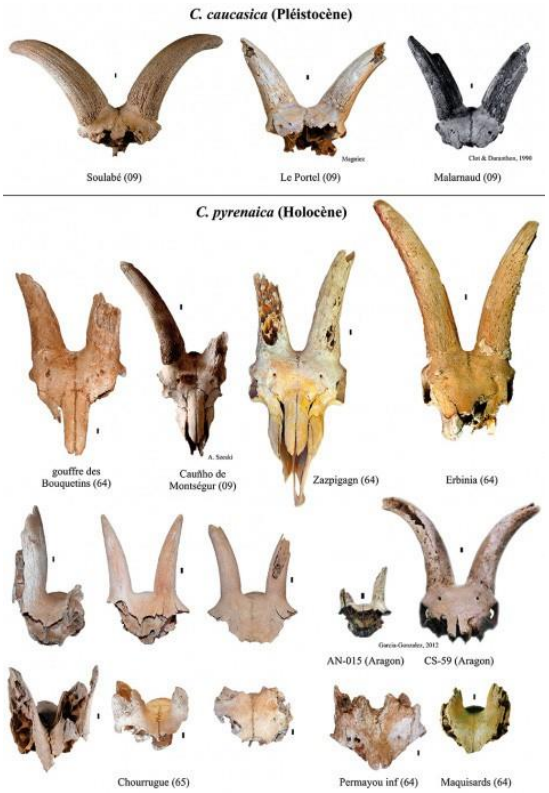


LES BOUQUETINS : FICHE SPECIALE

GENRE *Capra* (Linnaeus,1758)

Le bouquetin fait partie des ongulés symboliques des Pyrénées. Bien que l'espèce endémique (*Capra pyrenaica*) ait disparu en 2000 à la mort de la dernière femelle dans le parc national d'Ordesa, la présence du bouquetin dans nos montagnes est ancienne et comprend de nombreuses espèces. Le bouquetin est réintroduit en Ariège à partir de 2014.

Le bouquetin fait partie, tout comme la chèvre, du genre *Capra* défini par Linnaeus en 1758. Ce ruminant au corps trapu et aux cornes allongées et recourbées est adapté à un mode de vie rupicole. Cette adaptation est remarquable et le distingue des autres espèces sur de nombreux aspects. Le bouquetin supporte très bien l'effort, grâce à un cœur volumineux, ainsi que le froid hivernal grâce à son épais manteau constitué de 4 couches différentes (Alzieu et Canet, 2021). Il n'est également pas aussi gracile que l'isard et présente un squelette robuste et des membres puissants liés à son environnement rocailleux. Les onglons des pattes antérieures sont également plus puissants que ceux des pattes postérieures, lui offrant une aisance remarquable sur les volumes rocheux. Pour l'espèce pyrénéenne, celle-ci descendrait du bouquetin du Caucase (*Capra caucasica*) d'où l'appellation *Capra caucasica pyrenaica* par Crégut-Bonnoure en 2002.



©Crânes de bouquetins retrouvés dans des gisements (pro parte) naturels dans les Pyrénées, photographies Philippe Fosse, dans Bouquetins et Pyrénées I – De la Préhistoire à nos jours : offert à Jean Clottes

L'apparition du bouquetin dans les Pyrénées correspond à l'arrivée d'espèces ancestrales comme le Caucasien dans cette région occidentale occupée par le tahr (*Hemitragus*) qui était le seul ongulé rupicole dans cette région de l'Europe (Crégut-Bonnoure, 2021). L'apparition du bouquetin alpin en France aurait eu lieu durant le Pléistocène moyen (vers 180 000 ans) (*ibid.*). *Capra ibex* se retrouve ensuite dans les reliefs du Sud de la France durant le stade isotopique 4 (à partir de 70 000 ans). À ce même moment des crânes de bouquetins du Caucase (*Capra caucasica pyrenaica*) fossiles ont été observés dans les Pyrénées. C'est ensuite par dérive génétique que le bouquetin des Pyrénées aurait peu à peu dévié de la forme caucasienne pour former une espèce à part entière (*ibid.*).

Les Pyrénées ont joué un rôle prédominant dans la connaissance sur les populations de bouquetin durant la Préhistoire. La présence du bouquetin dans les gisements n'est pas très ancienne et ne remonte qu'aux 200 derniers millénaires. Bien que particulièrement adapté à un mode de vie rupicole, des restes de bouquetins ont été retrouvés dans d'autres sites du Sud-Ouest, hors emprise des Pyrénées.
Ces présences ne sont cependant qu'exceptionnelles et le bouquetin ne domine jamais les spectres fauniques au sein de ces niveaux. Aucun de ces sites ne peut donc être considéré comme site spécialisé dans la chasse au bouquetin.



©Bouquetin mâle, Espagne, photographie L. Sanchez, dans Bouquetins et Pyrénées I – De la Préhistoire à nos jours : offert à Jean Clottes

Pour les Pyrénées, et plus particulièrement l'Ariège, le bouquetin est bien présent dans de nombreux sites. Pour les traces les plus anciennes, on peut citer les sites de Malarnaud, le Portel où l'on retrouve des os fracturés par Néandertal, et Soulabé avec des métatarses portant des stries de dépouillement. Cependant l'âge d'or du bouquetin dans les sites préhistoriques pyrénéens intervient plus tard durant le Magdalénien avec des sites majeurs en Ariège comme Les Églises, Rhodes II ou encore La Vache.

Ce dernier est le site comprenant le plus de restes de bouquetins pour le Sud-Ouest. En effet on dénombre 1433 adultes et 398 non adultes au sein des couches de la cavité. À la vue de l'écrasante majorité des restes de bouquetins au sein des niveaux de la Vache, on peut dire que ce site est spécialisé dans la chasse au bouquetin.

Sa présence est signalée, ou probable, dans quelques gisements d'âge probablement würmien comme :
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Massat, grotte supérieure du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé

On peut rattacher au Würm III des mentions de bouquetin sûres :
- Massat, grotte inférieure du Ker

Des mentions sont connues pour :
- Cazavet, grotte de l'Estelas
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Loubens, grotte du Portel

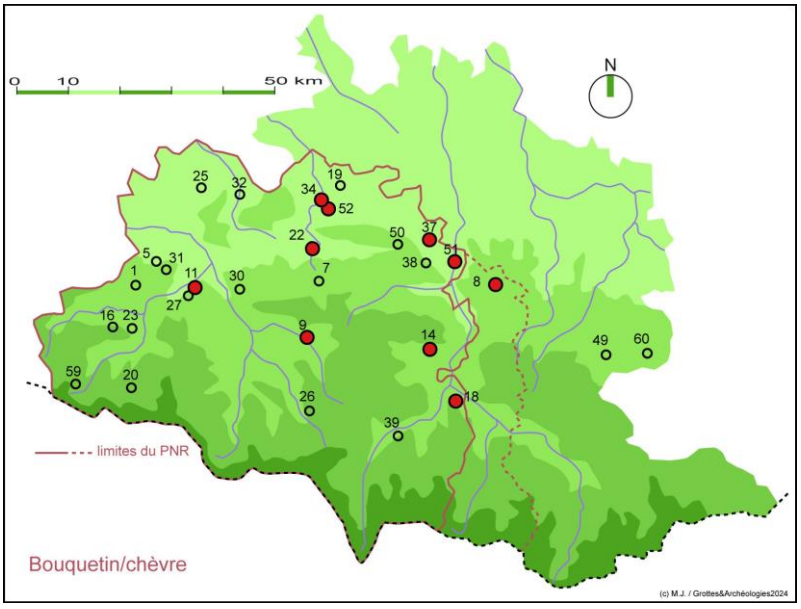


©Le Mas d'Azil, Dent de Cachalot sculptée et perforée, Magdalénien moyen ou récent, Collection Piette, Musée d'Archéologie nationale (MAN 47257), photographies Jean-Marc Pétillon.

Cependant la place du bouquetin au sein des sites préhistoriques ne se limite pas à ses restes fauniques. On retrouve de très nombreuses représentations de cet animal aussi bien peint sur la roche que sculpté sur des objets en bois ou en os. Le site de La Vache est encore bien particulier car c'est le seul site du Magdalénien pyrénéen où l'animal le plus chassé est également le plus représenté dans l'art. Les cavernes du Volp renferment des représentations du bouquetin sur les parois de la grotte des Trois-Frères ou sur le propulseur présentant des bouquetins affrontés retrouvé dans la grotte d'Enlène. Pour finir, on peut citer les figurations emblématiques de la grotte du Mas-d'Azil et de celle de Niaux représentant chacune deux bouquetins. Pour le Mas-d'Azil, ces bouquetins ont été sculptés sur une dent de cachalot. Dans la grotte de Niaux les bouquetins ont été peints sur le mur du Salon Noir.

La forme domestique, *Capra hïrcus hïrcus* (Linnaeus, 1758), pourrait apparaître dans le bassin de l'Aude, lors de la seconde moitié du V^{e} millénaire, d'après la couche 5 de l'abri de Dourgne II ; mais ceci n'est qu'une possibilité, difficile à vérifier (Geddès, 1980). S'il en était ainsi, la chèvre aurait été introduite environ un millénaire après le mouton.

Des chèvres sont signalées dans plusieurs grottes, à partir du Néolithique :
- Le Mas d'Azil, grotte de Peyronnard
- Massat, grotte supérieure du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Moulis, grotte de Sendé
- Niaux, grotte de la Petite Caougno
- Saurat, grotte de Siech
- Vernajoul, grotte de Labouiche



GENRE *Ovis*

Si les ovins forment un groupe d'animaux actuellement bien répandu sur l'Eurasie et l'Amérique du Nord, les découvertes d'*Ovis* fossiles sont toujours exceptionnelles et leur histoire paléontologique est mal connue. Le mouton *Ovis aries* figure parfois encore dans les listes fauniques dressées, tant en France qu'à l'étranger, par les préhistoriens. Il ne faut tenir compte de ces indications qu'avec la plus grande réserve, le mouton étant une forme domestique dont l'apparition ne fait suite qu'à l'Holocène. Tantôt les déterminations sont mauvaises, tantôt les pièces sont d'âge récent ou holocène (Boule, 1927). Les ovins pléistocènes sont, si l'identification générique s'avère juste, très probablement des représentants des mouflons fossiles.



©Mouton, Carschten / Wikimedia Commons / CC BY-SA 3.0 (DE)

- *Ovis ammon antiqua (*Pommerol, 1879), le mouflon antique

Les mouflons, considérés comme des animaux montagnards et rupicoles, occupent naturellement les plateaux découverts et les paysages vallonnés. Ils ne sont guère sensibles au froid, mais plutôt à une forte épaisseur de couche de neige. Chassés probablement de leur aire d'habitat par les glaciers mindéliens, ces animaux ont alors fréquenté un milieu largement ouvert à clairsemé. Exception faite de l'abondant matériel paléontologique de la Caune de l'Arago (Tautavel), les mentions de mouflons antiques demeurent rares et une réévaluation du matériel doit être réalisée.

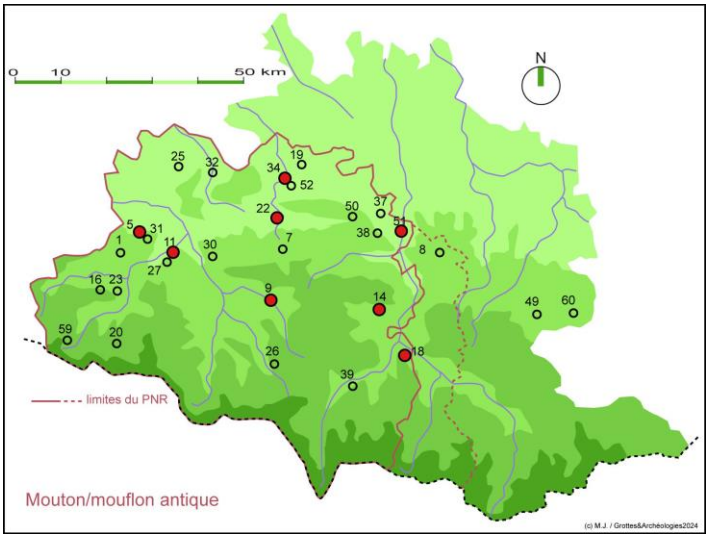
- Cazavet, grotte de l'Estelas, 2 métapodes d'Ovis identifiés par Boule ?

- *Ovis aries (*Linnaeus, 1758), le mouton

Il faut donc attendre, dans l'état actuel de nos connaissances, les temps postglaciaires pour qu'un représentant du genre *Ovis* réapparaisse, après introduction par l'Homme, sous la forme du mouton domestique. Le mouton apparaît au Mésolithique final, entre le milieu et la fin du V^{e} millénaire. À partir du Néolithique, sa fréquence prédomine.

Des moutons sont signalés dans plusieurs grottes, à partir du Néolithique :

- Cazavet, grotte de l'Estelas
- Le Mas-d'Azil, grotte de Peyronnard
- Massat, grotte supérieure du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Moulis, grotte de Sendé
- Niaux, grotte de la Petite Caougno
- Saurat, grotte de Siech
- Vernajoul, grotte de Labouiche



GENRE *Rupicapra*

- *Rupicapra pyrenaica* (Bonaparte, 1845)



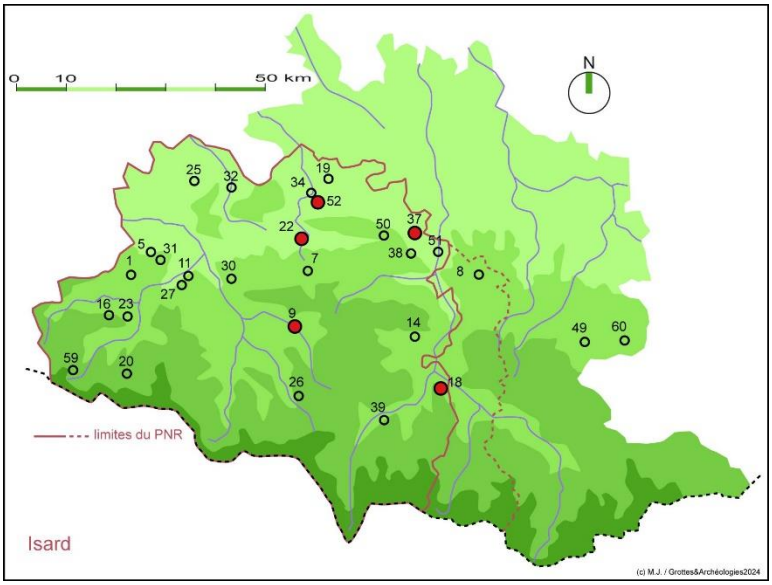
©Rupicapra pyrenaïca, isard des pyrenees, bigorre juillet 2003, photographie Bernard Boehne

L'isard est un capriné de petite taille (de taille globalement comparable au chevreuil). Outre les traits ostéologiques et odontologiques (forte hypsodontie, dents à couronne haute), l'isard se caractérise aussi par des chevilles osseuses courtes et droites en position presque perpendiculaire par rapport à l'os frontal. Ces chevilles sont recouvertes par des étuis cornés adoptant une forte courbure orientée vers l'arrière dans leur partie terminale, adoptant une forme de crochet. Espèce rupicole de moyenne et haute montagne, sa présence dans les gisements archéo-paléontologiques est assez fréquente dans la chaîne pyrénéenne.

L'enregistrement paléontologique le mentionne dès le Pléistocène moyen (Caune de l'Arago à Tautavel) pour ensuite définitivement disparaître dans les Pyrénées.

Clot et Duranthon (1990) recensent environ 75 mentions d'isard dans l'enregistrement fossile pyrénéen, l'espèce dominant parfois le bouquetin en nombre d'occurrences entre le MIS4 et le MIS3. De plus, pendant ces périodes, de la vallée de la Soule (grotte de Gatzarria) aux environs de Montmaurin, l'isard est toujours plus abondant que le bouquetin quand ces deux espèces sont présentes. C'est plutôt le contraire qui se produit en Ariège et dans les Pyrénées-Orientales. Au Magdalénien, l'observation précédente s'accentue dans la partie orientale de la chaîne avec des sites spécialisés dans la chasse au bouquetin plutôt qu'à l'isard (La Vache, Les Églises...).

- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grotte supérieure du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Niaux, grotte de la Petite Caougno



GENRE *Hemitragus*

Le genre *Hemitragus* qualifie un capriné montagnard dont les représentants actuels sont confinés à la chaîne himalayenne : le tahr de l'Himalaya. Entre autres choses, la conformation des chevilles osseuses, courtes, orientées nettement vers l'arrière et de section sub-triangulaire, caractérise bien le genre. Nous retrouvons dans le Pléistocène français deux espèces éteintes : *Hemitragus bonali* du Pléistocène moyen et *Hemitragus cedrensis*, qui perdure jusqu'au début du Pléistocène supérieur. Espèce à l'écologie proche de celle du bouquetin, son identification paléontologique est riche d'informations chronologique. Bien que rare dans le registre pyrénéen, des restes sont attribués à *H. bonali* à la Caune de l'Arago (Crégut, 1979) posant la question d'une possible extension occidentale de l'espèce. À ce jour, aucune mention de tahr n'existe pour l'Ariège.



©Homme Himalaya Tahr au zoo



©https://cdn0.projetecolo.com/fr/posts/4/2/1/b_uf_musque_habitat_alimen- tation_et_reproduction_1124_600.webp

GENRE *Ovibos/Praeovibos*

Une unique espèce fossile de bœuf musqué a été identifiée dans un unique gisement pyrénéen, à savoir *Praeovibos priscus* à la Caune de l'Arago (Tautavel) (Crégut, 1979). Ce taxon rare n'a, à ce jour, pas été identifié en Ariège. La forme moderne *Ovibos moschatus* n'est reconnu en France que dans le MIS3-MIS2 de Dordogne.

Sous-famille des *Antilopinae* (Gray, 1821) GENRE *Saiga*

- *Saiga tatarica* (Linnaeus, 1766)

La sous-famille des antilopinés comprend actuellement une importante diversité générique et spécifique distribuée sur toute l'Eurasie et le continent africain. Le registre préhistorique français comprend un antilopiné chassé par les communautés humaines magdaléniennes et même parfois figuré (grotte de la Vache), l'antilope saïga *Saiga tatarica.* Typique des environnements froids, steppiques, on la retrouve généralement dans des contextes glaciaires du MIS2. L'espèce est relativement rare dans le registre pyrénéen. Mentionnons cependant la reconnaissance de quelques restes d'antilope saïga à la grotte de Montfort à Saint-Lizier, en Ariège.



©https://limportant.fr/contributeur/Rainmaker1973/173055

LES CERVIDÉS

La famille des *Cervidae* (Gray, 1821) se distingue des autres ruminants par les appendices frontaux des mâles, appelés bois ou ramures, qui tombent et se renouvellent annuellement. Les femelles en sont dépourvues, à l'exception des rennes. Considérant la classification actuellement admise, les cervidés du registre fossile pyrénéen appartiennent à deux sous-familles distinctes :

- Les *Cervinae* (Goldfuss, 1820), comprenant le cerf et le daim ;
- Les *Capreolinae* (Brookes, 1828) (ou *Odocoileinae),* comprenant les chevreuils, les rennes et les très grands cervidés.



GENRE *Cervus*

- *Cervus elaphus* (Linnaeus, 1758)

Le cerf est une espèce fréquente dans le registre archéo-paléontologique, depuis les phases anciennes du Pléistocène moyen jusqu'à l'Holocène. Il est actuellement le seul représentant du genre *Cervus*.
L'abondance des restes de cerfs a incité les paléontologues à définir différentes sous-espèces, marquant quelques variations morphologiques (dans la conformation des bois ou certains traits odontologiques) et ayant une valeur biochronologique.
À ce titre, nous retenons pour le Pléistocène moyen la forme *Cervus elaphus acoronatus*. Cette sous-espèce, parfois considérée comme une espèce à part entière, se distingue de *C. elaphus* typique par la forme des andouillers terminaux de la ramure adoptant une forme de fourche simple (composée de deux andouillers), alors qu'ils adoptent une forme de couronne (composée de trois à six andouillers) chez *C. elaphus* typique. Cette forme ancienne est entre autres reconnue à Montmaurin.
Cervus elaphus elaphus semble apparaître au cours du Pléistocène moyen. Cette espèce, très ubiquiste, répond aux contraintes climatiques et environnementales qui marquent le Quaternaire. Cette adaptation se traduit par de fortes variations de taille. On notera par exemple un *C. elaphus elaphus* de forte taille entre le MIS10 et le MIS6 à Nestier (Clot, Marsan, 1986) et probablement à Montmaurin, dont la grotte de Coupe-Gorge a fourni les restes « d'un énorme cerf du type élaphe » (Baylac et al, 1950).

La phylogénie du cerf demeure complexe tant il enregistre de variations au cours du temps. Dans le Sud- Ouest de la France, *Cervus simplicidens,* identifié dans des gisements du MIS5, est un cerf de petite taille. L'existence de cette forme dans le MIS5 français reste discutée mais elle traduit bien les fortes variations qu'enregistrent le cerf. Une révision des séries paléontologiques de ces phases tempérées s'avère nécessaire pour clarifier l'évolution du cerf.

Le Cerf élaphe est l'ongulé le plus fréquemment cité dans les gisements pyrénéens, qu'ils appartiennent au Würm ancien (15 mentions), à un Würm indéterminé (28 mentions), au Würm III (18 mentions) ou au Würm IV (42 mentions), alors qu'au moins 75 mentions existent pour les périodes holocènes.

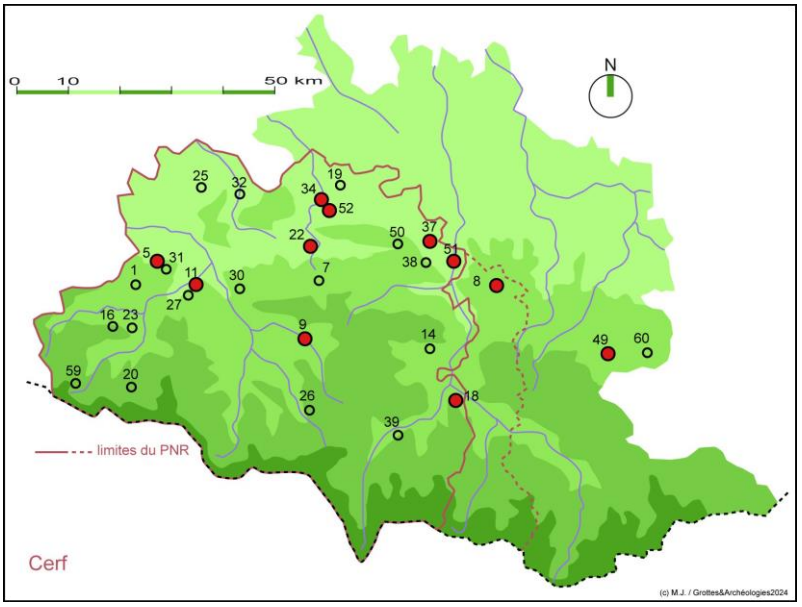
En revanche, les mensurations sont peu nombreuses et ne permettent pas encore d'apprécier objectivement les variations de taille, pourtant importantes. Des précisions telles que « cerf de forte taille », « très robuste », ou « élaphe géant » se retrouvent dans la littérature. Les derniers millénaires de la glaciation würmienne voient le Cerf élaphe prendre une importance de plus en plus grande comme en témoigne, par exemple, la rive gauche du Mas-d'Azil (Piette, 1895).

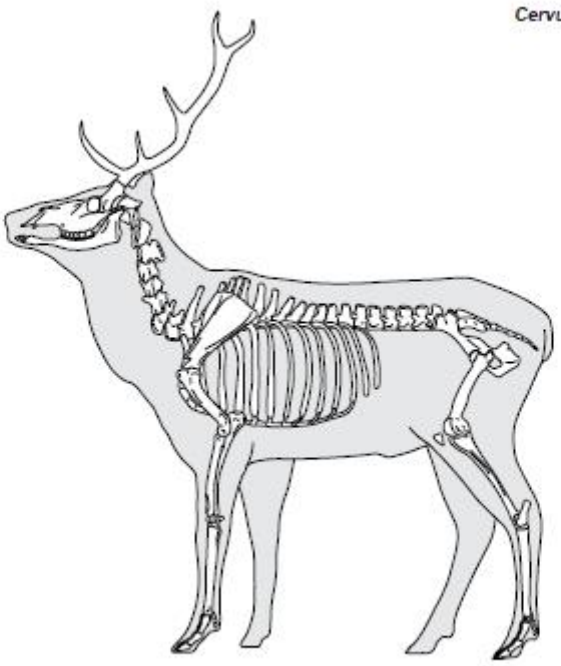
Des mentions sont connues pour :

- Bénaix, grotte de Las Morts
- Cazavet, grotte de l'Estelas
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grottes du Ker
- Moulis, grotte de Sendé
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé

Des cerfs sont signalés dans plusieurs grottes, à partir du Néolithique :

- Le Mas-d'Azil, grotte de Peyronnard
- Niaux, grotte de la Petite Caougno
- Vernajoul, grotte de Labouiche





© 2004 ArcheoZoo.org / J.-G. Ferré
D'après : Cédric Beauval, Michel Coutureau - Dessin du squelette de renne, ArcheoZoo.org, 2003.

GENRE *Dama*



©Daim, photographie Johann-Nikolaus Andreae

- *Dama dama* (Linnaeus, 1758)

Le daim actuel trouve ses origines dans le Pléistocène moyen et fait suite à une forme ancienne, *Dama clactoniana* (Falconer, 1868), espèce plus grande avec des bois à trois andouillers (espèce ancienne dont la présence est suspectée en Ariège (voir Astre *in* Clot et Duranthon, 1990).

Le daim est un taxon rare dans les gisements paléontologiques du Quaternaire français. Pourtant, sa reconnaissance est un élément majeur pour la caractérisation des écosystèmes passés. Le daim signe généralement un environnement tempéré et son identification caractérise le plus souvent des sites du MIS5, vers 100 000 ans. On retrouve aussi dans l'Aurignacien moyen de la tute de Camayot, à Saint-Jean- de-Verges (Astre, 1939).

GENRE *Capreolus*



©Chevreuil, photographie Getty - Gettyimages

Les chevreuils sont les plus petits cervidés connus durant le Quaternaire européen. Ils se caractérisent par des bois relativement petits et simples, à trois pointes et sans andouiller basilaire, par des molaires à couronne assez haute et par des membres grêles, tibias et os canons étant particulièrement longs. Les chevreuils actuels atteignent une hauteur au garrot de 60 à 80 cm et pèsent de 15 à 35 kg.

- *Capreolus süssenbornensis* (Kalhke, 1956)

Cette forme ancienne de grande taille est propre au Pléistocène inférieur et moyen. *C. süssenbornensis* pourrait correspondre, par sa taille, aux chevreuils sibériens actuels *Capreolus pygargus*. Absent pour l'heure du registre paléontologique ariégeois, il est malgré tout mentionné au sein des localités de Montoussé (Hautes-Pyrénées).

- *Capreolus capreolus* (Linnaeus, 1758)

En 1898-99, E. Harlé écrivait : « Le chevreuil se trouve, dans notre région, aux divers niveaux du Quaternaire supérieur, mais il est bien moins commun que le cerf. » L'inventaire des gisements où il a été cité approche 80 mentions alors qu'on en compte environ 180 pour le Cerf élaphe. De plus, il n'est jamais abondant et n'est représenté, dans la majorité des sites, que par un à quelques restes seulement. On a constaté, depuis les formes anciennes du Pléistocène moyen, et surtout à partir du Mésolithique, une tendance à la diminution de la taille des chevreuils. Certains auteurs (Lehmann, 1957 et 1960) l'attribuent à une cause phylogénétique, contraire à la règle de Cope sur l'augmentation de la taille des espèces.

Dans les niveaux rissiens, on peut noter les mentions suivantes :

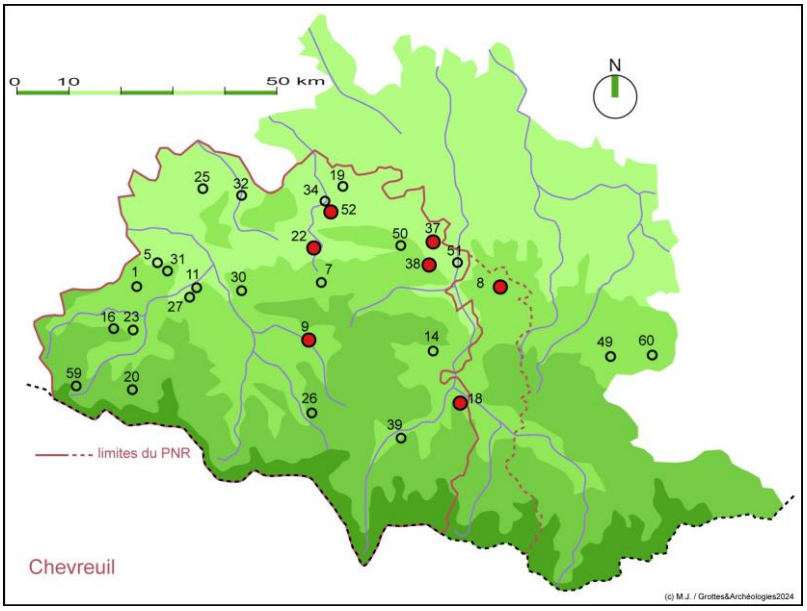
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grotte supérieure du Ker

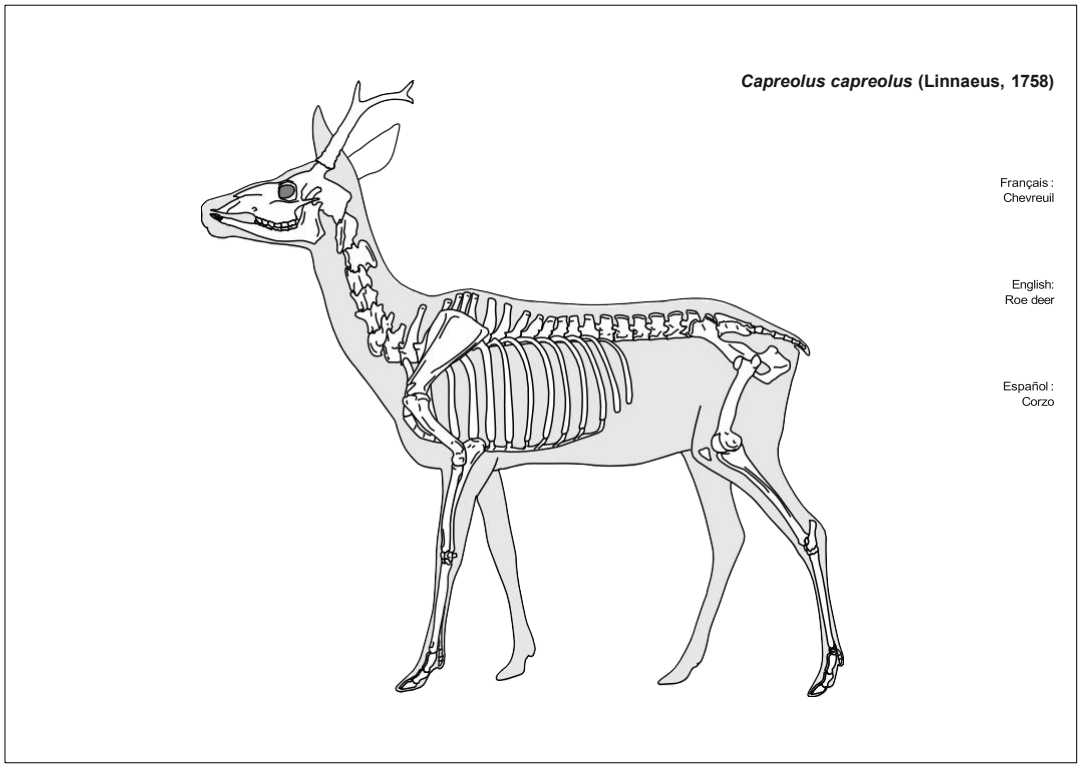
Le chevreuil est aussi signalé :

- L'Herm, grotte de l'Herm
- Le Mas-d'Azil : grotte du Mas-d'Azil
- Montseron : grottes de Malarnaud-Soulabé
- Saint-Martin-de-Caralp : grotte Bernard

À partir du Néolithique, il est indiqué :

- Niaux, grotte de la Petite Caougno





LES RENNES : FICHE SPECIALE

GENRE *Rangifer tarandus* (Linnaeus, 1758)

Le renne (*Rangifer tarandus*) fait partie des espèces emblématiques du Paléolithique supérieur européen. Très tôt le renne a été identifié au sein des niveaux préhistoriques à l'aide de méthodes de l'anatomie comparée. Son importance au sein de certains niveaux conduit les préhistoriens à en faire l'une des espèces symboliques de la Préhistoire en lui attribuant une période (Lartet et Christy, 1865-1875). Cette espèce facile à chasser (Kelsall, 1968) permet aux sociétés de la Préhistoire de se fournir en matières premières grâce à des chaînes opératoires dont les os gardent encore les stigmates. Les sociétés humaines collectent sur les carcasses de rennes les ressources nécessaires à leur alimentation ainsi qu'à la confection d'outils utilisant la peau, les os ou encore les bois de renne (Binford, 1978 ; Spiess, 1979). Des sources ethnographiques de population ayant une relation étroite avec le renne sont encore observables aujourd'hui et ont fait l'objet de nombreuses études (Abe, 2005 ; Costamagno et David, 2009).



©Un renne dans la vallée du Kebnekaise, dans les Alpes scandinaves (Suède), photographie Alexandre Buisse (Nattfodd)

Le renne appartient à la famille des cervidés. Son cycle annuel est donc rythmé par la pousse de sa ramure. Le renne est la seule espèce de cervidés où la femelle possède aussi des bois jusqu'à la mise bas de ses petits au printemps. Chez le mâle, le bois pousse en prévision du rut qui intervient au début de l'automne. La présence des bois chez les individus retrouvés dans les sites préhistoriques et/ou paléontologiques est un bon indice pour définir la saison durant laquelle les animaux ont été abattus. Les bois ainsi retrouvés au sein des couches archéologiques à la suite d'abattages de cervidés sont appelés bois de massacre.

L'Homme a longtemps été catégorisé comme étant dépendant des ressources issues du renne (Raynal et Daugas, 1992 ; Altuna et Mariezkurrena, 1995 ; Le Meur, 1999). De nombreux travaux menés depuis quelques années nuancent cette hypothèse. Parmi eux, la synthèse réalisée dans le Sud-Ouest au début des années 2010 propose de faire un point sur l'état de la recherche concernant le renne, sa répartition et les différences anatomiques entre les diverses populations dans le Sud-Ouest (Kuntz, 2011). Le renne est l'espèce majoritaire avec 61 % du nombre de restes sur l'ensemble du corpus constitué des Poitou-Charentes, de la Gironde du Périgord, du Quercy et des Pyrénées (Kuntz, 2011). Le renne va peu à peu se raréfier dans le Sud de la France pour disparaître durant l'Alleröd (Costamagno et al., 2016 ; Delpech, 1978, 1983, 1988).

Tout est bon dans le renne :



© « Dans le renne, tout est bon ! » Gilles Tosello et al. 2005

La particularité du renne est qu'il est une ressource inestimable pour les sociétés préhistoriques. En effet chaque partie anatomique peut être exploitée dans divers secteurs de l'économie de subsistance du Paléolithique. La viande, la moelle, la graisse et la cervelle peuvent être consommées. La peau peut avoir de nombreux usages allant de la confection de vêtements ou même d'abris grâce à la pratique de la couture. Les dents peuvent servir d'éléments de parure et enfin, les os et surtout les bois sont utilisés dans la confection d'une industrie osseuse omniprésente durant la fin du Paléolithique.

Le renne apparaît en Europe vers le Mindel (entre 650 et 350 000 ans). Dans les Pyrénées, avec environ 130 mentions, le renne würmien est beaucoup plus souvent cité que le cheval (108 mentions) ou le Cerf élaphe (102 mentions). Avec le réchauffement qui suit la dernière glaciation, le renne délaisse l'Europe méridionale et se réfugie dans les régions septentrionales où il est, avec le bœuf musqué, le seul ruminant actuel vivant au-delà du 60e parallèle nord, en toundra et/ou en forêt boréale.

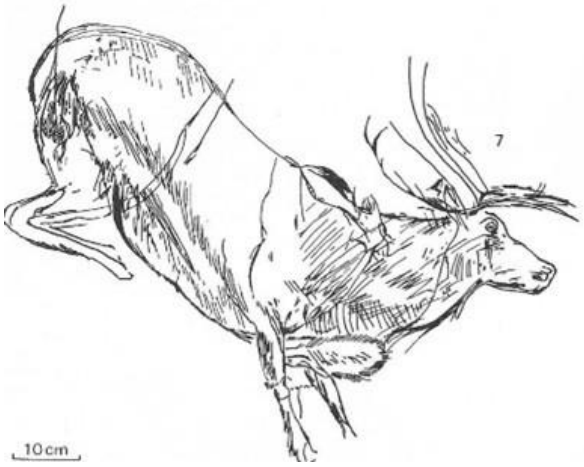
Le renne en tant qu'espèce chassée :
Ce qui saute aux yeux très tôt chez les premiers préhistoriens, c'est l'abondance des restes de rennes dans les sites antédiluviens. Edouard Lartet nommera même « âge du renne » la fin du Paléolithique supérieur européen. Dans le Sud de la France, durant le Magdalénien, le renne domine très largement la plupart des spectres fauniques des différents sites de plaines pouvant atteindre plus de 90% des restes fauniques des niveaux à Tournal, à Canecaude et dans le secteur 2 d'Espèche. À la fin du Paléolithique supérieur, durant le Magdalénien supérieur, on voit une raréfaction progressive du renne dans les sites avec le cerf qui va peu à peu devenir l'une des espèces principales des spectres fauniques.

Dans les Pyrénées ariégeoises et orientales, on le rencontre de la grotte du Portel-Ouest (Gardeisen, 1994). Le renne prédomine fortement dans certains sites magdaléniens où il représente plus de 50 % des restes d'ongulés : Magdalénien VI de Duruthy (71 ,7 %), Magdalénien moyen d'Espèche (60 %), de la salle des Morts d'Enlène (75 %) ou de la rive droite du Mas-d'Azil (60 %).

- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Loubens, grotte du Portel-Ouest

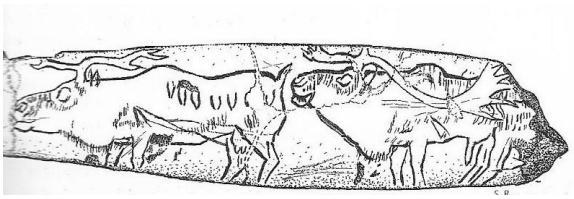
Parmi les animaux piégés dans les cavités karstiques, ou dans des sédiments variés, citons le crâne d'un jeune renne de Junqua, quelques os longs d'un même animal dans le gouffre du Béout (Ossen, 670 m d'altitude) et surtout la grotte Bernard à Saint-Martin-de-Caralp où les éléments de plusieurs squelettes, dont 2 à 3 crânes, ont été retirés. Le premier de ces crânes, décrit par J. Bouchud (1964, 1967), appartenait à un renne de toundra d'un peu plus de 4 ans, mort à la mi-novembre et daté au C 14 de 9500 ± 1 000 ans B.P., date beaucoup plus proche de nous qu'on pourrait le supposer (7100 avant J.-C.) et attestant de fait d'une perduration de l'espèce bien après le passage à l'Holocène. Le renne a donc persisté quelques millénaires après les dernières phases froides du MIS2, le piémont pyrénéen lui étant favorable. Il a été, par ailleurs, rencontré dans les niveaux aziliens des abris Duruthy et Dufaure, à Sorde-l'Abbaye, mais aussi à la base des niveaux aziliens du Trou Violet, à Montardit.

Les mentions de rennes dans les grottes de la réserve :
- Cazavet, grotte de l'Estelas
- La Bastide-de-Sérou, grotte d'Unjat
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Moulis, grotte de Sendé
- Saint-Martin-de-Caralp, grotte Bernard

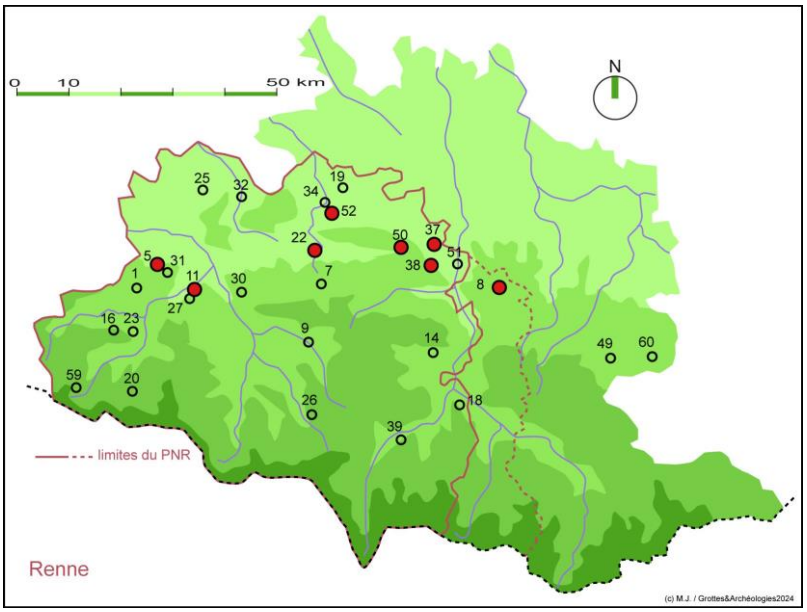


© Renne, Grotte des Trois-Frères Renne n°7, Denis Vialou, 1988

Bien que faisant partie des animaux les plus chassés durant le Magdalénien, les représentations de rennes sont assez rares dans l'art magdalénien. En Ariège, les principales représentations de rennes se retrouvent sur les parois de la cavité des Trois-Frères (21 occurrences) ainsi que sur l'art mobilier de La Vache (6 occurrences).



©Renne, Objet aux « deux rennes se suivant », Crémade, 1997





©Mandibule de renne, photographie Jean-Baptiste Fourvel

GENRE *Praemegaceros / Megaloceros*

Les grands cerfs mégacéros sont généralement séparés en deux groupes chronologiques et morphologiques, avec une systématique très confuse où de nombreuses formes ont été décrites.



©Dessin Mégacéros, Eric Le Brun

Après les travaux de E. Harlé (1892), G. Astre (1924), J. Bouchud (1965) et F. Prat (1968) un inventaire des restes pyrénéens de mégacéros a été publié (Clot, 1988) auquel s'ajoutent d'autres mentions dans la synthèse produite par Clot et Duranthon (1990) dont trois sites ariégeois, la grotte de Bouichéta et deux de la réserve :

- Le Mas-d'Azil, rive droite du Mas-d'Azil,
- L'Herm, grotte de l'Herm

Ces trois mentions demeurent incertaines et une révision paléontologique s'avère nécessaire.

On retrouve onze mentions pour le Würm ancien (MIS4-MIS3), dont :

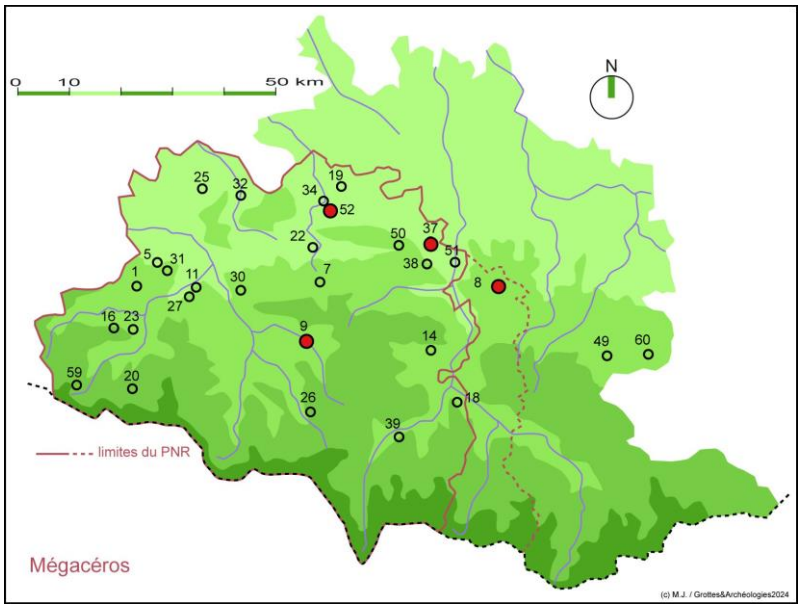
- Massat, grotte supérieure
- Loubens, grotte du Portel-Ouest

Cette répartition topographique et le cadre environnemental correspondent bien à cet animal dont l'envergure des bois atteignait ou dépassait trois mètres, soit évoluant dans de vastes étendues herbeuses, entrecoupées de taillis, arbres ou bouquets d'arbres, voire de tourbières... Dans les sites pyrénéens, on le rencontre généralement en association avec le renne, le rhinocéros laineux et le mammouth (Roc Traücat, par exemple), soit, en l'absence de ces espèces, dans un paysage plus ouvert (pont de Gouërris, par exemple).


©Élan, photographie Walter Ezell

GENRE Alces

- *Alces alces* (Linnaeus, 1758)



Plus grand cervidé connu actuellement, l'élan a longtemps été considéré comme une espèce dont les vestiges paléontologiques sont principalement reconnus, dans nos contrées, dans les phases récentes, soit à l'Holocène, quand bien même il existe quelques figurations pariétales de la fin du Paléolithique supérieur (e.g., Gargas). Parfois confondu avec de grands cerfs, les mentions avérées d'élans dans les Pyrénées sont rares et généralement rapportées à des phases tardiglaciaires ou post-glaciaires (voir Clot et Duranthon, 1990).

CARNIVORES

Les carnivores constituent un ordre de mammifères très diversifié qui trouve son origine dans le Paléocène (vers 60 millions d'années). Ils se distinguent des autres mammifères archaïques au régime alimentaire carné (les créodontes) par une denture spécialisée dont le développement de carnassières (dents sécantes) sous la forme de P4 (quatrième prémolaire supérieure) et M1 (première molaire inférieure), bien qu'ils coévoluent jusqu'au Pliocène vers 11 Ma. Si les carnivores sont extrêmement diversifiés, ils sont classés selon deux sous-ordres aux caractéristiques morphologiques propres : les féliformes (intégrant les félins et les hyènes) dont le crâne et les mandibules tendent à un raccourcissement et dont la denture réduite est très spécialisée, et les caniformes (comprenant entres autres les ours, les mustélidés et les canidés) conservant un crâne et une mandibule relativement allongés et une denture complète.

Sous-ordre *Feliformia* (Kretzoi, 1945)

Principaux représentant de ce sous-ordre dans le Quaternaire européen et français en particulier, nous présentons ci-après les familles des hyénidés et des félidés.



©Dessin d'hyène des cavernes, Éric Le Brun

LES HYÉNIDÉS

Les hyénidés actuels comprennent quatre genres monospécifiques à la distribution géographique plus ou moins grande. L'hyène tachetée *Crocuta crocuta* est l'espèce la plus connue. Prédateur de grande taille, chasseur et charognard occasionnel, vivant en clan d'une quinzaine d'individus, elle est actuellement présente sur la majeure partie de l'Afrique sub-saharienne. L'hyène brune *Parahyaene brunnea* est un hyénidé vivant en couple ou groupes familiaux avec une tendance à la collecte opportuniste plus forte. Elle est actuellement confinée à l'Afrique australe. L'hyène rayée *Hyaena hyaena*, au comportement proche de l'hyène brune, est plus gracile et moins spécialisée (morphologiquement) que les espèces précédentes. Elle occupe la plus importante aire de répartition depuis l'Afrique de l'Est jusqu'à l'Inde en passant par le Moyen-Orient. Enfin le protèle *Proteles cristatus* est un hyénidé de petite taille (comparable à un renard) au régime myrmécophage (termites et fourmis), confiné principalement à l'Afrique australe.

Les grands hyénidés se caractérisent par leur crâne massif, portant une crête sagittale et des arcades zygomatiques développées et robustes permettant l'implantation de structures musculaires fortes ayant une incidence sur les capacités masticatrices (puissance de la morsure). À cela s'ajoute une denture spécialisée avec des prémolaires coniques autorisant le cassage et le broyage des matières dures (osseuses) faisant des hyènes des casseurs d'os. Dans le registre fossile européen, de nombreux genres se succèdent, depuis les hyènes géantes (*Pliocrocuta* et *Pachycrocuta)* dans les phases anciennes jusqu'à l'hyène des cavernes du Pléistocène supérieur. Entre le Pléistocène moyen et le Pléistocène supérieur, le registre paléontologique atteste de la présence d'une hyène rayée fossile *Hyaena prisca* et de l'hyène des cavernes *Crocuta crocuta spelaea* (ou *Crocuta spelaea* selon les auteurs).

GENRE *Crocuta*

- *Crocuta crocuta intermedia* (M. de Serres, 1828)/*Crocuta crocuta spelaea* (Goldfuss, 1832), l'hyène des cavernes

Si la phylogénie des hyènes tachetées est encore actuellement discutée, il n'existe toujours pas de consensus quant à l'attribution des formes fossiles européennes à une sous-espèce de l'hyène tachetée actuelle (*Crocuta crocuta ssp.*) ou représentant une espèce propre (*Crocuta spp.*). Les travaux les plus récents suggèrent une valeur spécifique et reconnaissent la succession de deux à trois formes durant le Pléistocène (*Crocuta praespelaea, Crocuta intermedia* et *Crocuta spelaea*, voir Lewis et Werdelin, 2022), mais tous les auteurs ne partagent pas cette opinion. *Crocuta crocuta intermedia* est une forme typique du Pléistocène moyen sensiblement plus petite que l'hyène des cavernes typique et présentant des appendices (métapodes) proportionnellement plus courts (incidence éco-éthologiques ?). Principalement reconnue à Lunel-Viel (Hérault), cette hyène ancienne est peut-être présente dans la chaîne pyrénéenne (brèche d'Es-Taliens, ensemble mindélien de Nauterie).

L'hyène des cavernes typique, *Crocuta crocuta spelaea*, est un prédateur emblématique des faunes du Pléistocène supérieur où elle est abondamment représentée (en particulier dans le MIS3). Il s'agit d'un hyénidé plus robuste que l'hyène tachetée actuelle et occupant les cavités. Une quantité considérable de sites entre le MIS5 et le MIS3 sont identifiés comme tanières d'hyènes des cavernes où se mêlent reliefs alimentaire (stock osseux accumulé) et restes d'hyènes reflétant la mortalité naturelle (voir Fosse, 1994 ; Fourvel, 2012).

Parmi les populations de *C. c. spelaea* typique, assez abondantes dans les Pyrénées, deux sites se distinguent par des restes de faible taille, ce qui pourrait être l'indice d'un âge anté MIS4. Il s'agit d'une dizaine de séries dentaires de la grotte de la Bouhadère (Douat et al., 1971 ; Clot, 1980) et de cinq mandibules de la grotte de l'Herm (voir Clot et Duranthon ,1990).

L'Hyène des cavernes est présente dans dix sites pyrénéens rapportés au Würm ancien, et dans quinze sites du Würm III. Ainsi, dans les niveaux aurignacien, gravettien et épigravettien d'Isturitz, elle se raréfie vers les niveaux supérieurs. Dans la galerie des silex de la rive droite du Mas-d'Azil, Péquart (1960 à 1963) signale deux « bauges » à hyènes avec coprolithes, griffades et poils. Les autres repaires d'hyènes pyrénéens sont : les grottes d'Eichel et de Roc Traücat, près de Saint-Girons, la grotte de l'Herm, celle d'Izos-Gouyou, près d'Aspet, « hantée par les ours et les hyènes » (Saint-Périer, 1921) et d'Unikote à Iholdy (Rigaud, 1986).

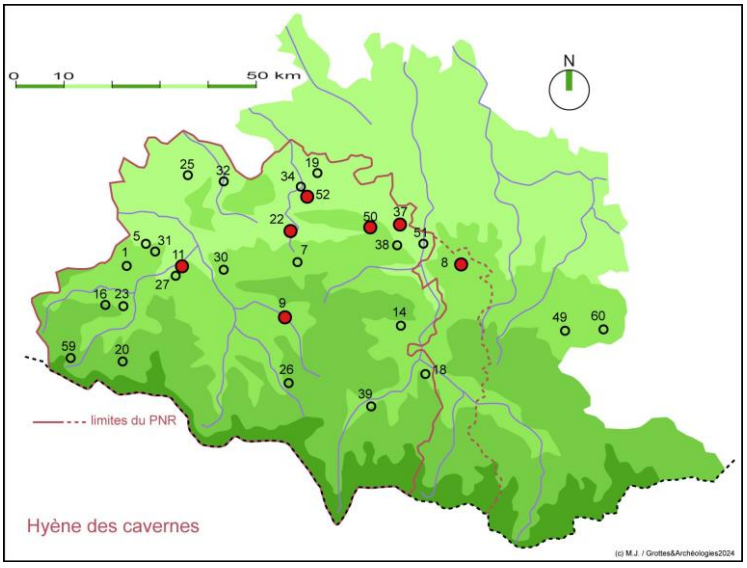
Elle devient rarissime dans le Würm IV où elle n'est citée que dans cinq gisements, du Magdalénien moyen pour la plupart : rive droite du Mas-d'Azil (fouilles Péquart), salle du fond de la grotte d'Enlène, Grazzio de l'Aspiouo (Galy, 1883), grotte des Harpons à Lespugue et Magdalénien moyen d'Isturitz. Notons à ce propos que les mentions magdaléniennes sont à prendre avec des pincettes, considérant jusqu'à présent qu'il est admis que l'hyène des cavernes disparaît vers 25 000 ans.

Les hyènes des cavernes sont mentionnées dans plusieurs grottes de la réserve :

- La Bastide-de-Sérou, grotte Unjat
- Le Mas-d'Azil, rive droite du Mas-d'Azil
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grottes du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Moulis, grotte de Sendé



©Mandibule d'hyène des cavernes, photographie Jean-Baptiste Fourvel



LES FÉLIDÉS


©Chat sauvage d'Europe, photographie Luc Viatour

Les félidés constituent une famille de carnivores diversifiée dont les représentants (genre et espèce) sont actuellement distribués sur tous les continents. Cette famille regroupe des espèces de très petite taille comme le chat rubigineux (*Prionailurus rubiginosus*) qui pèse moins de 2 kilos, jusqu'aux plus grands comme le tigre de Sibérie (*Panthera tigris altaica*) qui peut atteindre les 350 kilos.
Dans le registre fossile européen, nous retrouvons une très grande diversité de genres et d'espèces incluant des guépards anciens (*Acinonyx pardinensis* du Pléistocène inférieur), des pumas (*Puma pardoides*), des jaguars (*Panthera gombaszoegensis*) ou encore des machairodontes (*Homotherium* et *Megantereon*). Dans les phases plus récentes du Pléistocène et pour les zones géographiques qui nous concernent ici nous trouvons une dizaine d'espèces dont le chat sauvage *Felis silvestris*, le lynx (*Lynx spelaea* et *Lynx lynx*), et des panthérinés (léopard, lion, jaguar).
Les félins se caractérisent principalement par une tête ronde, à face courte, les arcades zygomatiques étant bien écartées du crâne.
Les mandibules et maxillaires réduits avec une denture à la fois plus simple (nombre de dents réduit) et en même temps extrêmement spécialisée (dents sécantes). Cette hyperspécialisation odontologique fait des félidés la famille de carnivores la plus évoluée. Les os des membres (digitigrades) sont robustes, avec cinq doigts devant, quatre derrière, et des griffes rétractiles.

GENRE *Felis*

- *Felis silvestris* (Schreber, 1777)

Le chat sauvage est un peu plus grand et plus lourd que le chat domestique. Des analyses génétiques ont démontré le fort rapprochement entre la forme sauvage et la forme domestique, intégrant de fait le chat domestique dans le groupe des chats sauvages *lato sensu* et le plaçant comme sous-espèce de celui-ci, *Felis silvestris catus*. Son habitat actuel est distribué de façon irrégulière en Europe, entre l'Ecosse et les Balkans, le Caucase, une partie de la péninsule ibérique, et quelques spécimens en Italie (fruit de l'exploitation humaine, chasse, braconnage). Il peut être confondu avec le chat haret, ou chat féral, animal domestique retourné à l'état sauvage, plus petit que lui et à queue relativement plus longue.

Animal forestier, il occupe les grands massifs boisés. On ne le rencontre pas dans des bosquets isolés, car il lui faut une continuité forestière, un habitat à ressources multiples, avec proximité de l'eau et grande fréquence de taillis, surtout à épineux, et de fourrés giboyeux.

Si nos connaissances paléontologiques des félins de petite (lynx), moyenne (puma et léopard) à grande (lion, machairodonte) taille sont régulièrement enrichies par des travaux récents précisant leur paléobiologie et leur paléobiogéographie, les Félidés de très petite taille n'ont pas fait l'objet du même soin. Ceux-ci sont regroupés sous le genre *Felis*. On dénombre jusqu'à quatre (voire cinq) espèces distinctes qui auraient évolué au cours du Quaternaire en Europe de l'Ouest (*Felis lunensis* (Martelli, 1906) ; *Felis monspessulana* (Bonifay, 1971), *Felis minuta* (Schmerling, 1834) ; *Felis chaus* (Schreber, 1775) ; *Felis silvestris* (Schreber, 1777)).

La validité de ces différentes espèces de chats a été régulièrement discutée (e.g., Kurtén 1965 ; Bonifay 1971). Ces débats sont d'autant plus justifiés que certains taxons n'ont été identifiés qu'en de très rares occasions, dans un nombre très restreint de localités. Cependant, certains auteurs continuent d'accorder une valeur spécifique à certaines formes sans pour autant aborder ou discuter ces questions d'attribution spécifique ou sous-spécifique

(pour plus de détails, voir Fourvel et Lateur, 2018). Ceci semble d'autant plus dommageable que l'on accorde une réelle valeur biochronologique ou paléoenvironnementale à ces « espèces ». Ni les notions de variabilité morphométrique ni les questions de dimorphisme sexuel ne sont discutées alors même que les caractères morphologiques ne semblent pas a priori discriminer une forme plutôt qu'une autre. Les données génétiques, en particulier sur les formes modernes de chat sauvage, semblent d'ailleurs pleinement justifier une simplification de la phylogénie des chats et une distinction au niveau sous-spécifique.

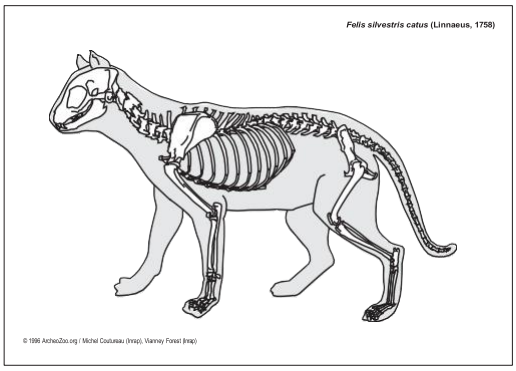
Dans le registre pyrénéen, les précédentes synthèses faisaient état de trois (sous-)espèces : le chat sauvage, le chat domestique et le chat des marais *Felis (Catopuma) chaus*. Concernant ce dernier, les rares mentions (à Angles-sur-l'Anglin et La Vache) d'une espèce, dont les représentants actuels sont distribués entre le Moyen-Orient et l'Asie du Sud-Est, peuvent paraître a priori surprenantes et ces déterminations restent selon nous à confirmer. En effet, la pièce d'Angles-sur-l'Anglin est une première phalange pour laquelle Koby précise lui-même que les différences avec le chat sauvage sont faibles. Aucune planche photographique ni description fine n'accompagne l'identification de cette phalange. Tandis que la planche photographique des 3e et 4e métatarsiens de La Vache présente selon nous des pièces dont les traits morphologiques ne sont pas félins mais plus proche d'un léporidé (Koby 1960 : fig.1, p.830). Sur la base de la documentation disponible, l'existence du chat des marais à la Vache semble assez peu probable.

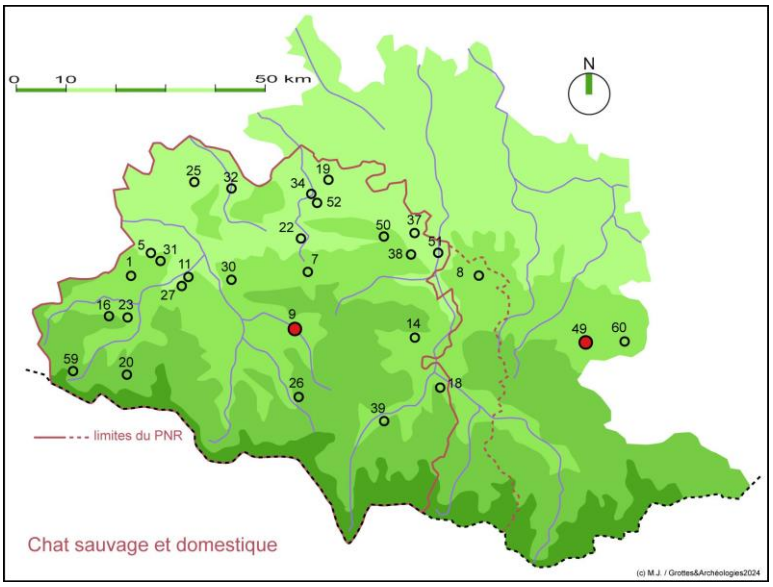
Concernant le chat sauvage typique *F. silvestris silvestris*, bien que rare dans les assemblages pyrénéens, on le retrouve aussi bien dans des sites anciens (e.g. Montoussé, vers 1,2 Ma) jusqu'au Pléistocène supérieur.

- Massat, grotte inférieure du Ker

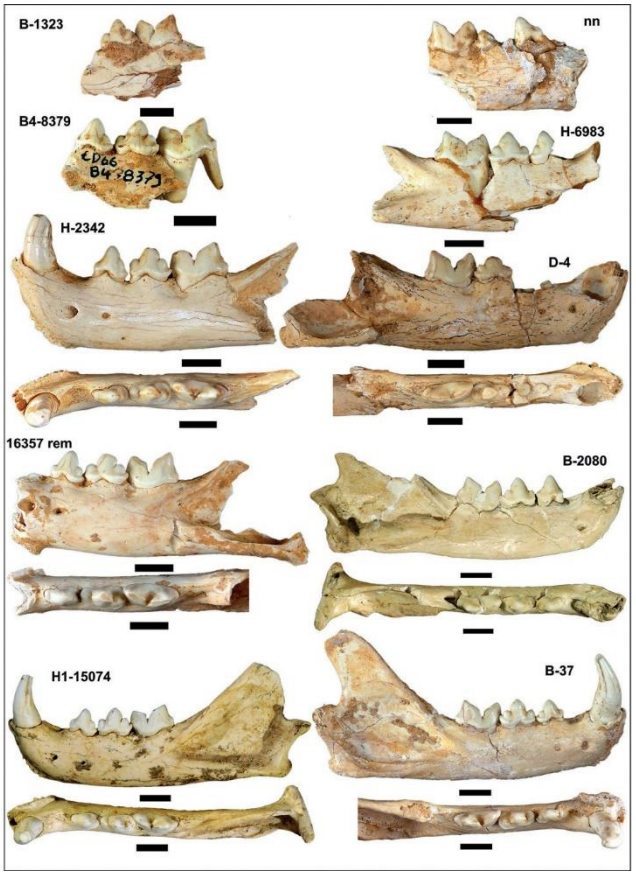
À propos de la forme domestique *F. silvestris catus*, elle colonisa l'Europe occidentale par l'intermédiaire des Romains, mais ne devint abondante qu'à partir du Moyen Âge. Ainsi, dans les niveaux du Chalcolithique et du Bronze de la grotte de Las Morts, G. Astre (1942) identifie des mandibules de *Felis silvestris* et signale, dans le niveau gallo-romain, « une mandibule de taille à peine moyenne et à canine plutôt faible, avec sa branche horizontale un peu courbe appartenant à un sujet domestique, sans pouvoir l'affirmer absolument ». Le problème de la variabilité morphométrique des chats se pose donc. De nouvelles études devront être entreprises pour discriminer la part sauvage de la part domestique dans les sites archéologiques holocènes, antiques et médiévaux.

- Bénaix, grotte de Las Morts





GENRE *Lynx*



©Mandibules de lynx des cavernes de la grotte de l'Escale, échelle Barre = 1 cm, photographies Philippe Fosse et Philippe Jugie

Ces félins se caractérisent, au niveau dentaire, par l'absence de la deuxième prémolaire supérieure (soit 28 dents au total) et l'existence fréquente, sur le bord postérieur de la carnassière inférieure, d'un talonide réduit surmonté d'une légère pointe. Ces animaux, au corps ramassé et hauts sur pattes, ont une tête arrondie et des oreilles longues et pointues prolongées par un pinceau de poils. Essentiellement forestiers (montagnes ou plaines), leur distribution couvre la plus grande partie des régions tempérées septentrionales.

On retrouve actuellement en Eurasie, deux espèces :
- lynx boréal, *Lynx lynx*, (Linnaeus, 1758), à crête sagittale bien développée, occuperait l'est de l'Europe, du nord de l'Europe à la Scandinavie ;
- le lynx pardelle, *Lynx pardina* (Temminck, 1827), à crêtes pariétales lyriformes, un peu plus petit en moyenne que le lynx boréal, est confiné à la péninsule ibérique.

- *Lynx issiodorensis* (Croizet et Jobert, 1828)

L'histoire quaternaire des lynx débute avec l'espèce *Lynx issiodorensis* du Pléistocène inférieur. Il s'agit d'un lynx de grande taille avec des traits morphologiques et une denture robustes. Si l'espèce est relativement fréquente dans les sites anciens (e.g., Perrier-Les Etouaires, Puy-de-Dôme, Saint-Vallier, Drôme), il est plus rare dans les autres gisements de la seconde moitié du Pléistocène inférieur.
L'espèce est potentiellement dans le registre pyrénéen avec le rapprochement avec cette espèce de quelques restes du Pléistocène inférieur de Montoussé (Hautes-Pyrénées) (Thabard et Fourvel, 2022).

- *Lynx pardina spelaea* (Boule, 1906), le Lynx spéléen

Boule (1906, 1927) décrit, des grottes de Grimaldi et de l'Observatoire, à Monaco, une série abondante et bien préservée de restes de lynx qu'il caractérise comme suit : « plus voisin du lynx boréal par le volume général de la dentition ; plus voisin du lynx ibérique par la morphologie générale de ses prémolaires ; il tient de l'un et de l'autre par les caractères de ses carnassières. » Remarquant les nombreuses affinités avec la forme ibérique, Boule reconnaît alors une nouvelle sous-espèce sous la forme de *Felis (Lynx) pardina*, race *spelaea* (Bonifay 1971), sur la base de l'étude des séries de l'Escale (Bouches-du-Rhône) et de Lunel-Viel (Hérault), reconnaît ce lynx fossile mais lui confère un statut spécifique *Felis (Lynx) spelaea* distinct du lynx pardelle (sans pour autant réfuter leurs affinités). Cependant les recherches les plus récentes estiment que la forme fossile correspond bien à la même espèce que la forme moderne et souligne les différences en lui conférant un statut sous-spécifique : *Lynx pardina spelaea*. Ces recherches sur les lynx fossiles d'Europe de l'Ouest démontrent par ailleurs l'ancienneté du lynx pardelle (présent dès le Pléistocène inférieur en Espagne) et sur la paléobiographie de l'espèce que l'on retrouve abondamment dans le Midi méditerranéen et plus largement dans la moitié sud de la France.

Fréquent dans les sites paléontologiques, *L. pardina spelaea* est cité dans la séquence supérieure de la Caune de l'Arago (Crégut, 1979). Il est mentionné dans le Pléistocène de Malarnaud. Le Muséum de Bordeaux possède au moins un crâne, une série dentaire supérieure, deux humérus, deux cubitus, deux radius (?), un fémur, un tibia, un calcanéum, six métapodes dont deux entiers et deux premières phalanges.

- Montseron, grotte de Malarnaud

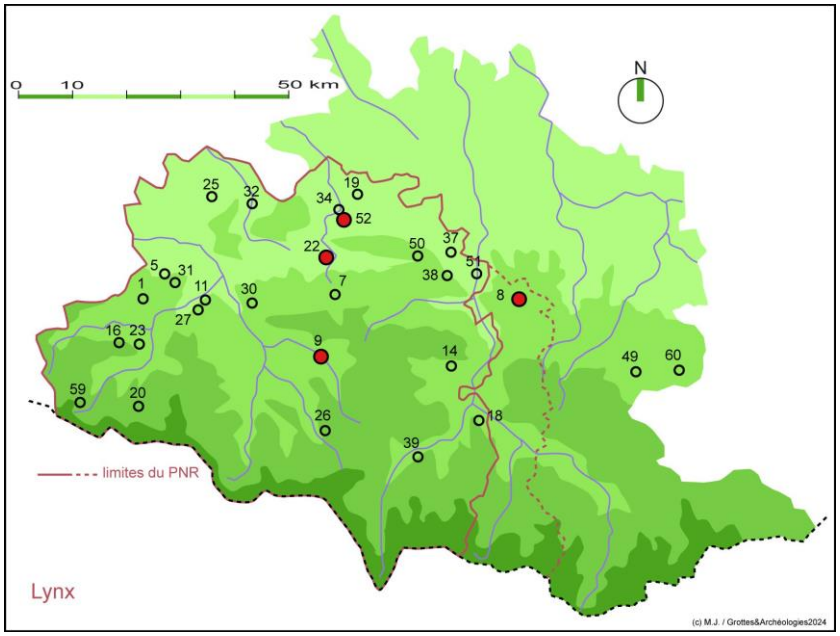
Quelques autres mentions sont plus vagues :
- Dans la grotte de l'Herm, Noulet (1874) signale, de la galerie de l'Etable, une canine, conservée au Muséum de Toulouse, qui pourrait correspondre à *L. pardina spelaea*.
- Dans la collection Lartet de la grotte inférieure de Massat, le Muséum de Toulouse conserve deux canines attribuées à *L. pardina spelaea*.

- *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758), le lynx boréal

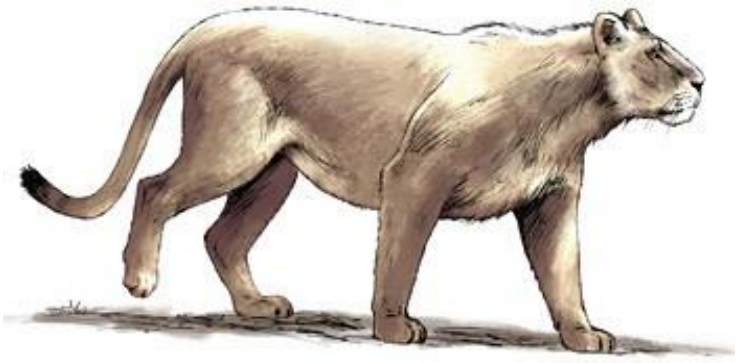
Le lynx boréal se discrimine assez bien du lynx pardelle fossile par sa taille sensiblement plus importante et certaines caractéristiques morphologiques (crâne et matériel dentaire). Le lynx boréal semble arrivé relativement tard dans le registre fossile français, le territoire étant, dans les phases anciennes, largement occupé par *L. pardina spelaea*.
Relativement dans les assemblages, on le reconnaît à partir du MIS3 (et peut-être plus particulièrement dans la seconde moitié du MIS3).
Il existe une mention (à vérifier) de lynx boréal dans le Magdalénien final de la rive gauche du Mas-d'Azil, Piette (1889, 1895).

- Le Mas-d'Azil, dans la couche du Magdalénien final de la rive gauche du Mas-d'Azil


©Lynx boréal, photographie www.aquaportail.com



La sous-famille des Panthérinés regroupe une importante diversité de grands félins dont les lions, les léopards et les jaguars, dont les représentants fossiles sont attestés dans les sites archéo-paléontologiques ariégeois.



©Dessin Lion des cavernes, Éric Le Brun

GENRE *Panthera*

- *Panthera pardus* (Linnaeus, 1758)

La panthère est un félin de grande taille à la distribution géographique large, depuis l'Afrique australe, jusqu'à l'Asie du Sud-Est. Cette dispersion induit l'existence d'une dizaine de sous-espèces et une variabilité biométrique forte (poids variant de 17 à 65 kilos, toutes sous-espèces confondues) résultant de la plasticité de l'espèce (adaptabilité à une grande variété de milieux depuis la savane aride-arborée jusqu'à la forêt tropicale).

Le léopard est relativement abondant dans le registre paléontologique européen et ce dès le Pléistocène moyen. On le retrouve entre autres à la Caune de l'Arago à Tautavel. Le matériel paléontologique, en particulier pour les phases anciennes, a généralement incité les paléontologues à vouloir caractériser des formes chronologiques (sous-spécifiques) comme à Mauer avec P*anthera pardus sickenbergi*. Nous ne sommes pas certains de la validité de ces sous-espèces. La variabilité morphométrique des léopards fossiles reste encore à déterminer.

Dans les Pyrénées, les remplissages anciens, rissiens, sont mal connus : quelques restes des galeries profondes de la grotte de L'Herm. Le Muséum de Toulouse (Harlé, 1898-1899) conserve une belle mandibule (coll. Filhol), et Boule (1927) insiste sur la forte taille de quelques os longs de cette grotte. À partir du Stade Isotopique 3, la panthère devient beaucoup plus abondante, notamment à Malarnaud. Le dernier inventaire des collections Pouech réalisé par Jean-Baptiste Fourvel mentionne un fragment de crâne de bébé léopard à Massat.

- Cazavet, grotte de l'Estelas
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Massat, grottes du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé

- *Panthera gombaszoegensis* (Kretzoi, 1938)

Entre le Pléistocène inférieur et le début du Pléistocène moyen, la guilde des panthérinés est dominée par quelques espèces de grande taille dont le jaguar européen *Panthera gombaszoegensis*. Relativement fréquent dans les sites anciens, il a, en France, été dans un premier temps rapporté à un nouveau genre de félin, *Jansofelis vaufreyi* (Bonifay, 1971) avant d'être finalement reconnu comme une forme ancienne de jaguar sous l'attribution de *Panthera onca gombaszoegensis* (ou *Panthera gombaszoegensis,* la valeur sous-spécifique ne faisant pas consensus) (Hemmer, 1972). Récemment, la relation phylogénétique entre le jaguar européen et le tigre *Panthera tigris* a été évoquée à partir des restes crâniens de la Belle-Roche à Sprimont (Belgique) (Chatar et al., 2022).
Parfois abondant dans certains sites du Sud-Ouest de la France (e.g., Artenac I et II, Charente ; Grotte XIV, Dordogne), on le retrouve dans les Pyrénées dans la couche 14 du Mindel de Nauterie I (Delpech, Prat, 1980).

- *Panthera (Leo) spelaea* (Goldfuss, 1810)

Au XIX^{e} siècle, le grand félin des cavernes, ou lion des cavernes, a beaucoup intéressé les paléontologues.

Goldfuss, en décrivant le crâne type de Gailenreuth, l'avait considéré comme distinct du tigre et du lion actuel, le dénommant *Felis spelaea.* E. et H. Filhol (1871) arrivent à la même conclusion à partir de leur étude des restes de lion de la grotte de l'Herm.

Les études, paléontologiques et paléogénétiques menées depuis, confirment cette différence spécifique entre lion de savane et lion des cavernes. Cependant, la relation phylogénétique proche entre ces deux formes se traduit par une attribution sous-générique commune : *Panthera (Leo) leo* d'une part et *Panthera (Leo) spelaea* d'autre part. D'une manière générale, le lion des cavernes se distingue du lion actuel par des proportions plus grandes, des extrémités de membres plus robustes et quelques particularités au niveau de la mâchoire inférieure.

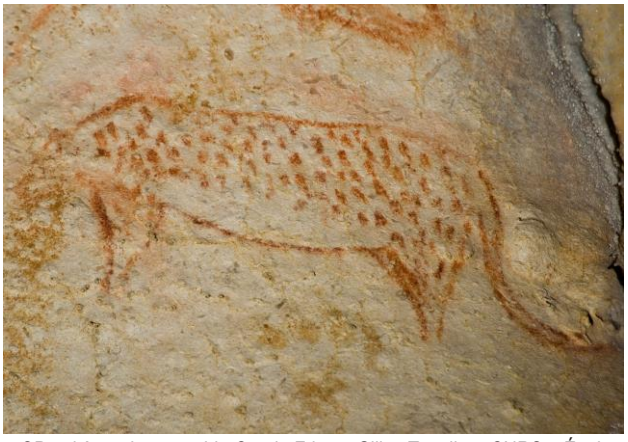
Ballesio (1975) estime que la dénomination *Panthera (Leo) spelaea* recouvre un ensemble hétérogène, les restes du Sud de la France constituant une sous-espèce géographique distincte du type de Gailenreuth, par la plus grande importance de la quatrième prémolaire inférieure par rapport à la carnassière, caractère qui la rapprocherait du lion.

La grotte de l'Herm mérite une mention particulière, car *Panthera (Leo) spelaea* est « le deuxième animal en abondance dans tous les compartiments profonds de la caverne » (Noulet, 1874), après l'ours et avant l'hyène. Plus tard Melliès (1881) citera « plus de 200 pièces de grand chat des cavernes » dans la collection Marty. Ce dernier (1883) parlera « d'un squelette à peu près complet de *Felis* dans un endroit où il était impossible à un animal de cette taille de s'engager vivant ».

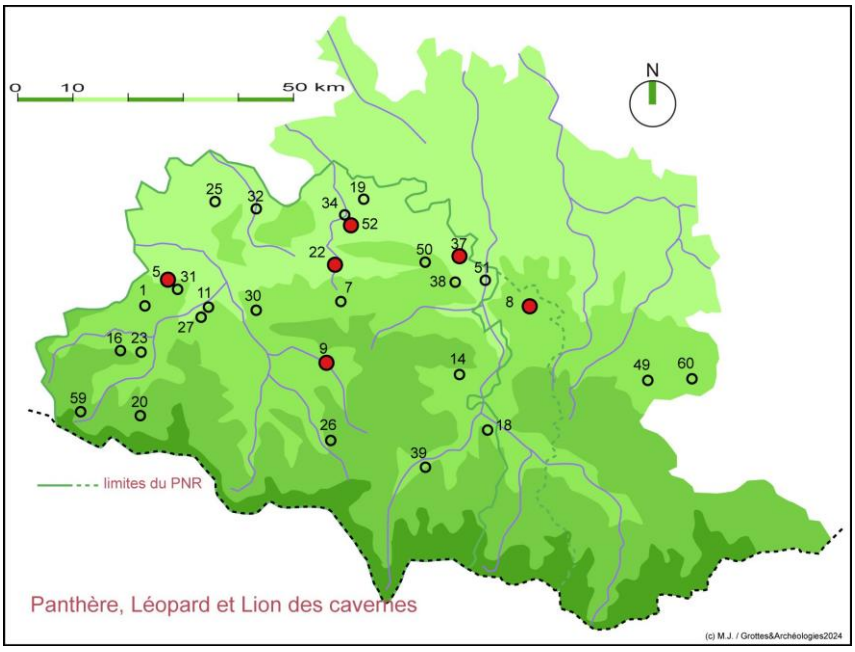
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grottes du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé



©Mandibule de lion des cavernes, photographie Jean-Baptiste Fourvel



©Panthère, photographie Carole Fritz et Gilles Tosello – CNRS – Équipe Chauvet – Ministère de la Culture et de la Communication



LIGNÉE machairodontoïde

Les machairodontes représentent une lignée hyper-spécialisée de carnivore aujourd'hui éteinte. Les machairodontes présentent des canines supérieures spécialisées, à couronne longue et très fortement comprimée transversalement, renforçant le côté tranchant et perforant de la dent. Les dents jugales présentent elles aussi une conformation adaptée à la découpe avec des couronnes hautes et comprimées transversalement. Généralement, dans le Pléistocène européen, on retrouve deux principaux machairodontes : *Homotherium*, machairodonte de grande taille comparable à un lion, et *Megantereon*, félin à dents de sabre de taille proche de celle du léopard.

- *Homotherium latidens* (Owen, 1848)

Les restes de grand machairodonte sont rares dans le registre ancien, et plus particulièrement le Pléistocène moyen, d'Europe de l'Ouest (4 ou 5 gisements en France). *Homotherium latidens* représente la forme évoluée du genre, dernière espèce reconnue avant son extinction. *H. latidens* a des canines supérieures à section plate, crénelées sur les deux arêtes antérieures et postérieures (mais ces crénelures s'estompent vite avec une faible usure, surtout sur la face antérieure).

La silhouette de cet animal, de la taille d'un lion actuel, se caractérisait par des membres antérieurs élancés, un cou plus fort et légèrement plus long que celui des lions. *Homotherium* comme les autres félins spécialisés (dont le guépard, ou *Megantereon*) voit sa niche écologique progressivement supplantée par les panthérinés (lion et léopard), moins spécialisés, qui arrivent en Europe de l'Ouest dès la seconde partie du Pléistocène inférieur. Cette concurrence mène à l'extinction de l'espèce vers 800 000 ans.

Les *Homotherium* n'ont pas subsisté, en Europe de l'Ouest, après la glaciation du Mindel, celui de la brèche de Montmaurin étant même un des derniers. L'analyse pollinique a en effet permis à M. Girard (1973) de dater ce niveau de l'interglaciaire Mindel-Riss.

Présent dans la chaîne pyrénéenne, il n'est pour l'instant pas mentionné en Ariège.

LES CANIDÉS

La famille des *Canidae* (Gray, 1821) est représentée dans les Pyrénées par trois genres issus de deux lignées : le genre *Canis* et le genre *Vulpes* issus de la lignée des *Caninae* (caractérisée par une carnassière inférieure à talonide bicuspide) et le genre *Cuon* issu de la lignée des *Cuoninae* (talonide de la carnassière inférieure à un seul denticule).



©Loup, photographie R. Clerc

GENRE *Canis (*Linnaeus, 1758)

Le genre *Canis* est représenté dans le Sud de la France depuis le début du Quaternaire par deux espèces distinctes : *Canis etruscus* et *Canis lupus ssp.* Le loup en particulier regroupe un certain nombre de sous-espèces (voir ci-après).

- *Canis etruscus* (Forsyth Major, 1877)

Au cours du Pléistocène inférieur et moyen, différentes espèces de canidés ont été identifiées. Le premier arrivé en Europe est *C. etruscus* autour de 2,2 Ma suivi de près par *Canis arnensis* (syn. = *Canis apolloniensis*, Koufos et Kostopoulos, 1997) ; *Canis senezensis (*Martin, 1973) ; *Canis accitanus* (Garrido et Arribas, 2008)). Ces deux espèces du Pléistocène inférieur vont perdurer jusqu'au milieu du Pléistocène moyen aux côtés d'une nouvelle espèce, *C. mosbachensis*, qui apparaît à la fin du Pléistocène inférieur.
Brugal & Boudadi (2011) distinguent deux groupes évolutifs : *C. arnensis* et le groupe *C. etruscus-mosbachensis* qui serait l'ancêtre direct de *Canis lupus* (Linnaeus, 1758).
Nous retrouvons plusieurs fragments (une portion de mandibule et une carnassière supérieure) dans le Pléistocène inférieur de Montoussé 5.

- *Canis lupus* (Linnaeus, 1758)

Le loup vrai est présent dans le registre Paléontologique depuis le Pléistocène moyen. Les études paléontologiques successives et plus récemment les analyses génétiques menées sur les formes les plus récentes, montrent que les différentes espèces reconnues depuis ces phases anciennes font partie d'une unique espèce, le loup *Canis lupus,* au sein de laquelle nous distinguons plusieurs sous-espèces successives jusqu'au chien *Canis lupus familiaris.* Ainsi se succèdent quatre espèces : *Canis lupus lunellensis-Canis lupus santeniensis-Canis lupus maximus-Canis lupus lupus*.

Le loup est une espèce fréquente dans le registre fossile. Le loup est un animal assez souvent cité dans les gisements pyrénéens, avec 85 mentions depuis le MIS3 jusqu'à l'Holocène. S'il est fréquent dans les sites du MIS3, le loup est beaucoup plus abondant cependant dans les gisements magdaléniens (MIS2). Il est relativement abondant à Isturitz, surtout dans le Gravettien où R. de Saint-Périer (1952) mentionne une dizaine d'individus. Par rapport aux loups actuels, les dents sont de fortes dimensions.

Dans la grotte de l'Herm, de nombreux auteurs ont cité le loup, parmi lesquels Garrigou (1862) avec « un Canis plus petit que le loup » et Filhol qui a trouvé un squelette entier (Marty, 1883). Le cadre chronologique et la petitesse du spécimen posent la question.de l'attribution à la sous-espèce ancienne *Canis lupus lunellensis*. Autres gisements riches en restes de loups, la grotte de Malarnaud, de laquelle C. Suire (1969) a cité les dents conservées au Muséum de Bordeaux.

- Le Mas-d'Azil, rive droite du Mas-d'Azil
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grottes du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Moulis, grotte de Sendé
- Niaux, grotte de la Petite Caougno

Concernant le chien, il est maintenant démontré que le chien est présent, domestiqué, au côté des communautés humaines dès le Magdalénien. Si certains auteurs suggèrent l'existence du chien domestique dès le Gravettien, en Europe centrale, ces identifications sont encore discutées.

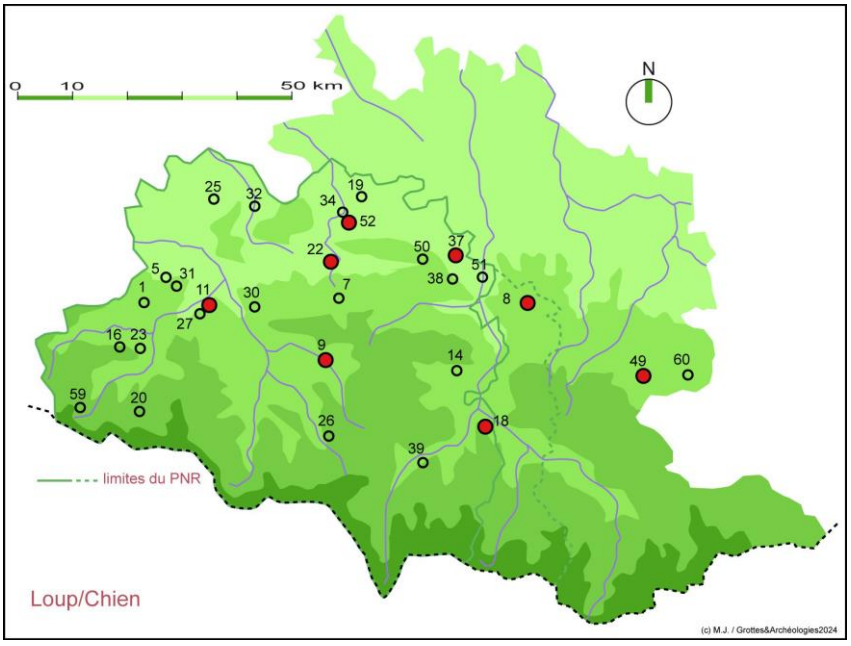
Au regard de ces nouvelles connaissances paléontologiques, la présence de loup/chien *Canis lupus ssp*. dans les sites tardiglaciaires pyrénéens ouvre de nombreuses perspectives de recherches pour réévaluer la présence potentielle du chien paléolithique en Ariège.

- Bénaix, grotte de Las Morts
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Niaux, grotte de la Petite Caougno

Si la taille du chien, pendant le Néolithique, apparaît moyenne et assez homogène, la diversification des formes s'accentue nettement pendant le dernier millénaire avant J.-C.



©Mandibule de loup, photographie Jean-Baptiste Fourvel



GENRE *Vulpes*


©Renard, Artiste Feldrik Rivat, Pôle International de la Préhistoire

Au cours du Pléistocène supérieur, les renards, très abondants, sont représentés par deux espèces, *Vulpes vulpes*, le renard commun, et *Vulpes lagopus*, le renard polaire. Ce dernier diffère du premier par sa plus petite taille et la spécialisation de sa denture (plus sécante que chez le renard roux). Dans chacune des deux lignées, il y aurait eu évolution, jusqu'à nos jours, vers une réduction du caractère broyeur de la dentition.

- *Vulpes praeglacialis* (Kormos, 1932)

Forme ancienne du Pléistocène inférieur, *Vulpes praeglacialis*, qui préfigure aussi bien le renard roux que le renard polaire, est un taxon rare. Présent dans la chaîne pyrénéenne, il n'est mentionné que dans deux gisements : la Caune de l'Arago à Tautavel d'une part et dans la brèche de Montoussé 4 d'autre part.

- *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758)

Pendant le Würm et l'Holocène, le renard devient un élément récurrent des faunes fossiles, avec respectivement 90 et 30 mentions dans les gisements pyrénéens. Après l'ours des cavernes, il est, de loin, le carnivore le plus fréquent. Cette abondance est peut-être le résultat d'une trogloxénie accrue.
Si l'utilisation de petits terriers est fréquente, le renard roux occupe régulièrement le milieu karstique. Ainsi des restes de renards roux, nombreux, ont été reconnus dans une vingtaine de cavités des Hautes-Pyrénées et des Pyrénées-Atlantiques, d'âge holocène à subactuel, jusqu'à une altitude maximale de 1 650 m (Clot, 1989).

Le renard roux enregistre une réelle variabilité morphométrique où les populations fossiles sont tantôt plus robustes tantôt plus graciles que les populations pyrénéennes actuelles (Clot, 1980).

Parmi les nombreux gisements ariégeois, on retrouve le renard en abondance dans quelques sites majeurs parmi lesquels Malarnaud, Massat, le Mas-d'Azil ou encore l'Herm. Il est représenté parfois par plusieurs centaines de restes comme dans le Moustérien du Portel-Ouest.

- Bénaix, grotte de Las Morts
- Le Mas-d'Azil, rive droite du Mas-d'Azil
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grottes du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé

- *Vulpes lagopus* (Linnaeus, 1758)

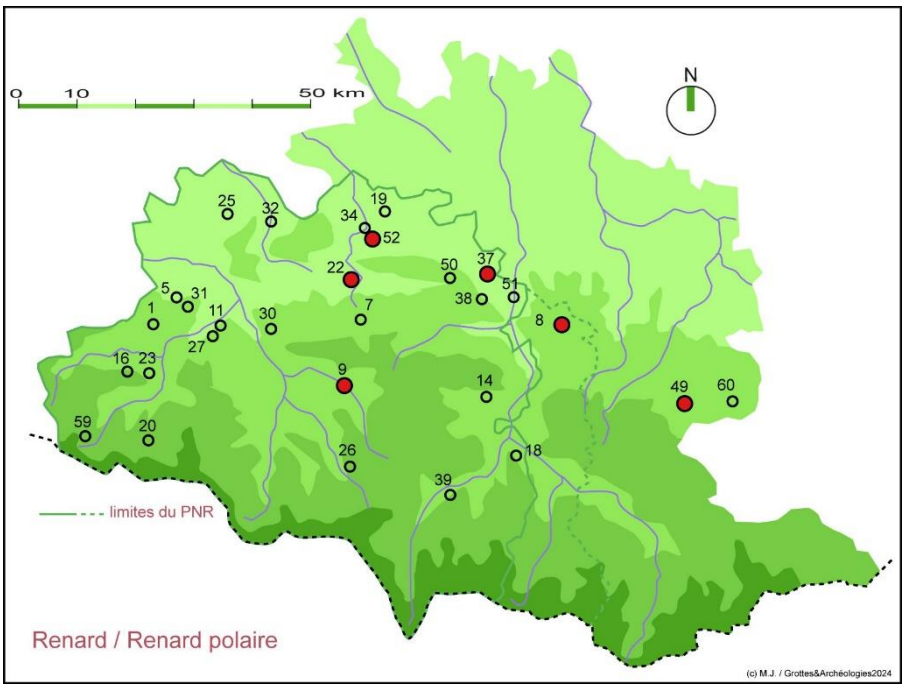
Longtemps rapporté au genre mono-spécifique, *Alopex*, les analyses phylogénétiques récentes ont démontré le rapprochement entre le renard polaire et le renard roux, le rapportant finalement au genre *Vulpes*. Le renard polaire, ou renard bleu, ou renard argenté, ou isatis, occupe de nos jours une aire de répartition très septentrionale, dans la toundra sans arbres qui s'étend autour des régions arctiques de l'Eurasie et de l'Amérique du Nord.

Fréquent dans le registre fossile, il n'est pourtant généralement représenté que par quelques pièces. Ainsi, le renard polaire est attesté dans les couches F2 et F3 du Portel-Ouest mêlé à une importante série de renard roux (Gardeisen, 1994).

- Loubens, grotte du Portel



©Renard polaire, photographie Nardhra



GENRE *Cuon*



©Cuon, photographie Wikipédia

Espèce actuellement confinée à l'Asie du Sud-Est, le dhole *Cuon alpinus* est un canidé sauvage de taille moyenne. Vivant en meute, il présente une denture spécialisée, sécante, un crâne au museau court et des arcades zygomatiques développées.
Hypercarnivore, il chasse et consomme des espèces de moyenne à grande taille comme le sambar *Rusa unicolor*. Présent dans le registre fossile européen, il n'en demeure pas moins rare. On reconnaît ainsi deux formes fossiles en Europe de l'Ouest : *Cuon priscus* du Pléistocène moyen et *Cuon alpinus* (parfois qualifié au niveau sous-spécifique de *Cuon alpinus europaeus*).

- *Cuon priscus* (Thenius, 1954)

Cuon priscus est un dhole robuste se distinguant de, *Cuon alpinus* par des proportions plus fortes ainsi que par la présence d'un important cingulum (bourrelet dentaire) sur la carnassière inférieure.

Présent dans le Pléistocène moyen, il a été identifié à la Caune de l'Arago. Du matériel de Montsaunès, en raison de l'ancienneté du site, est possiblement rapportable à cette espèce. Enfin, il a peut-être été signalé dans le Pléistocène de La Niche à Montmaurin.

- *Cuon alpinus europaeus* (Bourguignat, 1868)

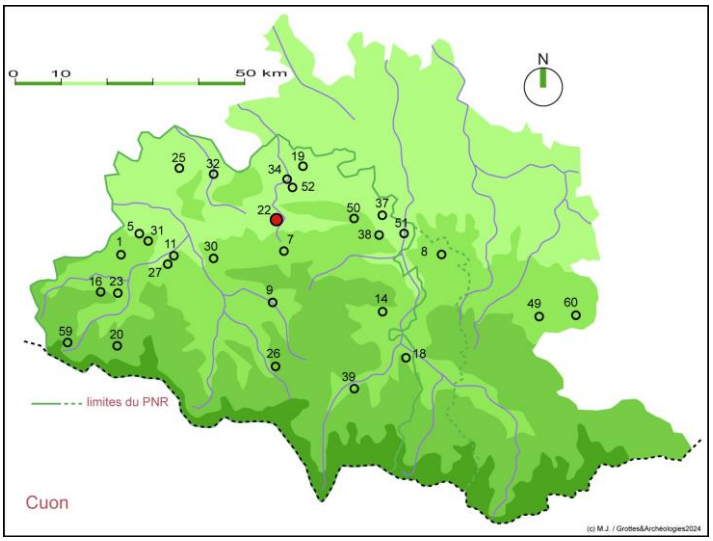
Ce dhole, de taille inférieure au précédent, se caractérise par une carnassière inférieure dont la longueur ne dépasserait pas 21 à 22 mm. Il s'agit très probablement de la forme évoluée de *Cuon priscus* du Pléistocène moyen.

Il est fréquemment identifié dans les sites du Pléistocène supérieur. En Ariège, Harlé (puis Dufour, 1989) identifie à Malarnaud au moins quatre mandibules de dhole plus ou moins fragmentées mais portant la carnassière (Harlé, 1898-1899). La grotte voisine de Soulabé (ou Las Maretas), toujours à Montseron, a livré, dans les argiles rouges fossilifères du Würm II, deux mandibules fragmentées de dhole, décrites par L. Pales (1929).

• Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé



©Dent de Cuon,
photographie Jean-Baptiste Fourvel



LES URSIDÉS



©Dessin ours des cavernes, Éric le Brun

La famille des ursidés regroupe des carnivores de grande taille plantigrades. Les dents relativement plates et très tuberculées signent un régime alimentaire bien plus omnivore qu'il a été pensé jusqu'alors. Les analyses isotopiques ou de micro-usure dentaire ont confirmé cette spécificité.
Dans le registre fossile on retrouve, entre le Pléistocène inférieur et supérieur, jusqu'à cinq espèces d'ours. *Ursus etruscus* pour le Pléistocène inférieur, *Ursus deningeri* pour la première partie du Pléistocène moyen et enfin *Ursus spelaeus, Ursus arctos* et *Ursus thibetanus* (parfois retrouvés en sympatrie dans les mêmes gisements pour ces trois dernières espèces). Certains auteurs reconnaissent une forme intermédiaire entre l'ours de Deninger et l'ours des cavernes type sous la forme *Ursus spelaeus deningeroides* (Argant, 1991)

- *Ursus spelaeus* (Rosenmüller et Heinroth, 1794)

Cette espèce représente le terme ultime de l'évolution du phylum de l'ours des cavernes, et n'a pas usurpé sa dénomination "des cavernes", car il est cité plus de 110 fois dans les grottes pyrénéennes.
Il s'agit d'un taxon très fréquent et parfois en très grand nombre. Son abondance est telle dans certaines couches qu'elles ont été dénommées niveau à ours ou tanière d'ours ou encore niveau à hivernation d'ours des cavernes. Ainsi, à Isturitz, des centaines d'ours sont venus mourir là, leurs squelettes sont enchevêtrés les uns dans les autres, comprimés, friables, extrêmement difficiles à extraire (Passemard, 1924). De tels repaires sont connus, par exemple, à Haristoy, Junqua, Couraü, Gargas, Coupe-Gorge et la Niche, L'Estelas, Malarnaud et Soulabé, le Mas-d'Azil, Massat supérieur, Bouichéta, l'Herm ...

Dans la grotte de l'Herm, Filhol (1881) parle de 400 individus environ, et L. Méroc (1973) pourra écrire : « Il y avait là des milliers de squelettes d'ours. » À Malarnaud encore, l'abondance des oursons est telle que la cavité est considérée comme une nurserie pour les oursons (Pales, 1971).

Outre les matériels paléontologiques, l'occupation du milieu karstique par les ours se traduit aussi par un riche enregistrement ichnologique (traces de passage et de vie des ours). On reconnaît ainsi de nombreux bioglyphes attribuables à l'ours des cavernes dont des empreintes, formant parfois de réelles pistes, des griffades sur parois argileuses ou rocheuses, des bauges, ou encore des polis de parois trahissant le passage répété des animaux. Toutes ces traces sont parfois présentes en un même lieu, comme la galerie aux Ours de la rive droite du Mas-d'Azil (Péquart, 1960-1963).

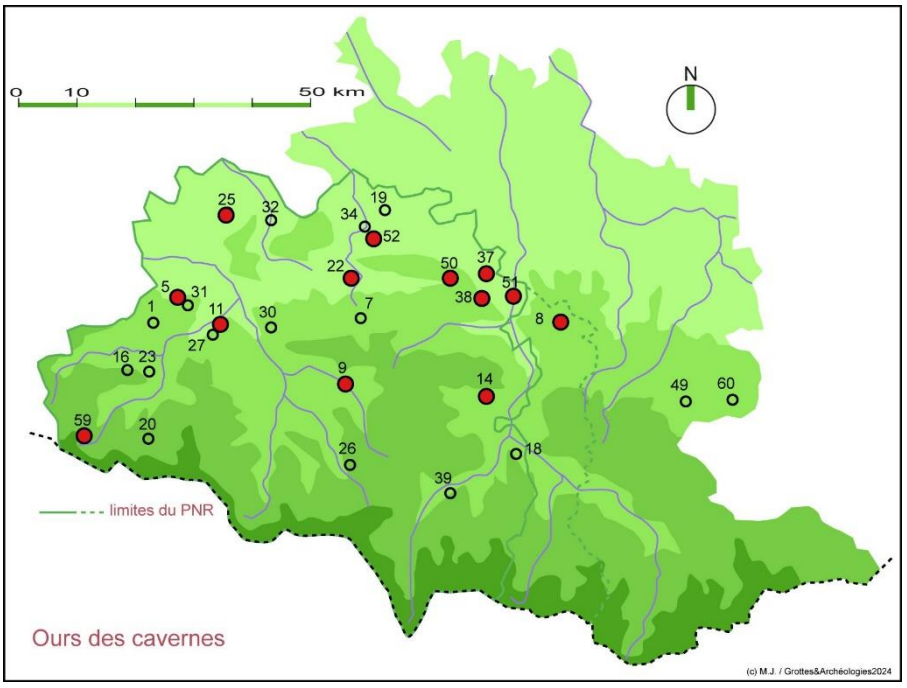
- Cavazet, grotte de l'Estelas
- La Bastide-de-Sérou, grotte d'Unjat
- Le Mas-d'Azil, rive droite du Mas-d'Azil
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grottes du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Moulis, grotte de Sendé
- Saint-Martin-de-Caralp, grotte Bernard
- Saurat, grotte de Siech
- Sentein, grotte de Martel-Cigalère



©Mandibule d'ours des cavernes, photographie Jean-Baptiste Fourvel



©Ours des cavernes de la grotte de Massat, Hominidés



- *Ursus etruscus* (Cuvier, 1823)

De la forme villafranchienne *Ursus etruscus* dériveraient simultanément la lignée *deningeri-spelaeus* et celle de l'ours brun actuel. Mais, pour cette dernière filiation, les fossiles « intermédiaires » sont très rares et l'on ne peut que remarquer les ressemblances morphologiques : profil crânien, dentition presque complète et membres allongés à aspect élancé.
Ursus etruscus n'est mentionné, dans les Pyrénées, que dans les brèches Pléistocène inférieur de Montoussé 5.

- *Ursus arctos* (Linnaeus, 1758)

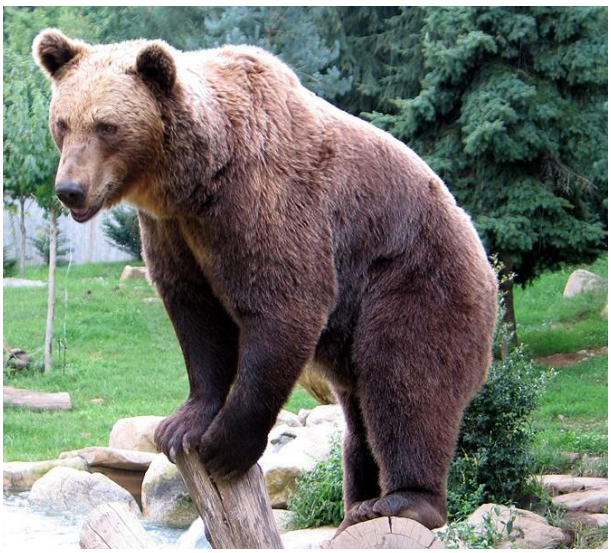
L'ours brun est souvent mentionné dans le registre fossile mais généralement dans des quantités bien moindres que l'ours des cavernes.

Certains spécimens, de forte taille, ont fait naître l'idée de formes spécifiques ou sous-spécifiques de grande taille dans le Pléistocène supérieur sous la dénomination d'*Ursus priscus* ou *Ursus arctos priscus*. C'est le cas d'une partie des crânes recueillis dans la grotte de l'Herm dont cinq ont été rapportés à *Ursus priscus* par E. Trutat ; H. Filhol en a longuement décrit un.

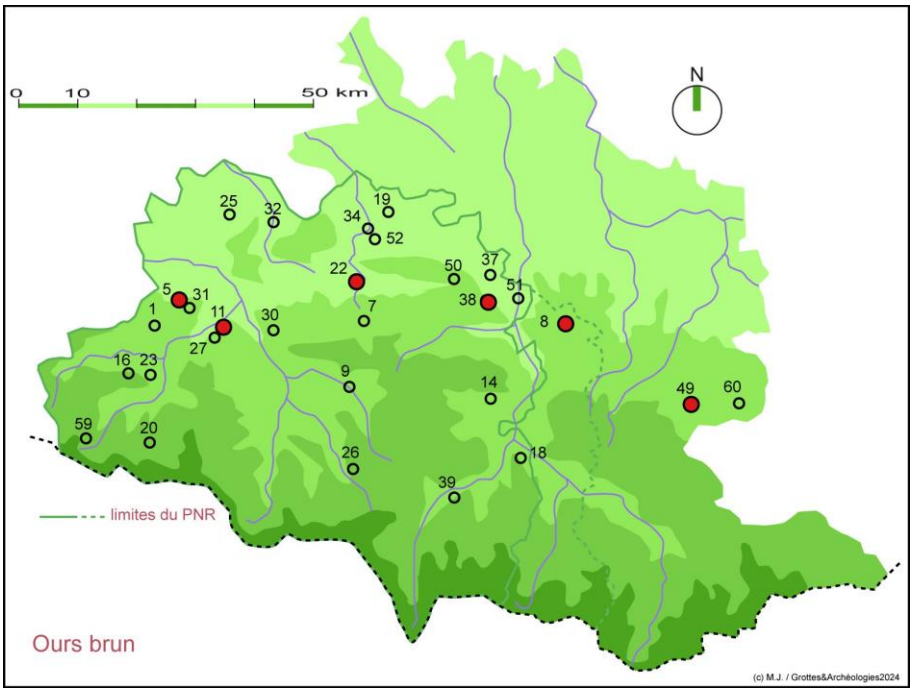
Une quarantaine de mentions d'ours bruns würmiens ont été relevées, dont 5 au Würm ancien, huit et quatorze aux Würm III et IV. À noter aussi un crâne de femelle de la grotte de Malarnaud, (collection Bégouën), décrit par Couturier en 1954 et rapproché d'*Ursus arctos*.
Dans les niveaux archéologiques holocènes, l'ours brun est cité 20 fois mais toujours avec peu de restes.

En revanche, des restes isolés ou des squelettes sont souvent découverts, ou recueillis, dans les cavernes tout au long de la chaîne, un premier inventaire donnant au moins 35 mentions.

- Cazavet, grotte de l'Estelas
- Bénaix, grotte de Las Morts
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Moulis, grotte de Sendé
- Saint-Martin-de-Caralp, grotte Bernard



Ours brun, Parc animalier des Pyrénées, photographie de Jean-Noël Lafargue



- *Ursus thibetanus* (Cuvier, 1823)

Ours de petite taille actuellement confiné à l'Asie, l'ours du Tibet a été reconnu dans des localités du Pléistocène moyen et du début du Pléistocène supérieur en France. Bien que rare, soulignons ici l'existence de l'espèce dans le Pléistocène de Montmaurin, La Niche (Crégut et *al.*, 2010).

LES MUSTÉLIDÉS


©Glouton, Spencer Wright

La famille des mustélidés regroupe des espèces variées depuis les plus petites belettes jusqu'au plus grand glouton et aux caractéristiques écomorphologiques tout aussi diversifiées. Cette famille regroupe des espèces inféodées aux milieux humides et ayant développé des spécificités ostéologiques propres à la locomotion en milieu humide (e.g. loutre) ou encore des espèces fouisseuses (e.g. blaireau).
Dans le registre fossile, les mustélidés sont très diversement représentés attestant de l'intérêt des scientifiques (e.g., études fines des rares restes gloutons contre un désintérêt de l'étude des restes de blaireaux malgré leur abondance) ou des méthodes de terrain et de collecte (e.g., rareté des restes de très petits mustélidés).

GENRE *Gulo*

- *Gulo gulo* (Linnaeus, 1758)

Le glouton est le plus grand représentant de la famille des mustélidés. Le mâle atteint 35 à 45 cm au garrot (14 à 28 kg), alors que la femelle est plus petite et moins lourde. Sa silhouette évoque le blaireau ou l'ours : trapu et puissant, son corps est épais, ses jambes courtes, terminées par des pattes larges et fortes munies de griffes longues et acérées. Sa formule dentaire comprend 38 dents (3/3 1, 1/ 1 C, 4/ 4 P, 1/2 M). Le glouton actuel habite les régions arctiques et subarctiques de l'Eurasie et de l'Amérique du Nord. Son habitat coïncide sensiblement avec celui du renne.

Le genre *Gulo* apparaît au Pléistocène moyen, avec l'espèce *Gulo schlosseri*. La forme du Pléistocène supérieur ne se distingue du glouton actuel que par sa taille un peu plus forte.

Le glouton est cité dans quatre gisements pyrénéens, notamment :
- L'Herm, grotte de L'Herm, à l'extrémité de la galerie du Canal, a fourni une mandibule décrite par M. Boule (1894) ;
- Saint-Martin-de-Caralp, grotte Bernard, un crâne presque intact, dans le diverticule au pied de la galerie Casteret, signalé mais non décrit par Bouchud et Bertouille (1968).

GENRE *Lutra*

- *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)


©Loutre, Franco Atirador

La loutre est remarquablement adaptée à la vie aquatique : tête aplatie, corps long, pattes courtes et queue bien développée. Sa denture comprend 36 dents (3/3 1, 1/ 1 C, 4/3 Pm, 1/2 M), avec une carnassière supérieure de forme presque triangulaire, dont la largeur égale la longueur ; la molaire supérieure a une taille voisine de celle de la carnassière, et est plus large que longue.

Ses restes sont rares dans les sites pléistocènes. Notons l'existence d'une mandibule inédite, mentionnée par Noulet (1873) mais non décrite, issue de la Galerie d'Amphitrite à l'Herm. Ce spécimen est actuellement conservé au Muséum de Toulouse (observation personnelle).

- L'Herm, grotte de l'Herm

- *Meles meles* (Linnaeus, 1758)



©Dessin de blaireau, Emmanuel Mercier

Le blaireau se rencontre de nos jours de l'Irlande à la Chine. Exclusivement nocturne, il rappelle le renard par ses mœurs souterraines. Avec environ 25 mentions holocènes ou subactuelles, il est un peu plus cité que ce dernier, dans de petites grottes où il est mort, ou dans des gouffres où il a été piégé, toujours au-dessous de 1 400 m d'altitude.
Contrairement au renard, il ne paraît guère s'aventurer en profondeur, avec un maximum, semble-t-il, de 50 à 60 m dans la galerie supérieure G.S.F. de Malarnaud, d'après la description de L. Pales (1971).

Le caractère fouisseur de cet animal le rend suspect, chronologiquement parlant, et ses restes osseux ont été parfois dédaignés. Il perturbe la stratigraphie comme au Portel.

- Cazavet, grotte de l'Estelas
- Bénaix, grotte de Las Morts
- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- Loubens, grotte du Portel
- Massat, grottes du Ker
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé
- Niaux, grotte de la Petite Caougno



©Mandibule de blaireau, photographie Jean-Baptiste Fourvel

Le blaireau est un élément moyennement fréquent dans les gisements wurmiens ou holocènes, aussi souvent cité que l'ours brun ou le grand félin des cavernes.

GENRE *Martes*

- *Martes martes* (Linnaeus, 1758) / *Martes foina* (Erxleben, 1777)



©Martre, photographie Mark Hamplin

Le genre *Martes* possède la même formule dentaire que le glouton mais une taille nettement plus faible (celle d'un chat domestique). Martre et fouine partagent nombre de caractéristiques morphologiques, odontologique et ostéologiques rendant la discrimination difficile sur la base de vestiges osseux ou dentaires fragmentaires.
La martre est présente dans la chaîne pyrénéenne dès le Pléistocène inférieur. Les brèches fossilifères de Montoussé 5 renferment une importante série paléontologique de martre ancienne, sous la forme de *Martes vetus*.

- Bénaix, grotte de Las Morts
- L'Herm, grotte de l'Herm

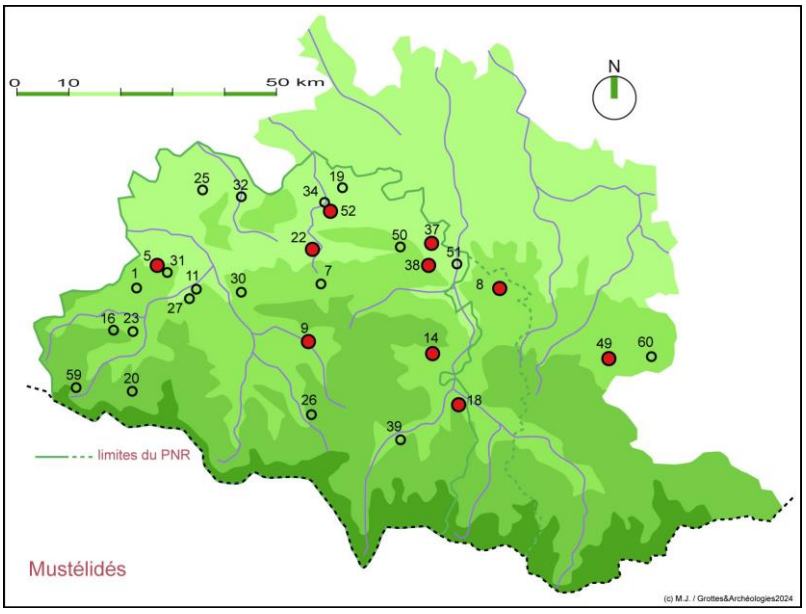
Dans le réseau Clastres de la grotte de Niaux ont été relevées les nombreuses empreintes d'une fouine, surchargeant occasionnellement des empreintes humaines, alors que le squelette complet gisait beaucoup plus loin, à plus de 500 m du point de chute de l'animal.

Très rare dans le Pléistocène pyrénéen, le genre *Martes* paraît surtout représenté par la martre. La fouine ne semble apparaître dans nos contrées que pendant l'Holocène où les deux espèces (martre et fouine) deviennent un peu plus abondantes, surtout la martre de la période néolithique dans la partie est de la chaîne.

- Saurat, grotte de Siech



©Fouine, photographie Zoologiste.com



GENRE *Mustela*



©Putois, photographie Malene Thyssen

Au sein des mustélidés eurasiatiques, le genre *Mustela* concerne les plus petits représentants de la famille (dont belette et hermine). Ces taxons n'ont pas fait l'objet du même soin ou du même intérêt scientifique que les espèces de plus grande taille malgré leur apport à la connaissance de la chronologie des sites ou de leur cadre paléoenvironnemental.
Ces vestiges, de très petite taille, ont été trop souvent perdus à la fouille. Si le développement des méthodes modernes participe à leur recueil au sein des refus de tamis, leur reconnaissance n'est pas systématique.

Le genre *Mustela* comprend une certaine diversité spécifique. Ainsi sont intégrés à ce genre le putois *Mustela (Putorius) putorius*, le putois des steppes *Mustela (Putorius) eversmanni*, les belettes (*Mustela praenivalis, Mustela nivalis)* et hermines (*Mustela palerminea, Mustela erminea)*.

- *Mustela (Putorius) putorius* (Linnaeus, 1758)

Le putois demeure une espèce relativement rare (en partie pour les raisons évoquées plus haut). Le registre pyrénéen est peu abondant. Le putois est cependant mentionné dans des sites à la chronologie ancienne : on le retrouve dans la brèche d'Estaliens, mais aussi dans le Pléistocène inférieur de Montoussé 6 (matériel disparu à ce jour) et à la Nauterie I.
Il existe quelques mentions pour le Pléistocène supérieur dont la Galerie du 18-Août à Gerde ou encore au Portel.

- Loubens, grotte du Portel

- *Mustela (Putorius) eversmanni* (Lesson, 1827)

Le putois des steppes est un excellent marqueur environnemental. Actuellement, on le rencontre dans une grande partie de l'Europe centrale (e.g. Yougoslavie, République tchèque) et ce jusqu'en Chine, principalement en milieu steppique. L'identification de restes fossiles de putois des steppes implique généralement un climat frais à froid (bien que l'espèce actuelle puisse endurer des étés chauds).
Il demeure une espèce rare dans le registre fossile français avec une mention ancienne (Pléistocène moyen) dans les Abîmes de la Fage en Corrèze (Hugueney, 1975) et des mentions plus « fréquentes » dans les sites du MIS3 (e.g., Fouvent, Haute-Saône, Fourvel et *al.*, 2015). Dans les Pyrénées, deux crânes issus des Trois-Frères attestent de la présence conjointe du putois commun et du putois des steppes (Estanove, 1939 ; Koby, 1951).

- *Mustela praenivalis* (Kormos, 1934) / *Mustela nivalis* (Linnaeus, 1766)

Dans le registre paléontologique, on reconnaît deux formes de belettes, une espèce ancienne propre au Pléistocène inférieur voire moyen, *Mustela praenivalis*, et une forme évoluée de la seconde partie du Quaternaire, la belette typique *Mustela nivalis*.
Si la présence de la forme ancienne a longtemps été évoquée dans la chaîne pyrénéenne avec les brèches Pléistocène inférieur de Montoussé, une étude récente a permis de clarifier le statut de ce petit mustélidé, dont nous savons maintenant qu'il s'agit uniquement de la belette typique *Mustela nivalis* (Thabard et Fourvel, 2022). Par ailleurs, soulignons ici qu'il s'agit alors de la mention la plus ancienne de belette pour l'ensemble du territoire national.

À partir de la seconde moitié du Pléistocène moyen, puis au Pléistocène supérieur, l'ensemble des restes sont attribuables à des belettes typiques *Mustela nivalis*. Ainsi, on la retrouve dans le massif pyrénéen dans la galerie nord-ouest et la salle de l'éboulis de Gerde, à Gargas, au puits de l'Ourse, ou encore à Nestier et Malarnaud (Clot et Duranthon, 1990).



©Belette, photographie Keven Law

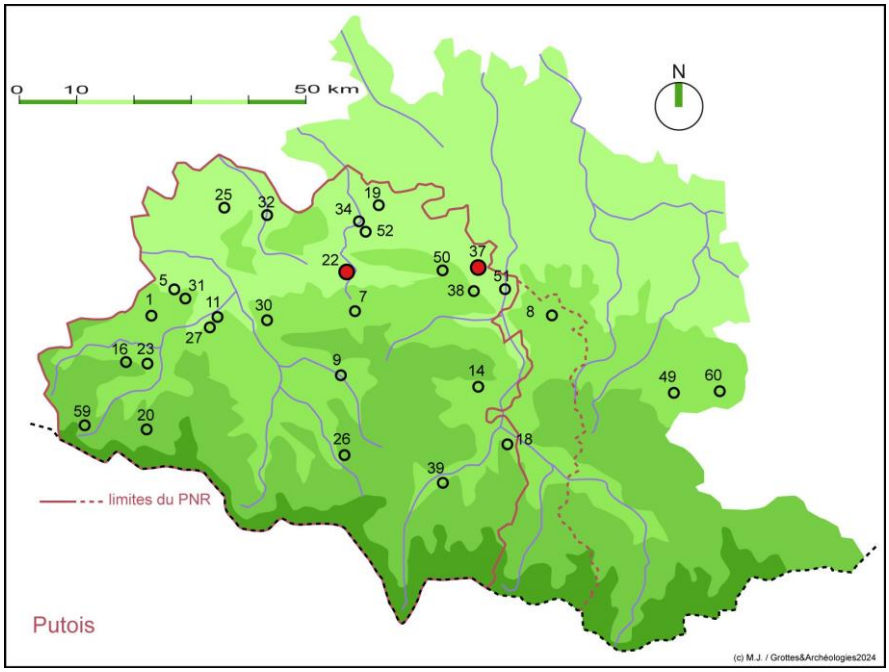
- Montseron, grottes de Malarnaud-Soulabé

  - *Mustela palerminea* (Pétenyi, 1864) / *Mustela erminea* (Linnaeus, 1758)

Comme pour la belette, deux formes d'hermine sont reconnues, une ancienne, *Mustela palerminea*, et une évoluée, *Mustela erminea*.
Comme pour *Mustela praenivalis*, alors que Clot et al. (1976a et b) suggère l'existence de *Mustela palerminea* à Montoussé, les travaux récents remettent en cause cette attribution, rapportant finalement l'ensemble du matériel à la belette (Thabard et Fourvel, 2022). Malgré tout, considérant la possible co-occurrence belette/hermine, il s'agira à l'avenir de réviser les collections pyrénéennes afin de valider ou identifier la présence conjointe de ces deux mustélidés.

GENRE *Martellictis*

La martre-lutrine (nommée ainsi en raison de la conformation de certains caractères dentaires assez comparable à la denture des loutres) est un genre (et espèce) éteint que l'on retrouve dans le registre fossile d'Europe de l'Ouest. Longtemps rapporté au genre *Mustela*, il a ensuite été distingué de celui-ci en rapportant des espèces particulières au genre *Enhydrictis* dont certains représentants (*E. praegalictoides*, *E. galictoides)* sont strictement insulaires (Sardaigne et Corse). Les travaux les plus récents tendent à distinguer les formes insulaires des formes continentales, rapportant ces dernières à un genre distinct *Martellictis*.
Ces espèces de mustélidés, distinctes des blaireaux, loutres et autre martres et putois sont rapportées à une sous-famille particulière, les *Ictonychinae* dont nous retrouvons actuellement des représentants aussi bien sur le continent africain (groupe des zorilles) qu'en Eurasie (groupe des putois marbrés) et en Amérique centrale et Amérique du Sud (groupe des grisons).
Il existe une mention de *Martellictis* pour l'ensemble de la chaîne pyrénéenne. Dans la brèche de Montoussé 5, du matériel est rapporté à une nouvelle espèce de *Martellictis* (en cours d'étude ; Thabard, inédit), renforçant le caractère unique du registre paléontologique pyrénéen.



LAGOMORPHES

L'ordre des lagomorphes est un ordre distinct des rongeurs. Outre les dents jugales non-radiculées très caractéristiques, à forme prismatique, les lagomorphes portent deux paires d'incisives supérieures au contraire des rongeurs. Cet ordre est représenté dans le Pléistocène européen par des espèces appartenant aux deux familles : les *Leporidae* (Gray, 1821), regroupant les lapins et les lièvres, et les *Ochotonidae* (Thomas, 1897), représentés par les lièvres siffleurs.

Les léporidés regroupent les différentes espèces de lapins et de lièvres. Ceux-ci sont rattachés au genre *Oryctolagus* (Lilljeborg, 1874), le lapin, ou *Lepus* (Linnaeus, 1758), le lièvre. Dans le registre fossile, on ajoutera le genre *Hypolagus*, représenté dans le Pléistocène inférieur de Montoussé 5 (Clot et *al.,* 1976).

- *Oryctolagus cuniculus* (Linnaeus, 1758) /
  *Lepus europaeus (*Pallas, 1778) / *Lepus timidus* (Linnaeus, 1758)

On retrouve communément dans les sites archéo-paléontologiques trois espèces pour le Pléistocène supérieur, à savoir le lapin de garenne *O. cuniculus*, le lièvre brun *L. europaeus* et le lièvre variable *L. timidus.*



©Lapin, photographie JJ Harrison

Les lapins de garenne (genre *Oryctolagus*) les plus anciens sont signalés à la Caune de l'Arago, à Montoussé 2 (Harlé, 1892), à la brèche d'Estaliens (Donard, 1982), et dans la couche 11 de Nauterie II, (Clottes, 1977). On retrouve ensuite le lapin régulièrement tout au long de la chronologie jusqu'à l'Holocène.

Le lapin a une signification climatique tempérée, sa présence indiquant un certain adoucissement climatique. Cependant, la valeur archéo-paléontologique du lapin est discutable. Fouisseur, les lapins ont, comme le blaireau, tendance à perforer les couches archéologiques, produisant de nombreux mélanges. Par ailleurs, la mortalité naturelle au sein des garennes amène souvent à collecter des restes de lapin à la fouille alors que ces pièces sont bien plus récentes que le matériel « associé ».

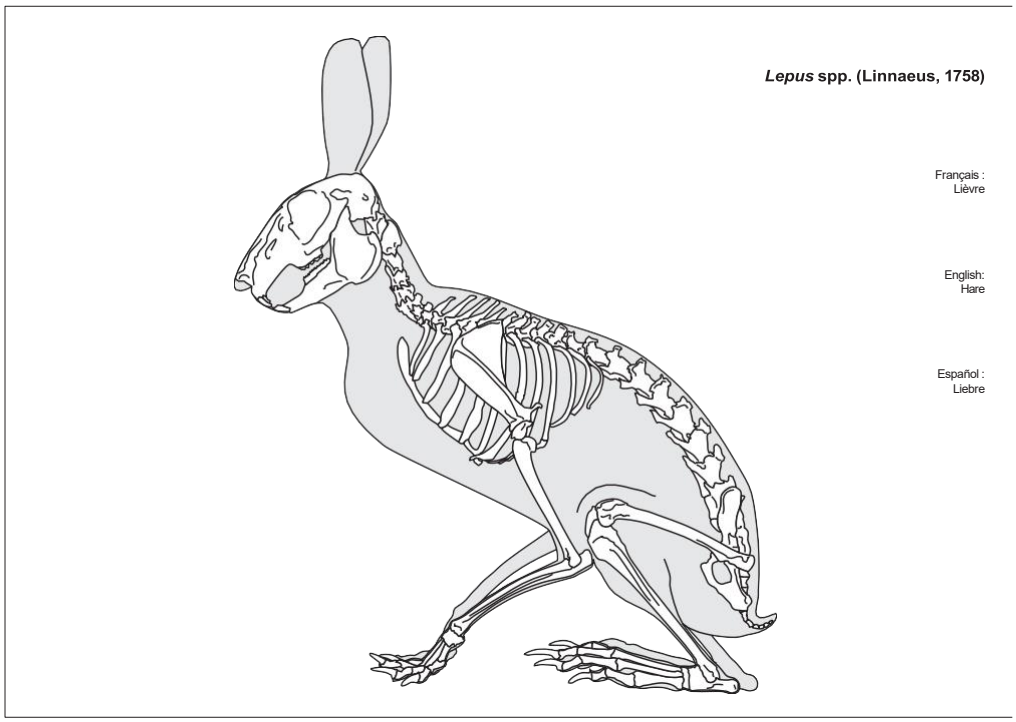
Le lièvre est, quant à lui, mentionné dès le Pléistocène inférieur et moyen de Montoussé 1, 2, 3, 4 et 6 (Donard, 1982) et sa présence est suspecté à Montsaunès et dans le Mindel-Riss ou le Riss de Nauterie 1. Le lièvre, outre les difficultés de détermination entre *L. timidus* et *L. europaeus*, n'est pas une espèce aussi courante que l'on peut l'imaginer. Seuls quelques restes de lièvre variable sont cités à Aurensan supérieur (Muséum de Bordeaux), dans l'Aurignacien de la tute de Camayot (Astre, 1939) ou de la grotte des Abeilles (Bahn, 1979), dans le Périgordien de Gargas (Bouchud, 1958) ou dans l'Epigravettien d'Isturitz (Passemard, 1944, Bouchud, 1951).

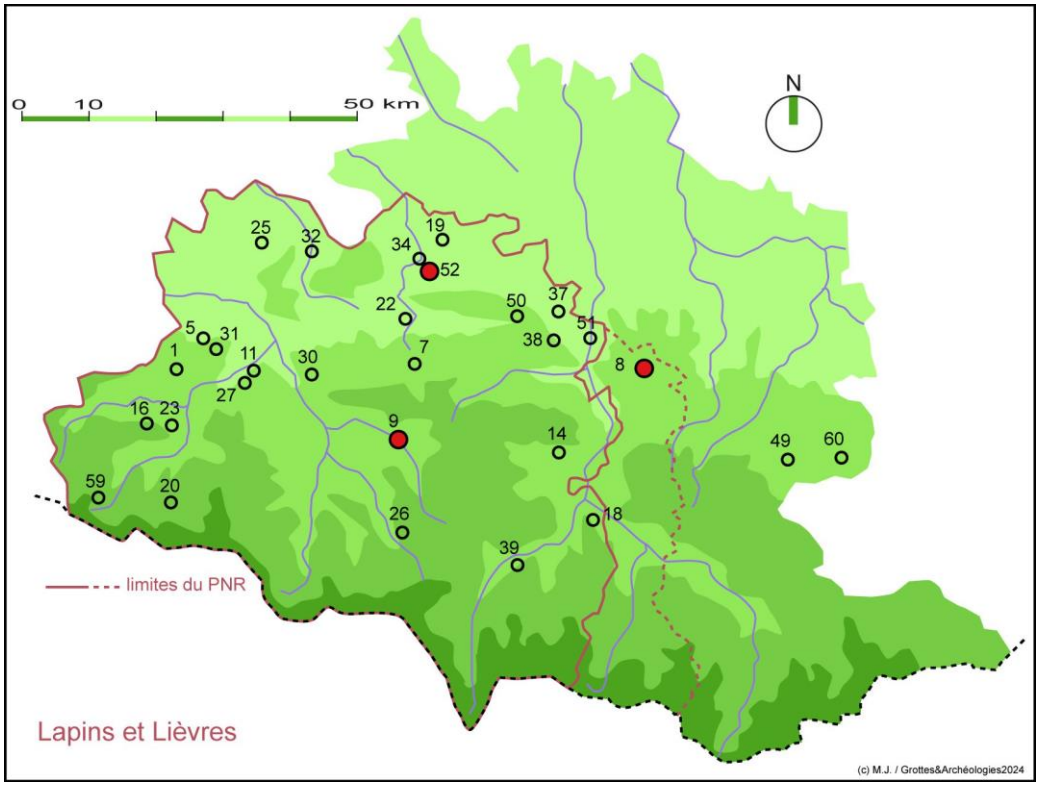
Le lièvre brun aurait été cantonné en Europe méridionale pendant les épisodes glaciaires. On le retrouve alors principalement à l'Holocène où il est cité dans 18 niveaux en stratigraphie, dès le Sauveterrien.



©Lièvre, photographie Jean-Jacques Boujot

- Le Mas-d'Azil, grotte du Mas-d'Azil
- L'Herm, grotte de l'Herm
- Massat, grottes du Ker





RONGEURS

L'ordre des rongeurs regroupe une quantité unique de genres et d'espèces de petite à très petite taille. L'intérêt biochronologique et paléoenvironnemental de l'étude des rongeurs n'est plus à démontrer. Dans le cadre du présent dossier, nous nous concentrons sur les espèces de grande taille pour lesquelles l'enregistrement archéo-paléontologique est rare.

Super-famille des *Sciuroidea* (Gill, 1872)



©Marmotte, photographie Sylvain Haye

GENRE *Marmota*

- *Marmota marmota* (Linnaeus, 1758)

Cette espèce est en général rencontrée dans des terrains découverts, exposés au sud. À côté de *Marmota marmota* (Linnaeus, 1758), la marmotte alpine actuelle ; les espèces pléistocènes ont été décrites comme *Marmota marmota primigenia* (Kaup, 1839), ou *Marmota marmota mesostyla* (Chaline, 1972).

E. Harlé (1892) l'ayant déjà reconnue dans trois sites, la marmotte est maintenant citée dans plusieurs gisements pyrénéens, surtout des Pyrénées centrales, de la fin de la glaciation mindélienne (ou du Mindel-Riss) à l'extrême fin du Würm, avec une plus grande abondance pendant le Würm ancien.

- Cazavet, grotte de l'Estelas
- Loubens, grotte du Portel

Famille des *Castoridae* (Hemprich, 1820) GENRE *Castor*

- *Castor fiber (*Linnaeus, 1758)

Si le castor est présent depuis le Pléistocène moyen, il apparaît beaucoup plus abondant dès la fin du Würm (MIS4-3) jusqu'à l'Holocène, avant de disparaître de nos régions. Son environnement est bien connu, lié à l'eau et au couvert forestier, sous forme de taillis marécageux ou d'étangs.

Il s'agit d'une espèce relativement rare dans le registre archéo-paléontologique du Sud-Ouest.

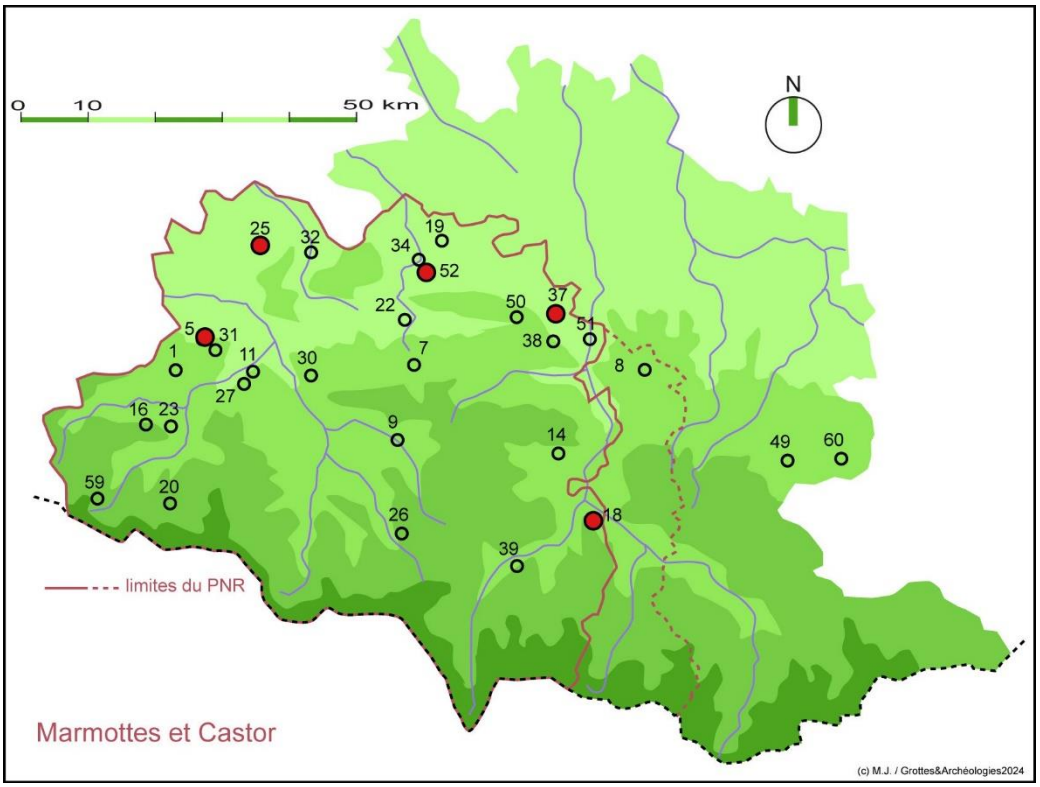
- Le Mas-d'Azil, dans la couche azilienne à galets coloriés de la rive gauche

Trois incisives, d'époque protohistorique, ont été citées par E. Harlé (1893) dans la collection Noulet au Muséum de Toulouse : à Niaux (sans doute Petite Caougno).

- Niaux, grotte de la Petite Caougno
- Tourtouse, grotte de Tourtouse



©Crâne de Castor, Archéozoo.org


0 10 50 km
N
25
32
19
34
52
22
50
37
51
38
5
31
1
11
30
7
8
27
16
23
9
14
49
60
59
20
26
18
39
limites du PNR
Marmottes et Castor
(c) M.J. / Grottes&Archéologies2024

ANNEXE E. COURRIER DE REPONSE AU CNPN CONCERNANT LA CLASSEMENT DES SITES A CALOTRITONS



Rattaché au Ministère de la Transition Ecologique et de Cohésion des Territoires
DGALN-DEB Tour Séquoia, 1 place Carpeaux, 92055 LA DEFENSE Cedex

Paris, le 16 octobre 2023

Olivier GUILLAUME,
Directeur technique
Station d'Ecologie Théorique et
Expérimentale UAR 2029 CNRS
2 route du CNRS
09200 MOULIS

Cher collègue,

Vous avez rencontré dernièrement Mr Roger Estève rapporteur du CNPN concernant le projet de création de la Réserve naturelle nationale souterraine de l'Ariège, et je vous en remercie.

Un des intérêts de cette Réserve est d'assurer la protection du Caléotriton, espèce endémique des Pyrénées. Le milieu des spéléos est opposé à la création de cette protection, la crispation se focalise autour des 2 cavités Siech et Vicdessos, utilisées comme grotte école et d'initiation par les amateurs comme par les professionnels. L'intérêt de maintenir dans la Réserve ces deux cavités est contesté par les spéléos qui affirment qu'il n'y a pas de différenciation génétique entre les populations de Caléotriton hypogée et épigée. L'argumentation des spéléos est de dire que l'espèce est abondante dans les exutoires de ces cavités, et que pour eux il n'est pas nécessaire de protéger les populations hypogées.

Ce problème de différenciation génétique est au cœur du débat de la création de cette réserve. Le CNPN souhaite avoir un éclairage le plus précis possible sur cette problématique, c'est pourquoi je me permets en tant que président du CNPN de vous interroger sur cette question…

Avec tous mes remerciements,

Bien cordialement,

Le président du CNPN,

Loïc MARION

STATION D'ECOLOGIE THEORIQUE ET EXPERIMENTALE DU CNRS A MOULIS
UAR 2029
2 ROUTE DU CNRS F- 09200 MOULIS

Monsieur le président du CNPN,

Par lettre du 16/10/2023 vous m'avez sollicité pour des compléments la question de la différenciation génétique de *Calotriton asper* sur les sites concernés par le projet de Réserve Nationale en particulier pour les grottes de Siech et de Vicdessos.
Une première étude publiée en 2010 (Mila et al. 2010) aborde cette question à l'échelle des Pyrénées françaises en intégrant un jeu d'échantillons des populations épigées et hypogées dont Siech et Vicdessos. La technique utilisée se base notamment sur LE polymorphisme de longueur des fragments amplifiés ou AFLP au niveau génomique. Les résultats révèlent plusieurs clusters sur le versant nord, Siech et Vicdessos appartenant sans surprise au vu de la distance qui les sépare (14 km) au même cluster. D'une façon générale l'étude fait ressortir les points suivants :

- « La variation des loci AFLP a révélé des niveaux élevés de structure génétique à travers la distribution de *Calotriton asper* dans les Pyrénées françaises à différentes échelles géographiques. La différenciation génétique marquée existe à l'échelle de différents bassins versants, mais aussi entre localités séparées par seulement quelques kilomètres. Même si les niveaux de polymorphisme en AFLP étaient relativement élevés et se situaient dans la fourchette trouvée dans des études antérieures menées sur des espèces à travers différents groupes de vertébrés (voir tableau récapitulatif dans Milot et al. (2007), les valeurs élevées de FST sur de nombreux locus et les degrés élevés de fixation allélique dans plusieurs populations (donnant des valeurs d'hétérozygotie très faibles) suggère le rôle de l'isolement à long terme et de la petite taille de population efficace. »
- Les valeurs de FST trouvées sont sans commune mesure avec des études similaires chez les amphibiens. Pour Siech les valeurs se situent au-dessus de 0.36 (qui correspond à la FST entre Siech et la population épigée de Ribaui (Aulus) séparées de 8 km à vol d'oiseau, 0.386 entre Siech et Courbière (épigée à 8 km également), 0. 494 entre Siech et Vicdessos (14 km) 0.714 entre Siech et la grotte Bernard distant de 14 km), ; pour Vicdessos (0.36 avec Ribaui distant de 12 km, 0.526 entre Vicdessos et Courbière (9 km).
- Pour retrouver des valeurs comparables, il faut regarder chez la grenouille venimeuse *Dendrobates pumilio* dans la Bocas de l'Archipel de Toro au Panama (Rudh et al. 2007), où les valeurs FST ont atteint 0,47 entre populations insulaires séparées par environ 25 km de mer. Nous sommes donc dans une situation de type insularité pour ces deux sites, comme pour les autres sites souterrains d'ailleurs (FST de 0.466 entre Labouiche et Grotte Bernard séparées de 5 km environ).

L'étude conclut : « Le manque de flux génétique perceptible entre de nombreuses populations de *C. asper* dans les Pyrénées françaises et la faible diversité génétique détectée chez beaucoup d'entre elles, suggèrent que la viabilité à long terme d'au moins certaines populations isolées pourrait être en danger.

Une seconde étude (Valbuena et al 2018) reprend la question à une plus large échelle en y ajoutant des sites espagnols et en adoptant la méthode des marqueurs microsatellites pour déterminer le degré d'apparentement entre populations. L'étude fait ressortir les points suivants :

- « Nous avons également constaté une situation inhabituelle avec un niveau élevé de différenciation génétique exprimé par les valeurs de FST parmi les populations. Ces valeurs sont les plus élevées jamais trouvées pour des comparaisons intraspécifiques d'une espèce d'amphibien jusqu'à présent. »
- « Les différences génétiques claires entre les populations hypogées et épigées suggèrent un long l'isolement de ces populations ».
- « Les grottes en tant qu'habitats pour *C. asper* doivent être traitées avec attention en raison de leur isolement et les faibles niveaux de diversité génétique. »

Une troisième étude (Lucati et al 2020) confirme les précédentes et souligne une diversité génétique plus élevée dans les populations de rivière, alors que les populations de lacs et de grottes semblent plus isolées avec très peu de « migrations » de gènes mesurées. En raison des faibles capacités de dispersion de l'espèce (corroborés par quelques études par marquage-recapture), les auteurs suggèrent que des événements modérés de connectivité ont eu lieu entre des populations relativement proches (4 km) au sein des lignées, alors que des événements de dispersion à longue distance au maximum 30 km seraient rares, par des individus emportés lors de crues importantes par exemple.

Enfin, De Pous et al. (2015) ont modélisés les effets du réchauffement global sur la répartition et la variabilité génétique du Calotriton des Pyrénées, en intégrant des capacités de dispersion spécifiques (basées sur des simulations) au modèle de prédiction (2020-2080). Le réchauffement climatique devrait fortement réduire l'aire de répartition de *C. asper*, entraînant une importante perte de diversité génétique, notamment dans les populations de petite taille et isolées.

Si l'impact du réchauffement climatique sur le milieu souterrain est encore mal évalué, les simulations indiquent des pertes d'habitats épigés en limite d'aire à basse altitude, contexte qui concernerait les aires géographiques incluant l'ensemble des cavités abritant des populations souterraines sur les deux versants. Dans le contexte actuel, il reste probable que certains individus puissent être observés aux exutoires ainsi qu'aux pertes. Actuellement, les bases de données locales et nationales ne font pas remonter d'éléments plaidant pour l'existence de populations épigées proches des cavités ou d'une expansion en surface des populations hypogées considérées. Pour Siech, Clergue-Gazeau (1971) après enquête indique que l'espèce n'a jamais été rencontrée dans les environs immédiats de la grotte, et qu'elle aurait par contre été vue dans un affluent de la rivière Saurat, le Galoch, situé à 2 km de la grotte mais qu'à l'époque de son travail, elle semblait avoir disparue de ce site. J'ai ouï-dire une observation dans un affluent de l'Arget et un affluent au fond de vallée de l'Arac, deux observations qui mériteraient d'être confirmées. Comme indiqué précédemment, une population est bien établie à Courbière à 8 km au sud-ouest vers 1500-1800m, mais les deux populations montrent une différenciation génétique notable par AFLP (0.384). Pour le secteur de Vicdessos, l'espèce est indiquée par Clergue-Gazeau dans le ruisseau de Montréal, dans la Grotte, et à 1400 m (Clergue Gazeau 1971). Ce toponyme ambigu indique la grotte dite de Vicdessos qui est l'objet de ce complément, alors que le ruisseau de Montréal doit correspondre au Goulier ou un affluent. De rares mentions plus récentes sans grande précision ni référence signale l'espèce dans le Goulier, ou du moins comme « potentiellement présente » dans un affluent (ruisseau d'Eynarrou) situé à environ 2 km à vol d'oiseau au sud-est de la grotte vers l'amont (cf. Demande d'autorisation de travaux, centrale hydroélectrique de Goulier). Des populations épigées sont bien identifiées au-dessus de 1500 m à Suc-et-Sentenac et Bassiès à respectivement 5 km, mais pas d'échantillon provenant de ces 2 populations n'a été analysé génétiquement. Je n'ai pas connaissance d'autres données, publications, rapports, ou éléments de la littérature grise mentionnant d'autres présences à proximité immédiate des deux cavités. Dans la perspective d'un effet négatif du réchauffement climatique sur les habitats épigés dans le secteur, cette hypothèse deviendrait de moins en moins probable, et nous assisterions donc plutôt à un renforcement de l'isolement de ces populations.

J'espère que vous trouverez dans cette synthèse les éléments objectifs vous permettant de statuer sur l'intérêt de ces 2 cavités pour le projet de RN.

Cordialement,



Moulis, le 23/10/2023

BIBLIOGRAPHIE

Abeille de Perrin, E. (1872). Séance du 13 mars 1872. Etudes sur les Coléoptères cavernicoles de l'Ariège, suivies d'un synopsis des Adelops pyrénéens (par De Saulcy) et d'un tableau des Anophthalmes français. Annales de la Société entomologique de France, série 5 2 (1): XVIII-XXII.

ADASEA 09. (2016). Document d'objectif de la ZPS Chars de Moulis et de Liqué, grotte d'Aubert, soulane de Balaguères et de Sainte Catherine, granges des vallées de Sour et d'Astien. Document d'objectif Natura 2000.

Agence départementale du Tourisme Ariège Pyrénées. (2020). Les chiffres clés du tourisme en Ariège Pyrénées. Foix.

Agreste. (2018). Mémento de la statistique agricole, Région Occitanie, chiffres 2017.

Aimé-Sintès, J. (2019). Du karst et des Hommes. Le Vercors, magazine du Parc naturel régional(76).

ANA-CEN Ariège (2012). Plans de gestion conservatoire de 8 sites inscrits au plan du PNR des Pyrénées Ariégeoises. Rapport final : bilan d'inventaires, évaluation patrimoniale et plans d'action, Expertises naturalistes, Alzen.

ANA-Cen Ariège (s.d.). Fiche Grotte de Las Morts

ANA-CEN Ariège. (2016). Document d'objectifs "Quiès calcaires de Tarascon-sur-Ariège et grotte de la Petite Caougno" . Département de l'Ariège.

Andrieux, C. (1969), Contribution à l'étude du climat des cavités naturelles des massifs karstiques, thèse, Université de Bordeaux, n°59, t. 1 et t. 2.

Andrieux, C. (1972), VI- Étude du climat de la grotte laboratoire de Soulabé en Ariège (cycle 1967-1968), dans Annales de Spéléologie 27 (1), p.5-77.

Andrieux, C. (1974), Premiers résultats sur l'étude du climat de la salle des peintures de la galerie Clastres, Niaux, Ariège, dans Annales spéléologiques, 29, I, p. 3-25.

Andrieux, C. (1977), Étude du climat des cavités naturelles dans les roches calcaires -Grotte de Niaux, Ariège), dans Gallia Préhistoire, 20-1, p. 301-322.

Andrieux, C. (1981) Climatologie souterrain en milieu karstique, Monuments historiques, 118, n°spécial Grottes ornées), 49-53

Andrieux, C. (1983) Étude des circulations d'air dans la grotte de Niaux, conséquences, Karstologia, 1, 19-24

Apel, L. (1996) Fichier spéléologique du comité spéléologique régional de l'Ariège – Grotte de Payssa. F.F.S.

Appel, L. (2010) Géologie des karsts de l'Ariege, dans Audra dir. Grottes et Karsts de France, Karstologia Memoires n°19, p. 270-271.

ARB. (s.d.). Agence Régionale de la Biodiversité. Consulté le mars 2020, sur https://www.arb-occitanie.fr/

Archives Départementales de l'Ariège, Fond Archives privées de Jean-Jacques Pouech (1848-1889), (71 J, et notamment 242 p. 41 et 42, 245 p. 155, 246 p.49 et 50, 253, 257, 260 p.97 - 105 et 131-132, 262, 264, 265, 267, 316, p.19 et 55.).

Arnaud, J., Gleizes, L. Pascault, B., Vigne, Ch. (2019) Institut de Formation, Recherche, Expertise En Milieux Souterrains – BP 737, boulevard de la Chaumette, 07 000 Privas Note Synthèse Méthodologie Description Evaluation Milieux Karstiques, 16 p.

Arthur, L., & Lemaire, M. (2009). Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Mèze: Biotope (Collection Parthénope) ; MNHN (Paris).

Association des Géologues du Sud-Ouest. (2014). Les géoressources du grand Sud-Ouest face aux défis du XXIe siècle. Colloque du Cinquantenaire de l'AGSO, (p. 245). Toulouse.

Astruc, J.-G., Bakalowicz, M., Biscaldi, R., Mangin, A. (1988) Étude des possibilités de surexploitation des aquifères karstiques de Midi-Pyrénées. Rapport. BRGM, Service géologique régional Midi-Pyrénées et laboratoire souterrain de Moulis (Ariège).

Audra, P., Barriquand, L., Bigot, J.-Y., Cailhol, D., & et al. (2016). L'impact méconnu des chauves-souris et du guano dans l'évolution morphologique tardive des cavernes. Karstologia n° 68, 1-20.

Audra, P., Bosak, P., Gasquez, F., Cailhol, D., Skala, R., Lisa, L., . . . Al-Farraj, A. (2017). Bat Urea-Derived Minerals in Arid Environment. First identification of Allantoin, C4h6n4o3, in Kahf Kharrat Najem Cave, United Arab Emirates. International Journal of Speleology, 46 (1), 81-92.

Audra, P., Bosak, P., Gasquez, F., Cailhol, D., Skala, R., Lisa, L., et al. (2017) Bat Urea-Derived Minerals in Arid Environment. First identification of Allantoin, C4h6n4o3, in Kahf Kharrat Najem Cave, United Arab Emirates. International Journal of Speleology, 46 (1), 81-92.

Audra, P., De Waele, J., Bentaleb, I., Chronokova, A., Kristufek, V., D'Angeli, I., . . . Sanz-Arranz, A. (2019). Guano-related phosphate-rich minerals in European caves. International Journal of Speleology, 48 (1), 75-105.

Audra, P., De Waele, J., Bentaleb, I., Chronokova, A., Kristufek, V., D'Angeli, I., et al. (2019) Guano-related phosphate-rich minerals in European caves. International Journal of Speleology, 48 (1), 75-105.

Autorité environnementale de Préfecture de Région. (2015). Avis de l'Autorité Environnementale pour l'extension d'une carrière de roche massive - société "Carrières Zago". Toulouse.

Baills, H., (1997), La relation sanctuaire-habitat : le cas de la grotte du Portel (Ariège) [The sanctuary-habitat relationship the case of the Portel cave site (Ariège)], dans Quaternaire, vol. 8, n°2-3, pp. 225-232. https://doi.org/10.3406/quate.

Bailly-Comte, V., Ladouche, B., Allanic, C., Bitri, A., Moiroux, F., Monod, B., et al. (2018) Evaluation des ressources en eaux souterraines du Plateau de Sault - Amélioration des connaissances sur les potentialités de la ressource et cartographie de la vulnérabilité. Rapport final. BRGM/PR-67528-FR

Bailly-Comte, V., Malard, A., Ladouche, B., Monod, B., Allanic, C., et al. (2023) Interprétation Hydrogéologique d'un modèle géologique 3D : application aux karsts du plateau de Sault. Karstologia, 82 2-2023, pp.31-42. ⟨hal-04921350⟩

Bailly-Comte, V., Ravaiau, N., Ladouche, B., Maréchal, J.C., (2019) Nouvelles observations au Puits P1 des Mijanes. Congrès National Fédération Française de Spéléologie 2019, La Ciotat.

Bailly-Comte, V., Ravaiau, N., Ladouche, B., Maréchal, J.C., (2023b) Nouveaux résultats sur le phénomène d'intermittence à la source de Fontestorbes, dans Karstologia, N°82.

Bakalowicz M., Biscaldi R., Mangin A., Marchet P., Marsaud B., Ricard J. (1992) Utilisation des réserves en eau d'un karst par pompage à gros débits, dans L'avenir de l'eau. Quelques réponses des sciences hydrotechniques à une inquiétude mondiale. Vingt deuxièmes journées de l'hydraulique, Société Hydrotechnique de France. Paris, 15-17 septembre 1992, 3 (22), p. 1-8.

Bakalowicz, M. (1979) Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification, thèse de doctorat, Université de Pierre et Marie Curie, 269 p.

Bakalowicz, M. (1992) Géochimie des eaux et flux de matières dissoutes, l'approche objective du rôle du climat dans la karstogénèse ; Karst et évolutions climatiques, Presse Universitaires de Bordeaux.

Bakalowicz, M. (1999). Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les régions karstiques. Guide technique n°3, SDAGE Rhône - Méditerranée - Corse, 40p.

Bakalowicz, M., Blavoux, B., Mangin, A. (1974). Apports du traçage isotopique naturel à la connaissance du fonctionnement d'un système karstique-Teneurs en oxygène-18 de trois systèmes des Pyrénées, France. Journal of hydrology, 23(1-2), 141-158.

Bakalowicz, M., Sorriaux, P. and Ford, D.C. (1984) - Quaternary glacial events in the Pyrenees from U–series dating of speleothems in the Niaux– Lombrives–Sabart caves, Ariege, France. Norsk Geografisk Tidsskrift, 38, 193-197.

Barace, J., & Herrera, L. (1980). Estudio faunístico del macizo de Quinto Real. III. Miriapodos quilopodos (Myriapoda, Chilopoda). Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, 4, 3-26.

Barber, A. (1992) Distribution and habitat in british centipedes (Chilopoda).- In : Meyer, E.; Thaler, K. & Schedl, W. (ed.). Advances in Myriapodology. - Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck Suppl. 10, 339-352.

Barber, A. (1992). Distribution and habitat in british centipedes (Chilopoda).- In : Meyer, E.; Thaler, K. & Schedl, W. (ed.). Advances in Myriapodology. - Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck Suppl. 10, 339-352.

Bareille, S., Boléat, C., & Carré, B. (2018). Plan régional d'actions en faveur des chiroptères Occitanie, 2018-2017. Conservatoire d'espaces naturels de Midi Pyrénées - groupe chiroptère Languedoc Roussillon. Toulouse: DREAL Occitanie.

Barrière, C. (1990) L'art pariétal du Ker de Massat (Vol. 5). Presses Universitaire du Mirail.

Barrière, C. (1990). L'art pariétal du Ker de Massat. PUM - Mémoires de l'institut d'art préhistorique, n°5, 140.

Barriquand, L., Bigot, J.-Y., Audra, P., Cailhol, D., Gauchon, C., Heresanu, V., . . . Vanara, N. (2021). Caves and bats morphological impacts and archaeological implications. The Azé préhistoric cave (Saône-et-Loire, France). Geomorphology, 388,107785.

Barrouquère G. et al. (1969) Interprétation microtectonique de la structure griotte. Académie des Sciences de Paris

Barrouquère G., Roux, L., Souquet, P. et al. (1962) Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/50 000e, feuille de St-Girons n°1074, XX-47, BRGM, p.42.

Base nationale des cavités souterraines. (s.d.). Consulté en avril 2020, sur Géorisque: https://www.georisques.gouv.fr/base-nationale-des-cavites-souterraines

Becam G., R. Vézian, A. Testu, A.-M. Moigne, M.G. Chacón Navarro, et al. (2019) Le site moustérien de la grotte du Portel-Ouest (Loubens, Ariège) : Rapport annuel de fouille programmée 2019, CNRS UMR 7194. 2019, pp.94

Beck, K. (2006). Étude des propriétés hydriques et des mécanismesd'altération de pierres calcaires à forte porosité. Minéralogie. Université d'Orléans.

Beck, P. (1942a) Note préliminaire sur la faune herpétologique des Hautes-Pyrénées. Bulletin de la Société Académique des Hautes-Pyrénées, Section des Sciences, 1ère séance, 1942: 48–57. ISSN 2724-9468 101 HERPHERP Société Herpétologique de France

Beck, P. (1942b) Quelques remarques sur la faune batrachologique du département des Hautes-Pyrénées. Bulletin de la Société Zoologique de France, 67: 85–87.

Bedos, A., Bourdeau, C., Bréhier, F., Deharveng, L., Faille, A., Guillot, F., . . . Sorriaux, P. (2021, mai 13). Démarche, sites et méthodes - réflexions pour servir à la constitution d'une RNNS en Ariège. Proposition SKAB "Spéléo Karsto Archéo Bio", 31.

Bedos, A., Bourdeau, C., Bréhier, F., Deharveng, L., Faille, A., Guillot, F., et al. (2021) Démarche, sites et méthodes - réflexions pour servir à la constitution d'une RNNS en Ariège. Proposition SKAB "Spéléo Karsto Archéo Bio", 31.

Bence, P. (2002). Rivière souterraine de Vicdessos.

Bensettiti F., H.-L. K. (2004). Cahiers d'habitats Natura 2000 - Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 5- habitats rocheux. Paris: La documentation française.

Bensettiti F., Herard-Logereau K., Van Es J. & Balmain C. (coord.) (2004). Mileu Souterrain Superficiel, Fiche 8310. Dans « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 5 - Habitats rocheux. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 381 p. + cédérom

Berge, F., Guinot, R. (1978) Caougno - Bulletin du Spéléo-club du Haut-Sabarthez, n°8 et n9

Berger-Levrault. (1970). Carte géologique de la France à 1/50000. Notice explicative de la carte de Saverdun. (729750-7-1970). Nancy: BRGM.

Bertrand, A., Bréhier, F., Dumas, P., Juberthie, C., Mangin, A., Cabrol, P., & Grassaud, M. (2002). Projet de Réserve Naturelle Souterraine de l'Ariège. Sites, Paysages, Nature. Toulouse: Préfecture de l'Ariège & DREAL Midi-Pyrénées.

Bertrand, A., Bréhier, F., Dumas, P., Juberthie, C., Mangin, A., Cabrol, P., et al. (2002) Projet de Réserve Naturelle Souterraine de l'Ariège. Sites, Paysages, Nature. Toulouse : Préfecture de l'Ariège & DREAL Midi-Pyrénées.

Bès, C. (2010) La fontaine intermittente de Fontestorbes, Ariège. Dans Grottes et karsts de France, Karstologia, p. 268.

Bigorme, J. (1986) Fichier spéléologique du comité spéléologique régional de Midi-Pyrénées, dossier de cavité naturelle et phénomènes karstiques, F.F.S, Ariège.

Bigot, J.-Y. (2014) La corrosion parietale des grottes par les aerosols d'origine animale. Dans Actes de la 23e Rencontre d'Octobre - Le Chatelard 2013, p. 14 – 21.

Bigot, J.-Y. (2022) Compte rendu de sortie du 9 février 2022 dans la grotte du Ker de Massat (Massat, Ariège), rapport, p.12

Bilgin, R., Gurun, K., Maraci, O., Furman, A., Hulva, P., Çoraman, E., . . . Horacek, I. (2012). Syntopic Occurrence in Turkey Supports Separate Species Status for Miniopterus schreibersii schreibersii and M. schreibersii pallidus (Mammalia : Chiroptera). Acta Chiropterologica, 14(2). https://doi.org/10.3161/150811012X661611, 279-289.

Bilotte M., Tambareau, Y. et Villatte, J. (1983). Le Crétacé supérieur et la limite Crétacé - Tertiaire en faciès continental dans le versant nord des Pyrénées. Géologie Méditerranéenne, t. X, n° 3-4, pp. 269-276

Bilotte, M. (1980). Le gisement d'Auzas (Maastrichtien des Petites Pyrénées), Stratigraphies, Environnements. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse -fasc. 1-2, 57-63.

Bilotte, M., Casteras, M., Peybernès, B., Rey, J., Taillefer, F. (1988b). Notice explicative de la feuille Foix à 1 / 50 000e, BRGM, p. 19.

Bilotte, M., Cosson, J., Crochet, B., PeyBernès, B., Roche, J., Taillefer, F., Tambareau, Y., Ternet, Y., Villatte, J. (1988). Notice explicative de la feuille Lavelanet à 1 / 50 000e, BRGM, p. 63.

Bilotte, M., Tambareau, Y., & Villatte, J. (1983). Le crétacé supérieur et la limite Crétacé-Tertiaire en faciès continental dans le versant nord des Pyrénées. Géologie Méditerranéenne, 10-3-4,, 269-276.

Blainville (de), H.M. (1838) Rapport en réponse à une lettre de M le ministre de l'Instruction publique concernant de nouvelles fouilles à faire dans la caverne à ossements de Fouvent-le-Bas près la ville de Gray (Haute-Saône). Compte rendu de l'Académie des Sciences – Paléontologie, vol. VII, p.1014.

Boireau, J., & Le Jeune, P. (s.d.). Etude du régime alimentaire du Grand rhinolophe Rhinolophus ferrumequinum (Schreber, 1774) dans quatre colonies du département du Finistère (France), Résultats et propositions conservatoires. GMB, 69 p.

Boissonnas, J. (1972) Notice explicative de la carte géologique 1/ 50 000e du Pic de Maubermé, XIX – 48, BRGM, carte géologique de la France, p. 24

Boléat, C., Carre, B., & Penvern, J. (2019). Liste hiérarchisée des gîtes à chiroptères d'intérêt majeur en Occitanie. Conservatoire d'Espaces Naturels de Midi-Pyrénées et Groupe Chiroptères Languedoc-Roussillon.

Bon F., Jarry M., Pallier C., Bruxelles L. (2023), La grotte du Mas d'Azil et ses Explorateurs. Dans Le Patrimoine, Histoire, Culture et Création d'Occitanie, p. 50-59.

Bonato, L., Barber, A., & Minelli, A. (2006). The European centipedes hitherto referred to Eurygeophilus, Mesogeophilus, and Chalandea (Chilopoda, Geophilomorpha): taxonomy, distribution, and geographical variation in segment number. Journal of Natural History, 40 (7-8), 415-438.

Bonato, L., Chagas Junior, A., Edgecombe, G., Lewis, J., Minelli, A., Pereira, L., . . . Zapparoli, M. (2016). ChiloBase 2.0 - A World Catalogue of Centipedes (Chilopoda). Available at https://chilobase.biologia.unipd.it.

Bonato, L., Chagas Junior, A., Edgecombe, G., Lewis, J., Minelli, A., Pereira, L., et al. (2016) ChiloBase 2.0 - A World Catalogue of Centipedes (Chilopoda). Available at https://chilobase.biologia.unipd.it.

Bonato, L., Zapparoli, M., Drago, L., & Minelli, A. (2016). An unusually elongate endogeic centipede from Sardinia (Chilopoda: Geophilidae). European Journal of Taxonomy, 231: 1-19.

Bonifay, M. F. (1971) Carnivores quaternaires du sud-est de la France. Éditions du Muséum.

Boscus, S., (2017) Le mégalithisme ariégeois et la question des dolmens simples en France Méridionale, mémoire de Master II, sous la direction de Vincent Ard, Université Toulouse II Jean Jaurès, 57 p.

Bosmans, R., Déjean, S., Oger, P., & Ponel, P. (2015) Description du mâle inconnu de Centromerus ictericus (Simon, 1929) N. Stat., N. Comb. (Araneae, Linyphiidae). Revue arachnologique, série 2, 2: 28-31.

Bosmans, R., Déjean, S., Oger, P., & Ponel, P. (2015). Description du mâle inconnu de Centromerus ictericus (Simon, 1929) N. Stat., N. Comb. (Araneae, Linyphiidae). Revue arachnologique, série 2, 2: 28-31.

Bou, C. (2000). Note pour le premier projet.

Bou, C. (2017) Inventaire des crustacés.

Bouchud, J., Bertouille, H., & Bertouille, M. (1968) La prospection géologique et paléontologique des avens. Etudes préliminaires faites dans la grotte Bernard (Ariège). Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles, 65(n°5-6), 139-443.

Boukhrary, M., & Abd El Naby, A. (2019). Tambareauella azilensis (Tambareau) n. gen. (Topotype), from Late Ypresian of Le Mas-d'Azil, southwestern France. Journal of African Earth Sciences, Volume 151- https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.11.026., 47-53.

Boulal, M. (1988). Recherches écologiques sur la faune de quelques puits de la région de Tiznit (Anti-Atlas occidental, Maroc). Thèse de 3ème Cycle, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech.

Bourges, F. (2018) Suivi environnemental des grottes ornées paléolithiques de Midi-Pyrénées : Grottes de Gargas, de Marsoulas, de Niaux, du Mas d'Azil et du Pech Merle, rapport annuel 2017, DRAC Occitanie, p. 144

Bouroullec, I., Delpont, G., & Grondin, V. (2006). Inventaire des cavités souterraines du département de l'Ariège (09) Rapport final.

Breuil, A., James, L. & Jeannel,L R. (1908) Les dernières pein-tures découvertes dans la grotte du Portel (Ariège). Dans Comptes rendus hebdomadaires de l'académie des sciences, 146, 1166-1168. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3100t/f1.item

BRGM (2017a) Couledoux Arbas – Estelas, Atlas des potentialités aquifères des formations pyrénéennes – projet POTAPYR – BRGM / RP-66912-FR, BRGM, p. 28.

BRGM (2017c) Aulus, Atlas des potentialités aquifères des formations pyrénéennes – projet POTAPYR – BRGM / RP-66912-FR, BRGM, p. 22.

BRGM (2017d) Projet Potapyr- Atlas des potentialités aquifères des formations pyrénéennes - Sourroque. Diagnostic des potentialités aquifères des formations de la chaîne pyrénéenne dans les départements des Hautes Pyrénées, de Haute-Garonne, et de l'Ariège (Porjet Potapyr), BRGM, Direction régionale Occitanie – site de Toulouse, Ramonville Saint Agne.

BRGM (2017e) Pays de Sault, Atlas des potentialités aquifères des formations pyrénéennes – projet POTAPYR – BRGM / RP-66912-FR, BRGM, p. 20.

BRGM, (2012) Actualisation de la synthèse hydrogéologique du département de l'Ariège, rapport final, BRGM/RP-60406-FR, p. 402

BRGM, (2017b) Tarascon, Atlas des potentialités aquifères des formations pyrénéennes – projet POTAPYR – BRGM / RP-66912-FR, BRGM, p. 24.

BRGM, INERIS, ARS, Préfecture de l'Ariège. (2016). Vivre dans une vallée minière, Etude environnementale et sanitaire du secteur minier de Salau, premiers résultats. Foix.

BRGM. (2017). Atlas des potentialités aquifères des formations pyrénéennes - massif de Sourroque - Projet Potapyr. BRGM/RP -66912-fr.

Brolemann, H. (1908) La haute vallée de la Neste (Myriapodes). Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse, 41, 57-67.

Brolemann, H. (1908). La haute vallée de la Neste (Myriapodes). Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse, 41, 57-67.

Brolemann, H. (1927) Trois myriapodes Français nouveaux. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 56 : 101-110.

Brolemann, H. (1927). Trois myriapodes Français nouveaux. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 56 : 101-110.

Brolemann, H.-W. (1930) Éléments d'une faune des Myriapodes de France - Chilopodes (Vol. Faune de France 25). Paris: Fédération Française des Société de Sciences Naturelles.

Brolemann, H.-W. (1930). Éléments d'une faune des Myriapodes de France - Chilopodes (Vol. Faune de France 25). Paris: Fédération Française des Société de Sciences Naturelles.

Brugal, J.-P., Jaubert, J. (1991) Les gisements paléontologiques pléistocènes à indices de fréquentation humaine : un nouveau type de comportement de prédation ? Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique, n°3. pp. 15-41.

Brustel, H., Charlot, B., Danflous, S., Déjean, S., Demerges, D., Faille, A., & Blanc, F. (2017). Amélioration et valorisation des connaissances sur les groupes d'invertébrés de Midi-Pyrénées en déficit de connaissance. Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie. La Région Occitanie.

Brustel, H., Charlot, B., Danflous, S., Déjean, S., Demerges, D., Faille, A., et al. (2017) Amélioration et valorisation des connaissances sur les groupes d'invertébrés de Midi-Pyrénées en déficit de connaissance. Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie. La Région Occitanie.

Bruxelles L., Beauvilliers M., Barriquand L ., Cailhol D ., Frouin M., Galant P., Genuite K., Le Guillou Y., Hoellinger S ., Jaillet S ., Kaniewski D ., Lartiges B., Leroux G., Otto T ., Pallier C., Pfendler S ., Pons-Branchu E ., Touron S ., Vanara N., (2021) – Impact de la biocorrosion sur les grottes ornées et les monuments historiques, rapport de 1re année de programme collectif de recherche, ministère de la Culture, Paris, 336 p.

Bruxelles L., Beauvilliers M., Barriquand L., Cailhol D., Frouin M., Galant P., Genuite K., Le Guillou Y., Hoellinger S., Jaillet S., Kaniewski D., Lartiges B., Leroux G., Otto T., Pallier C., Pfendler S., Pons-Branchu E., Touron S., Vanara N., (2022) – Impact de la biocorrosion sur les grottes ornées et les monuments historiques, rapport de 2e année de programme collectif de recherche, ministère de la Culture, Paris, 352 p.

Bruxelles L., Beauvilliers M., Barriquand L., Cailhol D., Frouin M., Galant P., Genuite K., Le Guillou Y., Hoellinger S., Jaillet S., Kaniewski D., Lartiges B., Leroux G., Otto T., Pallier C., Pfendler S., Pons-Branchu E., Touron S., Vanara N., (2023) – Impact de la biocorrosion sur les grottes ornées et les monuments historiques, rapport de 3e année de programme collectif de recherche, ministère de la Culture, Paris, 200 p.

Bruxelles, L. (2019). L'apport des travaux de Paul Ambert dans la connaissance de l'évolution géodynamique du Languedoc et l'émergence de la géoarchéologie. Actes du colloque international en Hommage à Paul Ambert, Paysages pour l'Homme » sous la direction de M. Laroche, L. Bruxelles, P. Galant et M. Ambert P., 62-69.

Bruxelles, L. (dir.) (2022) PCR - Impact de la biocorrosion sur les grottes ornées et les monuments historiques, rapport 1er année de triennal, p. 352.

Bruxelles, L., Dardenne, E., Dandurand, G., Pallier, C., Cuypers, T., & Bigot, J.-Y. (2021) Compte rendu de sortie du 5 juillet 2021 dans la grotte du Pas du Portel (Loubens, Ariège).

Bruxelles, L., Dardenne, E., Dandurand, G., Pallier, C., Ravaïau, N., Bayot J., Lebas, R., Bigot, J.-Y., (2021b) Compte rendu de sortie du 6 juillet 2021 dans les grottes de la commune du Mas d'Azil (Ariège), p. 13.

Bruxelles, L., Fabre, E., Dardenne, E., Bigot, J.-Y., & Cuypers, T. (2021) Compte rendu de sortie du 1er octobre 2021 dans la grotte de l'Espiougue (Esplas-de-Sérou, Ariège).

Bruxelles, L., Jarry M., Bon F., Cailhol D, Dandurand G. et Pallier C., (2018) La biocorrosion, un nouveau paramètre à prendre en compte pour interpréter la répartition des oeuvres pariétales, dans Karstologia n° 68, p. 21-30.

Bruxelles, L., Jarry, M., Bon, F., Cailhol, D., Dandurand, G., & Pallier, C. (2016) La biocorrosion, un nouveau paramètre à prendre en compte pour interpréter la répartition des oeuvres pariétales. Karstologia, n° 68, 21-30.

Bruxelles, L., Jarry, M., Bon, F., Cailhol, D., Dandurand, G., & Pallier, C. (2016). La biocorrosion, un nouveau paramètre à prendre en compte pour interpréter la répartition des oeuvres pariétales. Karstologia, n° 68, 21-30.

Bruxelles, L., Jarry, M., et al. (2016). La biocorrosion, un nouveau paramètre à prendre en compte pour interpréter la répartition des œuvres pariétales, dans KARSTOLOGIA n° 68, p. 21-30.

Cabrol, P., & Mangin, A. (2008) Karst in France and UNESCO world heritage. Acta carsologica, 37(1).

Cabrol, P., Grassaud, M., Bertrand, A., Bréhier, F., Dumas, P., Juberthie, C., & Mangin, A. (2002) Projet de Réserve Naturelle Souterrain de l'Ariège (p. 286). Direction régionale de l'environnement Midi-Pyrénées.

Cailhol, D. (2016). Bilan du Suivi Climatologique a Grotte des Gorges Amange (39) 2011-2016. Rapport de recherche, EDYTEM, Université de Savoie Mont-Blanc, UMR 5204 CNRS.

Cailhol, D. (2019). Les effets de la corrosion de condensation sur les parois de la grotte de Chenecey (Doubs, France). Actes du 14ème Congrès national de spéléologie, 173-178.

Cailhol, D., & Vanara, N. (2018) Étude des processus de condensation corrosion et de biocorrosion dans la grotte d'Espalungue, karst de la vallée d'Ossau. Projet Collectif de Recherches, Préhistoire ancienne de la Vallée d'Ossau, grotte d'Espalungue, rapport 2018, 4-9.

Cailhol, D., & Vanara, N. (2018). Étude des processus de condensation corrosion et de biocorrosion dans la grotte d'Espalungue, karst de la vallée d'Ossau. Projet Collectif de Recherches, Préhistoire ancienne de la Vallée d'Ossau, grotte d'Espalungue, rapport 2018, 4-9.

Cailhol, D., Bon F., Bigot J.-Y., Bruxelles L., Dandurand G., Jarry M., Pallier C., Vanara N., (2023) Influences de la corrosion de condensation et de la corrosion biogénique sur les parois et les dépôts de grotte, l'exemple de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France). Dans Préhistoire, Arts et Sociétés. Bulletin de la Société Préhistorique Ariège Pyrénées.

Cailhol, D., Bon F., Bigot, J.-Y., Bruxelles L., Dandurand, G., Jarry, M., Pallier, C., Vanara, N., (2024) How aerology and biocorrosion processes influence the morphologies of galleries and the conservation of the archaeological remains in Mas d'Azil cave (Ariège, France), dans International Journal of Speleology. (à paraître)

Cailhol, D., Bon, F., Bigot, J.-Y., Bruxelles, L., Dandurand, G., Jarry, M., . . . Vanara, N. (2021). Influence de la condensation et de la corrosion biogénique sur les parois et les dépôts de grotte, l'exemple de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France). Préhistoire et Cultures, bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées, tome 71, 7-28.

Cailhol, D., Bon, F., Bigot, J.-Y., Bruxelles, L., Dandurand, G., Jarry, M., et al. (2021). Influence de la condensation et de la corrosion biogénique sur les parois et les dépôts de grotte, l'exemple de la grotte du Mas d'Azil (Ariège, France). Préhistoire et Cultures, bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées, tome 71, 7-28.

Calvet, J.-P. (1988) La grotte de la mine du Pouech d'Unjat. Actes du colloque karst et mines. Soreze : Société de Recherches Spéléo-Archéologiques du Sorèzois et du Revèlois.

Calvet, J.P., Lebas, R. (1981) La grotte de la Mine du Pouech d'Unjat. Dans Inventaire spéléologique du Séronais, contribution à l'inventaire spéléologique de l'Ariège, Musée spéléologique du grand Sud Ouest, Toulouse, p. 82-109.

Calvet, M., Delmas M., Gunnell Y., Braucher R., Bourles D., (2011) Recent advances in research on Quaternary glaciations in the Pyrenees. Dans Ehlers, J., Gibbard, P.L., Hughes, P., Eds. Quaternary Glaciations. Extent and Chronology, a closer look Part

Canerot, J., (2008) Les Pyrénées - Tome 1 : Histoire géologique, Atlantica Editeur, 516 p.

Capera, J.-C., Courtessole, R. (1974) Contribution à la paléontologie et à la stratigraphie du Cambrien moyen et du Trémadoc inférieur des monts de Lacaune, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 110 (1-2), p. 93-101.

Carrere, F. (1954) Le réseau spéléo-hydrologique des grottes de Moulis et du Portillou (09) Com. nationa. spéléo., Paris, Bull n°2, t. 4, p. 24-27.

Cartailhac, E. (1895). Quelques faits nouveaux du Préhistorique ancien des Pyrénées. Quartzites de type Saint-Acheul dans la grotte de L'Herm. L'Anthropologie, t. V, 1-9.

Casteras, M., Destombes, J.-P., Raguin, E. (1969) Notice explicative de la carte géologique au 1/50 000e de la France, feuille de Vicdessos XXI-48, n°1087, BRGM.

Cauchois, P., & Theodorides, J. (1954). Résultats d'une exploration biospéologique Dans l'Ariège. Notes Biospéologiques, 9, 171-177.

CEN Rhône-Alpes (2017) Méthodologie de description et d'évaluation des systèmes karstiques et des cavités à enjeux, Document de travail, 88 p.

CEN Rhône-Alpes. (2015). Les milieux karstiques, patrimoines de la Terre et des Hommes. Vourles.

CETE du Sud Ouest. (2012). Recherche et caractérisation de gisements - Ariège (09) - Substitution aux matériaux alluvionnaires. Risques naturels, Environnement, Géologie et Géomécanique, Toulouse.

Chabot, G. (1925) Récents progrès de l'étude des phénomènes karstiques. Annales de géographies, n°192, pp. 481-494

Chauvet, C. (2015). Suivi des populations d'Euprocte des Pyrénées (Calotriton asper) et étude sur l'interaction avec les populations piscicoles introduites dans les cours d'eau du Parc national des Pyrénées. Internal report of the Pyrenees National Park.

Claustres M. (1992) Etang de L'Ers : de 1985 à 1991. Mont Beas-Zone des "A", Caougno, bulletin du spéléo-club du Haut-Sabarthez, n°16, p. 51-73

Clergue-Gazeau, M. (1971). L'euprocte pyrénéen. Conséquences de la vie cavernicole sur son développement et sa reproduction. Annales de Spéléologie 26, 825-960.

Clergue-Gazeau, M., & Martinez-Rica, J. (1978). Les différents biotopes de l'urodèle pyrénéen, Euproctus asper. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Tolouse 114, 461-471.

Clot, A. Duranthon, F. (1990) Les mammifères fossiles du Quaternaire dans les Pyrénées. Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse. p. 159

Clottes, J. (1973) Midi-Pyrénées, dans Gallia préhistoire, tome 16, fascicule 2, pp. 481-523.www.persee.fr/doc/galip_0016-4127_1973_num_16_2_1457

Clottes, J. (dir.), (2010), La France préhistorique : un essai d'Histoire, Gallimard, 550 p.

Clottes, J., Alteirac, A., & Servelle, C. (1981) Art mobilier des anciennes collections du Mas d'Azil. Bull.Soc. Prehist. Ariège.

Cochard, P. (2019). Découverte en Ariège de Lithobius pyrenaicus Meinert, 1872. Carnets natures, 6 : 3-5.

Code du Patrimoine : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006074236/2024-04-29/

Coiffait, H. (1959) Biospeologica LXXVII. Enumération des grottes visitées, 1950–1957 (neuvième série). Archives de Zoologie Expérimentale et Générale 97 (3), 209-465.

Coiffait, H. (1962) Monographie des trechines cavernicoles des Pyrénées Ariégeoises. Annales Spéléologies, 17(1). p. 119 - 170

Colomer, A., Montori, A., García, E., Fondevilla, C. (2014) Using a bioinspired model to determine the extinction risk of Calotriton asper populations as a result of an increase in extreme rainfall in a scenario of climatic change, Ecological Modelling, Volume 281, Pages 1-14, ISSN 0304-3800, https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.02.018. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380014001033)

Combes, C., & Knoepffler, L. (1963). Euproctus asper dans les Pyrénées orientales. Vie et Milieu 14(1), 149-154.

Comité départementaux du Tarn et de l'Ariège. (2010) Inventaire spéléologique du Séronais, Contribution à l'inventaire spéléologique de l'Ariège. Toulouse: Musée spéléologique du Grand Sud Ouest.

Comité français de l'UICN. (2010). Les espaces protégés français, une pluralité d'outils au service de la conservation de la biodiversité. Paris.

Comités départementaux de spéléologie du Tarn (Fédération Tarnaise de Spéléo-Archéologie) et de l'Ariège (1981), Inventaire spéléologique du Seronais – contribution à l'inventaire spéléologique de l'Ariège., Musée spéléologique du Grand Sud-Ouest, nouvelle édition 2010, p. 157.

Comités départementaux de Spéléologie du Tarn et de l'Ariège. (2010). Contribution à l'inventaire spéléologique de l'Ariège. Musée spéléologique du Grand Sud-Ouest.

Comités départementaux du Tarn et de l'Ariège. (2010) Inventaire spéléologique du Séronais, Contribution à l'inventaire spéléologique de l'Ariège. Toulouse: Musée spéléologique du Grand Sud Ouest.

Conseil national de la recherche archéologique (2023). Programmation nationale de l'archéologie – document de travail du CNRA 2023. https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/Archeologie/Ressources-documentaires/Programmation-nationale-de-la-recherche-archeologique/Programmation-nationale-de-la-recherche-archeologique-2023-document-de-travail

Conseil scientifique du PNR des Pyrénées Ariégeoises. (2015, printemps). La vallée du Vicdessos, de Sabart au bourg d'Auzat. Regards sur site - la lettre du Conseil scientifique(7), 4.

Conseil scientifique. (2020) Regard sur site - Autour du Mas d'Azil. SMPNR des Pyrénées Ariégeoises, Montels.

Cornédé, P.-T., (1971-1972) Les étapes de l'occupation humaine dans la vallée de Vicdessos, mémoire de maîtrise de l'Université Paris I.

Couchoud, I. (2006) Etude pétrographique et isotopique des spéléothèmes du sud-ouest de la France formés en contexte archéologique : Contribution à la connaissance des paléoclimats régionaux du stade isotopique 5. Sciences de l'Homme et Société. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I.

Coumont, M.-P. (2006) Taphonomie Préhistorique : Mammifères fossiles en contexte naturel, les avens-pièges, apport pour l'étude des archéophones. Thèse de doctorat. UFR Civilisations et Humanité Université Aix-Marseille I - Université de Provence, Aix-Marseille. p514.

Coumont, M.-P. (2009) Proposition d'un référentiel taphonomoqie fossile des faunes issues d'avens-pièges. Annales de Oaléontologie, 95(1), p.1-20

Crest, Y., (2017) Quantification de la dénudation glaciaire et postglaciaire dans l'orogène pyrénéen. Bilans comparés parmi des cirques et des petits bassins versants en contexte climatique océanique et méditerranéen à l'aide des nucléides cosmogéniques produits in-situ et de mesures topométriques sous SIG. Thèse de doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia. 426 p.

Crest, Y., Delmas M., Braucher R., Gunnell Y., Calvet M., ASTER Team, (2017) Cirques have growth spurts during deglacial and interglacial periods: evidence from 10Be and 26Al nuclide inventories in the central-eastern Pyrenees (France, Spain), Geomorphology 278, p. 60–77.

Croisiers de Lacvivier, M. (1884) Etudes géologiques sur le département de l'Ariège et en particulier sur le terrain crétacé. G. Masson, Paris.

Cucherrousset, J., Marty, P., Pelozuelo, L., & Roussel, J.-M. (2008). Portable PIT detector as a new tool for non-disruptivelylocating individually tagged amphibians in thefield: a case studywith Pyrenean brook salamanders (Calotriton asper). Wildlife Research 35, 780–787.

Cuvier, G., Brongniart, A., & Geoffroy Saint-Hilaire, E. (1812) Recherches sur les ossemens fossiles de quadrupèdes : où l'on rétablit les caractères de plusieurs espèces d'animaux que les révolutions du globe paroissent avoir détruites. Deterville. https://doi.org/10.5962/bhl.title.60807

Cuypers et al. (2023) Grotte de L'Espiougue, Esplas de Sérou (09), diagnostic écologique et patrimoniale Octobre 2023, Ana - Conservatoire d'espaces naturels Ariège, p. 54.

Cuypers T. et al. (2022) Perte du Portel - Loubens (09), diagnostic écologique et patrimoniale 29 Septembre 2022 - Rapport Ana-CEN Ariège. p. 85

Cuypers, T. (2018). Plan de gestion de La Grotte de Mérigon – Juin 2018. Rapport, Association des Naturalistes de l'Ariège. p. 46.

Cuypers, T. (2022) Diagnostic de vulnérabilité au changement climatique des cavités du Mas d'Azil, de Mérigon, de Tourtouse et d'Unjat. LIFE Natur'Adapt – Rapport ANA-CEN Ariège. 47p.

Cuypert, T., Boléat, C., Fleury, G., Fabre, E., Bruxelles, L., Dardenne, E., Bigot, J.-Y. (2021) Compte rendu de sorties des 29 et 30 septembre 2021 dans la grotte de l'Herm (L'Herm, Ariège), rapport, p. 8.

Cvijic, J. (1918) Hydrographie souterrain et évolution morphologie du karst. Dans Recueil des travaux Inst. Géogra. Alpine, Grenoble, 6, p. 375-429.

D'Angeli, I., Santagata, T., Tognini, P., Foianini, I., Audra, P., Cailhol, D., Valme, J., Miller, A., Saiz-Jimenez, C., De Waele, J. (2018). Late-stage condensation-corrosion in high mountain marble cave (Val di Scerscen, Bernina Massif, Valtellina, Italy). EGU 2018, Vienna.

Dalibard, M., Buisson, L., Riberon, A., & Lafaille, P. (2020). Identifying threats to Pyrenean brook newt (Calotriton asper) to improve decision making in conservation management: A literature review complemented by expert-driven knowledge. Journal for Nature Conservation 54 doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125801.

Dandurand, G. (2011) Cavités et remplissages de la nappe karstique de Charente (bassin de la Touvre, La Rochefoucauld). Spéléogenèse par fantômisation, archives pléistocène et holocène, rôle de l'effet de site. Geomorphologie. Universite Michel de Montaigne - Bordeaux III.

Danflous, S., & Déjean, S. (2014). Actualisation de la liste d'espèces déterminantes ZNIEFF d'Arachnides : Araignées et Opilions. Rapport C.E.N. Midi-Pyrénées, Toulouse: 24 pp. + annexes. [Validée en CSRPN le 14 novembre 2014].

Dauvois, M., Menu, M. (1991) Loubens – Grotte du Portel [notice archéologique], ADLFI. Archéologie de la France - Informations [En ligne], Occitanie, mis en ligne le 01 mars 1997. URL : http://journals.openedition.org/adlfi/10774 ; DOI : https://doi.org/10.4000/adlfi.10774

De Wever, P., Egoroff, G., Cornée, A., Lalanne, A. (2014) Géopatrimoine en France, Mémoires HS, Société Géologique de France, N°14, 180 p.

Debroas, E. (2009). Géologie du bassin versant du Baget (zone nord-pyrénéenne, Ariège, France): Nouvelles observations et conséquences. Assoc. Strata, 46, p.1–93.

Decker, P., Hannig, K., Voigtlander, K., & Wesener, T. (2015). Nachtrag zur Checkliste der Hundert- und Tausendfüßer (Myriapoda: Chilopoda, Diplopoda) und Artenverzeichnis der Zwerg- und Wenigfüßer (Symphyla, Pauropoda) Nordrhein-Westfalens. Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, 80, 5-22.

Degousée, J. M. A. (1847). Guide du sondeur, ou Traité théorique et pratique des sondages (Vol. 1). Langlois et Leclercq.

Déjean, S., & Danflous, S. (2016). Etat des lieux de la connaissance de la faune arachnologique (araignées et opilions) cavernicole sur la chaîne des Pyrénées (et quelques stations du Massif central). Actes 2016, des 5eme Rencontres Naturalistes de Midi-Pyrénées, 92-96.

Déjean, S., Danflous, S., & Oger, P. (2019). Le genre Leptoneta (Araneae, Leptonetidae) dans les Hautes-Pyrénées (France). Revue arachnologique, série 2 : 6, 2-9.

Déjean, S., Danflous, S., & Saintilan, A. (2012). Liste préliminaire commentée des Araignées (Araneae) de la région Midi-Pyrénées et discussion sur certains taxa. Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse, 148, 13-46.

Déliot, P. (1995). Coléoptères Trechinae et Bathysciinae peuplant le domaine souterrain du département de l'Ariège. Liste des espèces, localisations et observations. Ariège Nature, volume 5.

Déliot, P. (s.d. ("in litteris")). Document de travail sur les cavités pyrénéennes et observation faunistiques personnelles.

Delmas M. (2009) Chronologie et impact géomorphologique des glaciations quaternaires dans l'est des Pyrénées. Thèse de doctorat de l'Université Paris 1 PanthéonSorbonne, 529 p.

Delmas, M., Calvet M., Gunnell Y., Braucher R., Bourles D.L. (2011) Palaeogeography and 10Be exposure-age chronology of Middle and Late Pleistocene glacier systems in the northern Pyrenees: implications for reconstructing regional palaeoclimates, dans Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 305, pp. 109–122.

Delmas. M., Calvet, M., Gunnel, Y., Braucher, R., Bourlès, D. (2012) Les glaciations quaternaires dans les Pyrénées ariégeoises : approche historiographique, données paléogéographiques et chronologiques nouvelles, dans Quaternaire, 23, p. 61-85.

Delporte, H. (1979). Le Mas d'Azil : ses industries d'après la collection Piette. Étude préliminaire. Dans CNRS (Éd.), La fin des temps glaciaires en Europe. Chronostratigraphie et écologie des cultures du Paléolithique final, Colloque de Talence 1977 (pp. 615-621). Paris: SONNEVILLE-BORDES D. de (dir.).

Demange, J.-M. (1955). Myriapodes cavernicoles de France avec la description d'une espèce et d'une variété nouvelles. Notes biospéologiques, 10, 191-200.

Demange, J.-M. (1981). Les Mille-pattes Myriapodes. Généralités, morphologie, écologie, éthologie. Détermination des espèces de France. Paris: Boubée.

Demange, J.-M., & Serra, A. (1978). Étude des rapports de longueur des P.15 de quelques Lithobius cavernicoles de l'Espagne et des Pyrénées françaises. Description d'une espèce et une sous-espèce nouvelles. Speleon, 24, 39-54.

Demangeot, J. (1965). Géomorphologie des Abruzzes adriatique. Meynier André, Norais, n° 48. p. 499

Depous, P., Montori, A., Amat, F., & Sanuy, D. (2016). Range contraction and loss of genetic variation of the Pyrenean endemic newt Calotriton asper due to climate change. Regional Environmental Change,16(4), 995-1009.

Dietz, C., Von Helversen, O., & Nill, D. (2009). L'Encyclopédie des chauves-souris d'Europe et Afrique du Nord.

Dietz, C., Von Helversen, O., & Nill, D. (2009). L'Encyclopédie des chauves-souris d'Europe et Afrique du Nord.

Documentation du Service Régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, commune de Cazavet.

Documentation Service régional de l'Archéologie, commune de Balaguères (09.035.0003)

Documentation Service régional de l'Archéologie, commune de Balaguères (09.035.0004)

Documentation Service Régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, commune d'Esplas-de-Sérou.

Documentation Service Régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, commune de Benaix.

Documentation Service Régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, commune de l'Herm (SRA 09-138-0001).

Documentation Service Régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, commune de l'Herm (SRA 09-138-0002).

Documentation Service régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, Commune de la Bastide-de-Sérou.

Documentation Service Régional de l'Archéologie, Drac Occitanie, commune de Massat.

Documentation Service régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, commune de Montseron.

Documentation Service Régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, commune de Moulis.

Documentation Service Régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, commune de Niaux

Documentation Service Régional de l'Archéologie, Drac Occitanie, commune de Saint-Martin-de-Caralp.

Documentation Service Régional de l'Archéologie, Drac Occitanie, commune de Saurat.

Documentation Service Régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, commune de Vernajoul.

DREAL Occitanie. (2016). Inventaire du patrimoine géologique Midi-Pyrénées - fiches Ariège.

DREAL Occitanie. (2016). Inventaire du patrimoine géologique Midi-Pyrénées - fiches Ariège.

Dubois, C. (2004) L'industrie minière du zinc en France, mi XIXe à mi XXe siècle : le cas de la mine de Sentein, Pyrénées ariégeoises, thèse de doctorat d'histoire sous la direction de Paul Benoit, Université Paris 1 Sorbonne, 1439 p.

Dufour, R. (1989). Les carnivores pléistocènes de la caverne de Malarnaud (Ariège) : Collection E. Harlé, Muséum d'histoire naturelle de Bordeaux. Muséum d'histoire naturelle de Bordeaux.

Duménil, V. et Pace, B. (à paraitre, 2024) Une forme d'occupation à plusieurs visages : la place des grottes et des abris sous roche dans le système de peuplement sud-aquitain antique, dans Echanges et mobilités dans les Pyrénées occidentales, Archaia.

Durand, C., Pontcharraud, L., Bertrand, A., Brustel, H., Derenne, P., Maurel, C., . . . Spitz, F. (. (2004). Modernisation de l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (Znieff) en Midi-Pyrénées. Listes préliminaires d'espèces et cortèges de faune déterminants. 116: Espaces Naturels de Midi-Pyrénées, Ecole Supérieure d'Agriculture de Purpan, Conseil Supérieur de la Pêche, Ligue de Protection des Oiseaux Tarn, Nature Midi-Pyrénées, IRGM, INRA - DIREN Midi-Pyrénées, Union européenne.

Durand, C., Pontcharraud, L., Bertrand, A., Brustel, H., Derenne, P., Maurel, C., et al. (2004). Modernisation de l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (Znieff) en Midi-Pyrénées. Listes préliminaires d'espèces et cortèges de faune déterminants. 116: Espaces Naturels de Midi-Pyrénées, Ecole Supérieure d'Agriculture de Purpan, Conseil Supérieur de la Pêche, Ligue de Protection des Oiseaux Tarn, Nature Midi-Pyrénées, IRGM, INRA - DIREN Midi-Pyrénées, Union européenne.

Durand, J-M., (1950-1951) Essai de classification d'industrie holocènes en Ariège, d'après des « fossiles directeurs » de Las Morts, dans de la Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire, p 355.

Durand, J-M., (1958) La Préhistoire dans la Haute vallée de l'Hers - Las Morts, dans bulletin de la Société préhistorique de l'Ariège, T. XIII, p. 59 à 70. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9648120z

Duranthon, F., Orego, J.L., (1992) Rapport de fouille de sauvegarde d'urgent, Grotte du Pouech d'Unjat (09), Service Régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, 23 p. (RAP 04013).

EAUCEA. (2013). Plan de gestion des cours d'eau du bassin de la Lèze. Saint Sulpice sur Lèze: SMIVAL.

EauFrance (2017a). L'Arac, cours d'eau selon la version Carthage 2017. http://www.sandre.eaufrance.fr/geo/CoursEau_Carthage2017/O03-0400

EauFrance (2017b). La rivière d'Ars, cours d'eau selon la version carthage. http://www.sandre.eaufrance.fr/geo/CoursEau_Carthage2017/O03-0400https://www.sandre.eaufrance.fr/geo/CoursEau_Carthage2017/O0350530

EauFrance (2017c), Le Nert, cours d'eau selon la version carthage. http://id.eaufrance.fr/CoursEau_Carthage2017/O0390690

EauFrance (2017d). Ruisseau de Vicdessos, cours d'eau selon la version Carthage 2017. https://www.sandre.eaufrance.fr/geo/CoursEau_Carthage2017/O11-0400

Faille, A., & Pluot-Sigwalt, D. (2015). Convergent Reduction of Ovariole Number Associated with Subterranean Life in Beetles . PLoS ONE 10 (7)(e0131986. 10.1371/journal.pone.0131986 http://dx.doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0131986).

Faille, A., Bourdeau, C., & Deharveng, L. (2015a.). Weak impact of tourism activities on biodiversity in a subterranean hotspot of endemism and its implications for the conservation of cave fauna. Insect Conservation and Diversity 8 (3)(10.1111/icad.12097 http://dx.doi.org/10.1111/icad.12097), 205-215.

Faille, A., Bourdeau, C., Belles, X., & Fresneda, J. (2015c). Allopatric speciation illustrated: The hypogean genus Geotrechus Jeannel, 1919 (Coleoptera: Carabidae: Trechini), with description of four new species from the Eastern Pyrenees (Spain). Arthropod Systematics and Phylogeny 73 (3), 439-455.

Faille, A., Casale, A., Balke, M., & Ribera, I. (2013). A molecular phylogeny of Alpine subterranean Trechini (Coleoptera: Carabidae). BMC Evolutionary Biology 13 (1)(http://www.biomedcentral.com/1471-2148/13/248), 248.

Faille, A., Tänzler, R., & Toussaint, E. (2015b.). On the Way to Speciation: Shedding Light on the Karstic Phylogeography of the Microendemic Cave Beetle Aphaenops cerberus in the Pyrenees. Journal of Heredity:8(p. 10.1093/jhered/esv078 http://jhered.oxfordjournals.org/content/early/2015/09/30/jhered.esv078.abstract).

Fanzago, F. (1877). Sopra alcuni Miriapodi cavernicoli della Francia e della Spagna. Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, ser. 3, 67, 1-13.

Faucher, D. (1943). Le Néolithique des cavernes en Ariège, Las Morts (Abbé Durand). Dans Chronique : Premier congrès des Sociétés académiques et savantes, Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest. Toulouse, p. 335

Ferlus, J., (1913) Le Traouc del Fajal présente une faune ancienne, richement variée, dans L'Ariège Pittoresque, Revue hebdomadaire illustré, p. 2-3.

FFS & CEN Rhône-Alpes, (2015). Les milieux karstiques, patrimoines de la Terre et des Hommes, Editions Les cahiers techniques, 32 p.

Filhol, H. Filhol M. (1871). Description des éléments de Felis spelaea découverts dans la caverne de l'Herm, Ariège. Ann. Sciences Nat., 5ème série, XIV : 1-120.

Filhol, H., (1987). La grotte d'Aubert, dans Société de géographie de Toulouse, n°2, p. 119-122.

Fleury, G. (2024). Inventaire fourni par Guillaume Fleury, responsable des collections Préhistoire et Science de la Terre, mars 2024.

Fontan, A. (1858). Sur des dents humaines et des ustensiles humaines trouvés dans les cavernes à ossements de Massat (Ariège), dans compte-rendu de l'Académie des sciences, Tome 46, p. 900-903.

Fosse, P. (1994). Taphonomie paléolithique : les grands mammifères de Soleilhac (Haute-Loire) et de Lunel-Viel (Hérault). Thèse de 3ème cycle, Université Aix-Marseille I

Fosse, P. (1995). Le rôle de l'hyène dans la formation des associations osseuses : 150 ans de controverses. L'apport des anciens textes de préhistoire et de paléontologie du Quaternaire aux études taphonomiques actuelles. Paléo, 7, 49-84.

Fosse, P. Frerebeau, N. (2021). L'extinction des prédateurs au Pléistocène supérieur : éléments de chronologie directe et indirecte. 8e Journées REFRAIN, Aix-en-Provence, France.

Fourès, H. (1947). Localités inédites ou peu connues de coléoptères cavernicoles des Pyrénées françaises. Bulletin de la Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire 82 (3-4), 252-256.

Fourvel, J.B., Frerebeau, N., Magniez, P., Moigne, A.M., Vézian, R. (2021). Rennes, hommes et loups à la grotte ouest du portel (Ariège) : analyse paleoécologique et taphonomique de l'impact des carnivores de l'ensemble F-F3, dans Quaternaire, vol. 32/2, n°3, p. 183-202. https://doi.org/10.4000/quaternaire.15888

G. Becam, C. Perrenoud, V. Pois, A. Testu, A.-M. Moigne, et al. (2020) Le site moustérien de la grotte du Portel-Ouest (Loubens, Ariège). [Rapport de recherche] 1er rapport intermédiaire de fouille programmée triennale 2020-2022, CNRS, pp.87.

Gabrovšek, F. Dreybrodt, W. (2010) Karstification in unconfined limestone aquifers by mixing of phreatic water with surface water from a local input: A model,Journal of Hydrology, Volume 386, Issues 1–4, pp. 130-141, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.03.015

Gailli, R. (1980) Anthropomorphes extraordinaires de la Grotte du Ker de Massat (Ariège). Caesaraugusta Zaragoza, (51-52), 23-37.

Gall, J.C. (2003). Le patrimoine paléontologique de l'Europe, dans Naturopa, Mémoire du patrimoine, Conseil de l'Europe, N°99

Galop, D. (1998). La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées. 6 000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée. GEODE-LET-FRA.M.ESPA. Toulouse.

Galop, D. (2001). Les apports de la palynologie a l'histoire rurale. La longue durée des activités agropastorales pyrénéennes, dans Etudes rurales, 153/154 : pp.127-138.

Galop, D. (2005). La conquête de la montagne pyrénéenne au Néolithique. Chronologie, rythmes et transformations des paysages à partir des données polliniques. Populations néolithiques et environnement, Errance, pp.279-295.

Ganske, A., Vahterac, V., Danyid, L., & Edgecombre, G. (2020). Phylogeny of Lithobiidae Newport, 1844, with emphasis on the megadiverse genus Lithobius Leach, 1814 (Myriapoda, Chilopoda). Cladistics, 1-23.

Ganske, A., Vahterac, V., Danyid, L., et Edgecombre, G. (2020). Phylogeny of Lithobiidae Newport, 1844, with emphasis on the megadiverse genus Lithobius Leach, 1814 (Myriapoda, Chilopoda). Cladistics, 1-23.

Garcia Ruiz, A., & Serra, A. (2000). Nuevas citas de quilópodos (Myriapoda, Chilopoda) para la fauna de la Península Ibérica. Boletin de la Asociation Española de Entomologia, 24 (3-4) : 187-191.

Garcia, D., Bouiron, M. (2023). Atlas archéologique de la France, Coédition Inrap et Tallandier, 336 p.

Garcia-Ruiz J.M., Marti-Bono C., Pena-Monne J.L., Sancho C., Rhodes E.J., Valero-Garces B., Gonzalez-Samperiz P., Moreno A. (2013) Glacial and fluvial deposits in the Aragon Valley, central-western Pyrenees : Chronology of the Pyrenean Late Pleistocene glaciers, dans Geografiska Annaler Series A Physical Geography 95, p. 15–32.

Gardeisen, A., (1994). Restes fauniques et stratégies de chasse dans le Pleistocene supérieur de la grotte ouest du Portel (Anège, France). Thèse de doctorat de l'Université Paul Valéry, p. 484

Gardeisen, A. (1997). La grotte ouest du Portel, Ariège, France : Restes fauniques et stratégies de chasse dans le Pléistocène pyré-néen, dans British Archaeological Reports International Series, 673, British Archaeological Reports, Oxford, 352 p.

Gardes, P et Le Dreff, T (coord). (depuis 2016). Programme Collectif de Rercherche Fortipolis : nouvelles recherches sur les habitats fortifiés protohistoriques entre Garonne et Pyrénées. Avec les laboratoires d'archéologie de Toulouse (TRACES), de Pau (ITEM) et de Bordeaux (AUSONIUS).

Garrigou, F. (1867). Sur l'âge du bronze et du fer dans les Pyrénées ariégeoises, dans Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris, II° Série. Tome 2, pp. 184-214. (www.persee.fr/doc/bmsap_0301-8644_1867_num_2_1_4295)

Gasser, F. (1975). Recherches sur le status microévolutif de deux amphibiens Urodèles, l'espèce pyrénéenne Euproctus asper Dugès et l'espèce paleartique Salamandra salamandra L.: proteines et groupes sériques, cycles sexuels des femelles et morphologie. Toulouse: Université de Toulouse.

Gasser, F., & Clergue-Gazeau, M. (1981). Les protéines sériques de l'urodèle Euproctus asper Dugès. Éléments de différentiation génétique dans les Prépyrénées espagnoles. Vie Milieu 31, 297–302.

Gely, B., Cailhol, D., Clottes, J., Le Guillou, Lascu, V., Meyssonnier, M., et al. (2016). Pestera Coliboaia (Campani, Bihor) Grotte Ornee Aurignacienne De Roumanie. État D'avancement Des Etudes Pluridisciplinaires (2009-2014). Ifrao.

Genty, D., Blamart, D. Ghaleb, B. (2005). Apport des stalagmites pour l'étude de la grotte Chauvet : datations absolues U/Th (TIMS) et reconstitution paléoclimatique par les isotopes stables de la calcite. Bulletin de la Société préhistorique française, 102 (1), pp.45-62.

Geoderis. (2019). Diagnostic environnemental préliminaire - Secteur du Pic de la Fourque (Ariège). Rapport de synthèse, Montpellier.

Geoffroy, J.-J., & Iorio, E. (2000). The french centipede fauna (Chilopoda): updated checklist and distribution in mainland France, Corsica and Monaco. Soil organisms, 81 (3), 671-64.

Gèze, B. (1985). Origines et évolution de la Géospéléologie française, Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie, 2e série (tome 3), pp.11-25. https://www.annales.org/edit/archives/cofrhigeo/geospeleologie.html

Gheerbrant, E., & Teodori, D. (2021). An enigmatic specialized new euthérian mammal from the late Crétaceous of Western Europe (Northern Pyenees). Comptes-rendus Palevol, 20, p. 207-223.

Gheerbrant, E., et Teodori D. (2021). An enigmatic specialized new eutherian mammal from the Late Cretaceous of Western Europe (Northern Pyrenees), dans Palaeobiology and palaeobiogeography of amphibians and reptiles: An homage to Jean-Claude RagePalaeobiology and palaeobiogeography of amphibians and reptiles: An homage to Jean-Claude Rage. Comptes Rendus Palevol 20 (13): 207-223. https://doi.org/10.5852/cr-palevol2021v20a13

Goron, L. (1941). Les Pré-Pyrénées ariégeoises et garonnaises, Essai d'éludé morphogénique d'une lisière de montagne, thèse de Lettres, Toulouse, 886 p. 88 fig. 30 pi. 7 cartes.

Gosselet, J. (1884). Cours élémentaire de géologie, à l'usage de l'enseignement secondaire. 7e édition. Libr. classique Eugène Belin. Paris.

Gout, R., Simonnet, R., (1966). La grotte Bernard et le réseau le Fustié-Ste-Hélène dans le massif du St-Sauveur de Foix (Ariège)., Spelunca, 2, p. 97-102 ;

Gray, M. (2013). Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons.

Grégoire, J. (1882). Fouilles opérés par le compte du Musée de l'Ariège, Grotte de Campagnolle du Cair de Lirbart, dans Bulletin de la société Ariègeoise des sciences, lettres et arts, volume 1, p. 20-24.

Guérin, C. (1980). Les Rhinocerotidae (Mammalia, Perissodactyla) du Miocène terminal au Pleistoène supérieur d'Europe Occidentale comparés aux espèces actuelles. Documents du Laboratoire de Geologie de la Faculte des Sciences de Lyon, 79. https://doi.org/10.1016/S0016-6995(82)80077-6

Guilaine, J., (1967). La civilisation du vase campaniforme, Carcassonne, 225, 55 p.

Guilaine, J., (1972), L'Âge du bronze en Languedoc occidental, Roussillon, Ariège, Mémoires de la Société préhistorique française, Tome 9, 460 p.

Guillaume, O, Deluen, M., Raffard, A., Calvez, O., Trochet, A. (2020) Reduction in the metabolic levels due to phenotypic plasticity in the Pyrenean newt, Calotriton asper, during cave colonization. Ecology and Evolution, 10 (23), pp.12983-12989. 10.1002/ece3.6882 . hal03651851

Guillaume, O. (2000). Importance des communications chimiques dans le comportement social des urodèles cavernicoles, comparaison entre un cavernicole strict (Proteus anguinus L., Proteidae) et un cavernicole facultatif (Euproctus asper D., Salamandridae). Bull. Soc. Zool. Fr., 127, 263-272.

Guillaume, O. (2001). Données et hypothèses sur la chronologie de l'enfouissement et l'isolement des populations dsouterraines d'Euprocte des Pyrénées (Euproctus asper) en Ariège. Mémoires de Biospéologie, Tome 28, 80-83.

Guillot, F. (2009). Des hommes et des grottes, réflexions et questionnements pour une histoire médiévale du troglodytisme en France, dans Spelunca mémoires, n°34, p. 135-148.

Guillot, F. (2011). Vestiges et traces troglodytiques médiévaux autour de Tarascon-sur-Ariège. Archéologie du Midi Médiéval(Tome 29), 123-147.

Guillot, F. (2021). Niaux (Ariège). La grotte de Sibada, dans Archéologie médiévale, 50, p. 374. http://journals.openedition.org/archeomed/33721 ; https://doi.org/10.4000/archeomed.33721DOI

Gurun, K., Furman, A., Juste, J., Ramos Pereira, M., Palmeirim, J.-M., Puechmaille, S., . . . Bilgin, R. (2019). A continent-scale study of the social structure and phylogeography of the bent-wing bat, Miniopterus schreibersii (Mammalia : Chiroptera), using new microsatellite data. Journal of Mammalogy, 100(6). https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz153, 1865-1878.

Gurun, K., Furman, A., Juste, J., Ramos Pereira, M., Palmeirim, J.-M., Puechmaille, S., et al. (2019). A continent-scale study of the social structure and phylogeography of the bent-wing bat, Miniopterus schreibersii (Mammalia : Chiroptera), using new microsatellite data. Journal of Mammalogy, 100(6). https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz153, 1865-1878.

Hacquin L. (2020). Etude comportementale des chiroptères pour la protection physique de la mine du Pouech d'Unjat (09). Licence professionnelle Etude et Développement des Espaces Naturels – Université de Montpellier 25p.

Harang, C. (1970). Le Crétacé supérieur du synclinal d'Uchentein et du bassin d'Orgibet (Pyrénées Ariégoises), thèse de doctorat, Faculté des sciences de l'Université de Toulouse

Harlé, (1894). Restes de Marmottes dans la grotte de Lestelas, commune de Cavazet (Ariège), dans Bulletin de la société d'histoire naturelle de Toulouse. http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb34378174n

Harlé, E (1899). Catalogue de paléontologie quaternaire des collections de Toulouse. Musée d'Histoire Naturelle.

Hays, J. D., Imbrie, J., et Sackleton, N. J. (1976). Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages.Science n° 194,1121-1132.DOI:10.1126/science.194.4270.1121

Heim, J.L., Granat, J., (1995). La mandibule de l'enfant néandertalien de Malarnaud (Ariège), Une nouvelle approche anthropologique par la radiographie et la tomodensitométrie, dans Anthropologie et Préhistoire, 106, p. 75-96.

Heintz, E. (1970). Les cervidés villafranchiens de France et d'Espagne. Ed. du Muséum.

Hobléa, F., Häuselmann, P. et Kubik, P. (2011). Cosmogenic nuclide dating of cave deposits of Mount Granier (Hauts de Chartreuse Nature Reserve, France) : morphogenic and palaeogeographical implications. Géomorphologie : relief, processus, environnement. 2011 (4) : p. 395-406

Hubschman, J. (1975). Morphogenèse et pédogenèse quaternaire dans le piémont des Pyrénées garonnaises et ariégeoises. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Toulouse-le-Mirail. Atelier de reproduction des Thèses de Lille III, 745 p.

Hutson, A., Mickleburgh, S., & Racey, P. (2001). Microchiropteran Bats - Enquête sur la situation mondiale et plan d'action pour la conservation. Groupe de spécialistes des chiroptères UICN / SSC, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Un.

Hygounet, J.-L. (1984). Les relations protohistoriques transpyrénéennes entre Languedoc occidental et Catalogne, 5e C.I.A.P. (Puigcerda, 23-26 sept. 1982), Puigcerda, p. 133-143.

Hygounet, J.-L. et Rancoule, G.(1983). État des questions sur la fin de l'âge du fer dans les vallées de l'Hers et de l'Ariège, in Pyrénées Ariégeoises, Société Ariégeoise des Sciences, Lettres et Arts, Saint-Girons, p. 3-15.

INPN (s.d., a). Inventaire national du patrimoine naturel, MPY 1711 – Grotte de la Cigalère à Sentein, https://inpn.mnhn.fr/site/inpg/MPY1711

INPN (s.d., b). Inventaire national du patrimoine naturel, MPY – Mines de plomb-zinc du Bentaillou – Rouge de Sentein https://inpn.mnhn.fr/site/inpg/MPY1490

Inventaire des collections pour la petite Niaux, Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse

Inventaire des collections, Museum d'Histoire Naturelle de Toulouse

Inventaire Nationale du patrimoine Naturel : fiche MPY1501 : carrière de marbre griotte famennien de l'Espiougue

Iorio, E. (2008). Contribution à l'étude des chilopodes (Chilopoda) des Alpes–Maritimes, incluant une clé d'identification des lithobiomorphes Lithobiidae de Provence–Alpes–Côte d'Azur. Bulletin de la Société Linnéenne de Provence, 59, 127-10.

Iorio, E. (2010). Les Lithobies et genres voisins de France (Chilopoda, Lithobiomorpha). Revue de l'Association Roussillonnaise d'Entomologie, Supplément : 1-104.

Iorio, E. (2014). Catalogue biogéographique et taxonomique des chilopodes (Chilopoda) de France métropolitaine. Mémoires de la Société Linnéenne de Bordeaux 15, 1-372.

Iorio, E. (2016). Première observation en France de Lithobius (Lithobius) derouetae Demange, 1958 et autres données nouvelles sur les chilopodes du Sud-Ouest (Chilopoda). Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux, 151 (44/1), 71-96.

Iorio, E., & Geoffroy, J.-J. (2008). Les scolopendromorphes de France (Chilopoda, Scolopendromorpha) : identification et distribution géographique des espèces. Riviera Scientifique, 91, 73-90.

Iorio, E., & Voigtlander, K. (2019). The Lithobiomorpha of the continental Iberian peninsula (Chilopoda) : new datas, descritpion of a new species of the genus Lithobius (s. str.), checklistand identification key. Mémoires de la Société Linnéenne de Bordeaux, tome 18, 1-98.

Iorio, E., Geoffroy, J.-J., & Pétillon, J. (2020). Distribution and indicator value of intertidal centipedes from Mediterranean beaches within and around Port-Cros National Park (Southern France), with proposal of a simplified monitoring (Chilopoda). Bulletin de la Société entomologique de France, 125 (1), 41-62.

Jarry M., Pallier, C., Bon, F., Bruxelles, L. (2023). Des derniers grands froids à la période tempérée, une grotte occupée, dans Le Patrimoine, Histoire, Culture et Création d'Occitanie, p. 60-67.

Jarry M., Pallier, C., Bon, F., Bruxelles, L. (dir.) (2020), Archives d'une grotte, des archives paléoenvironnementales et archéologiques aux archives de fouilles (grotte du Mas d'Azil, Ariège). Programme Collectif de Recherche, rapport d'activités pour l'année 2020, 308 p.

Jarry M., Pallier, C., Bruxelles, L., Bon, F., Anderson, L., et al. (2021b). The secret entrance of the "Galerie Breuil" in the Mas d'Azil cave (Ariège, France). Journal of Archaeological Science: Reports, 40, pp.103248.

Jarry M., Bruxelles L., Bon F., Pallier C. (dir.), (2022). Archives d'une grotte, Des archives paléoenvironnementales et archéologiques paléolithiques aux archives de fouilles (grotte du Mas d'Azil, Ariège), Programme Collectif de Recherches 2021-2023, Rapport d'activité pour l'année 2022, 260 p.

Jarry, M. (2015). Le Mas d'Azil, grotte : cartographie archéologique et géoarchéologie, prospection thématique. Bilan Scientifique de la Région Midi-Pyrénées 2014, D.R.A.C, Ministère de la Culture et de la Communication, S.R.A. de Midi-Pyrénées.

Jarry, M., Pallier, C., Bruxelles, L. Bon, F., Lejay, M., Anderson, L., Lacombe, S., Lelouvier, A., Martin, H., Pétillon, J.M., Potin, Y., Rabanit, M., Simonnet, R., Wattez, J., Arrighi, V., Callède, F. (2017) L'Aurignacien de la grotte du Mas d'Azil, résultats des opérations 2011-2015. Bulletin de la Société préhistorique française, tomz 114, n°3. pp. 575-579. https://doi.org/10.3406/bspf.2017.14809

Jarry, M., Pallier, C., Bruxelles, L., & Bon, F. (2021a). Archives d'une grotte, des archives environnementales et archéologiques paléolithiques aux archives de fouilles. Rapport d'activité pour l'années 2021, Programme collectif de Recherches (2021-2023).

Jeanbernat, E. (1871). Rapport sur une excursion dans les Pyrénées moyennes, dans Bulletin de la société naturelle de Toulouse, p. 30 - 33. http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb34378174n

Jeannel R. (1908). Sur la découverte, dans la grotte du Portel, de peintures paléolithiques représentant l'Homme et des Animaux, dans Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences, 146, 654-656. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3100t/f1.item

Jeannel, R. (1926). Faune cavernicole de la France avec une étude des conditions d'existence dans le domaine souterrain. Encyclopédie Entomologique. Paris. VII, 334pp.

Juberthie, C. (2004). Liste préliminaire des espèces déterminantes – Arachnides et Myriapodes. Modernisation de l'inventaire des Modernisation de l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique en Midi-Pyrénées. Rapport pour Espaces Naturels de Midi Pyrénées, DIREN Midi Pyrénées - Union Européenne (validé par le CSRPN en 2003).

Juberthie, C. (2017). Note pour le Parc naturel régional des Pyrénées Ariégeoises sur le projet de Réserve naturelle souterraine.

Juberthie, C., et Gers, C. (1992). Ecologie et biologie des arthropodes terrestres du milieu souterrain superficiel : fonctionnement et écologie évolutive. Toulouse 3.

Klimchouk, A. (2007). Hypogene speleogenesis: hydrogeological and morphogenetic perspective. National Cave and Karst Research Institute Special Paper #1, Carlsbad.

Klimchouk, A. (2009). Morphogenesis of hypogenic caves,Geomorphology, Volume 106, pp. 100-117, https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.09.013.

Labat, D., Mazzilli, N., Arfib, B., Bailly-Comte, V., Batiot-Guilhe, C., Binet, S., Celle, H. et al., (2022). Le Service National d'Observation Karst, dans Karstologia N°80, p. 31-40.

Lalanne, A., Egoroff, G., Graviou, P., Cornée, A., Rouget, I. et al. (2021). Quand la géodiversité guide la biodiversité : apport de l'Inventaire National du Patrimoine Géologique : Actes Chambéry, 15-17 octobre 2018. 10 ans d'inventaire national du patrimoine géologique (INPG). Bilan, usages et perspectives., 17, pp.208, 2021, Mémoires hors-série de la Société géologique de France, 978-2-85363-104-4.

Lasnier, Th. (2008). Les fortifications médiévales en Couserans, rapport de prospection thématique, volume 1, RAP 05024, p. 80-84.

Laurent, D., Durlet, C., Barré, G., Sorriaux, P., Audra, P., Cartigny, P., Carpentier, C., Paris, G., Collon, P., Rigaudier, T., Pironon, J., Gaucher, E. (2021). Epigenic vs. hypogenic speleogenesis governed by H2S/CO2

hydrothermal input and Quaternary icefield dynamics (NE French Pyrenees), Elsevier, geomorphology 387. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107769

Le Péru, B. (2007). Catalogue et répartition des araignées de France. Revue Arachnologique, 16, 1-468.

Lebas, R. (1984). Le Massif de l'Espiougue. Bulletin du Spéléo Club de l'Arize, 4, 51.

Lebas, R., (1980a). La mine du Pouech, dans Bulletin du spéléoclub de l'Arize, N°1, p.16-28

Lebas, R., (1980b). Sabarat, bulletin du spéléoclub de l'Arize, n°1, p. 7-11. https://www.cds09.com/categorie-documents/sc-arize-bulletins/

Leenknegt, V., et Cuypers, T. (2022). Grotte de Mérigon – 22 novembre 2022, compte rendu ANA-CEN Ariège. p.5

Legifrance. (2016, août). Code de l'Environnement. Consulté le août 13, 2019, sur Legifrance: https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=B3B3643089FFCFC93EB01EC542819157.tplgfr38s_3?cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20190813

Lewis, J. (2011). A review of the species in the genus Cryptops Leach, 1815 from the Old World related to Cryptops (Cryptops) hortensis (Donovan, 1810) (Chilopoda, Scolopendromorpha). International Journal of Myriapodology 4, 11-50.

Lismonde, B. (2002). Climatologie du monde souterrain, Aérologie des Systèmes Karstiques, tome 2, Edition du Comité Départemental de Spéléologie de l'Isère, 362 p.

Lismonde, B. (2002). Climatologie du monde souterrain, Vents des ténèbres, tome 1, Edition du Comité Départemental de Spéléologie de l'Isère, 168 p.

Lock, K. (2000). Checklist of the Belgian centipedes (Myriapoda Chilopoda). Bulletin de la Société Royale Belge d'Entomologie, 136 (7-12), 87-90.

Lorant, D. (2019). Les expertises face aux risques : inégalités, légitimités et représentations d'une science repolitisée. Etude du conglit environnemental de Salau (Ariège) lieu de la controverse autour du renouveau minier en France. Science Po Toulouse, D3P1- Risques, science, environnement, santé, Toulouse.

Louis, A., Giroud, J., Hannachi, N., Stephant-Champigny, A., Zonernette, N., (2015). Etude sanitaire et environnement sur le secteur minier de Sentein, bassin versant du Lez (09), rapport, GEODERIS, p.625

Lucati F, Poignet M, Miró A, Trochet A, Aubret F, Barthe L, Bertrand R, Buchaca T, Calvez O, Caner J, Darnet E, Denoël M, Guillaume O, Le Chevalier H, Martínez-Silvestre A, Mossoll-Torres M, O'Brien D, Osorio V, Pottier G, Richard M, Sabás I, Souchet J, Tomàs J, Ventura M. (2020). Multiple glacial refugia and contemporary dispersal shape the genetic structure of an endemic amphibian from the Pyrenees. Mol Ecol. 2020 Aug;29(15):2904-2921. doi: 10.1111/mec.15521.

Lucati, F., Poignet, M., Miro, A., Trochet, A., Aubret, F., Barthe, L., . . . Calvez, O. (2021). Multiple glacial refugia and contemporary dispersal shape the genetic structure of an endemic amphibian from the Pyrenees.

Maire, R., Vanara, N. (1996). Un stage de karstologie en Ariège, dans Karstologia : revue de karstologie et de spéléologie physique, n°27, La grotte Cosquer et les Calanques marseillaises. p. 64. www.persee.fr/doc/karst_0751-7688_1996_num_27_1_2970

Maksud, F. (2024). Informations Service régional de l'Archéologie, DRAC Occitanie, mars 2024.

Maksud, F., Minet, T. (2024). Informations Service régional de l'Archéologie, Drac Occitanie, mars 2024.

Mammola, S., Arnedo, M., Pantini, P., Piano, E., Chiappetta, N., & Isaia, M. (2018). Ecological speciation in darkness? Spatial niche partitioning in sibling subterranean spiders (Araneae: Linyphiidae: Troglohyphantes). Invertebrate Systematics 32(5): 1069-1082.

Mammola, S., Cardoso, P., Angyal, D., Balazs, G., Blick, T., Brustel, H., . . . Isaia, M. (2019). Continental data on cave-dwelling spider communities across Europe (Arachnida: Araneae). Biodiversity Data Journal 7: e38492. https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e38492.

Mammola, S., Cardoso, P., Angyal, D., Balazs, G., Blick, T., Brustel, H., et al. (2019). Continental data on cave-dwelling spider communities across Europe (Arachnida: Araneae). Biodiversity Data Journal 7: e38492. https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e38492.

Mangin A. (1974). Concepts méthodologiques adoptés. Systèmes karstiques étudiés. In Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. Annales de spéléologie, tome 29, fascicule 3, 283-332. ; tome 29, fascicule 4, 495-601 ; tome 30, fascicule 1, 21-124.

Mangin, A. (1970). Le système karstique du Baget (Ariège), Note préliminaire, dans Annales spéléologiques, 25, 3, p. 581-610.

Mangin, A., (1969). Etude hydraulique de mécanisme d'intermittence de Fontestorbes (Bélesta-Ariège), dans Annales spéléologiques, 24, 2, p. 253-298.

Mangin, A., (1975). Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques : Première partie : Généralités sur le karst et les lois d'écoulement utilisées (Ann. Spéléol., 1974, 29, 3, p.283-332) Deuxième partie : Concepts méthodologiques adoptés. Systèmes karstiques étudiés. (Ann. Spéléol., 1974, 29, 4, p.495-601) Troisième partie : Constitution et fonctionnement des aquifères karstiques. (Ann. Spéléol., 1975, 30, 1, p.21-124). Sciences de la Terre. Université de Dijon.

Marquer, L., Mazier, F., Sugita, S., Galop, D., Houet, T., Faure, E., Gaillard, M.-J., Haunold, S., et al. (2020). Pollen-based reconstruction of Holocene land-cover in mountain regions: Evaluation of the Landscape Reconstruction Algorithm in the Vicdessos valley, northern Pyrenees, France, Quaternary Science Reviews, 228, 106049, p.15

Marquet, M. (1873). Excursion entomologique dans les cavernes de l'Ariège. Séance du 2 juillet 1873. Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse, 322-325.

Martinez-Silvestre, A., Trochet, A., Calvez, O., Poignet, M., Le Chevalier, H., Souchet, J., . . . Bosch, J. (2020). Presence of the pathogenic fungus Batrachochytrium dendrobatidis in wild populations of the Pyrenean brook salamander (Calotriton asper, Dugès, 1982). Herpetological Review, sous presse.

Martinez-Silvestre, A., Trochet, A., Calvez, O., Poignet, M., Le Chevalier, H., Souchet, J., et al. (2020). Presence of the pathogenic fungus Batrachochytrium dendrobatidis in wild populations of the Pyrenean brook salamander (Calotriton asper, Dugès, 1982). Herpetological Review, sous presse.

Matic, Z. (1957). Description d'un nouveau Lithobius cavernicole des Pyrénées Espagnoles n. sp. [Myriapoda Chilopoda]. Notes biospéologiques, 12, 127-135.

Matic, Z. (1958). Contribution à la connaissance des Lithobiidés cavernicoles de France. Notes Biospéologiques, 13, 155-167.

Mattes, J., Cohen, C. (2019). Entre nature et culture : les grottes, cabinets de curiosités naturelles à l'époque moderne, dans Vivants sous terre, Communications, 105, p. 15-26.

Méroc, L. (1959). Prémoustétiens, Magdaléniens et Gallo-romains dans la caverne de Labouiche. Gallia Préhistoire, vol. 2, n° 2, 1-37.

Meroc, L. (1961). Circonscription de Toulouse. Gallia Préhistoire, 5, 243-273.

Méroc, L., (1948). Xe Circonscription, dans Gallia, tome 6, fascicule 2, p. 407-413. https://www.persee.fr/doc/galia_0016-4119_1948_num_6_2_2105

Méroc, L., (1954), Xe Circonscription, dans Gallia, tome 12, fascicule 1, pp. 104-111. (www.persee.fr/doc/galia_0016-4119_1954_num_12_1_1375)

Méroc, L., (1959). Prémoustériens, magdaléniens et gallo-romains dans la caverne de Labouiche (Ariège), dans Gallia préhistoire, tome 2, p. 1-37. https://doi.org/10.3406/galip.1959.1145/ www.persee.fr/doc/galip_0016-4127_1959_num_2_1_1145

Méroc, L., (1969). Midi-Pyrénées, dans Gallia préhistoire, tome 12, fascicule 2, p. 485-503. (https://www.persee.fr/doc/galip_0016-4127_1969_num_12_2_1349)

Mestrov, M. (1962). Un nouveau milieu aquatique souterrain, le biotope hypothelminorhéique. C. R. Acad. Sci. Paris, 254 (14) : 2677-2679.

Mettrier, M. (1893). Descriptions des gîtes minéraux du haut bassin de la Garonne. Lagarde et Sébille Ed. Toulouse.

Miaud, C., & Guillaume, O. (2005). Variation in age, body size and growth among surface and cave-dwelling populations of the Pyrenean newt, Euproctus asper (Amphibia; Urodela). Herpetologica 61, 241-249.

Mila, B., Carranza, S., Guillaume, O., & Clobert, J. (2010). Marked genetic structuring and extreme dispersal limitation in the Pyrenean brook newt Calotriton asper (Amphibia : Salamandridae) revealed by genome-wide AFLP but not mtDNA. Molecular Ecology.

Ministère de la culture (2021). Manuel des bonnes pratiques dans les sites ornés en milieu souterrain, Ministère de la Culture, Direction générale des patrimoines et de l'architecture, 95 p : https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/archeologie/Ressources-documentaires/Etude-et-conservation-des-grottes-ornees-et-sites-d-art-rupestre/Manuel-des-bonnes-pratiques-dans-les-sites-ornes-en-milieu-souterrain

Ministère de la culture (2024). Etude et conservation des grottes ornées et sites d'art rupestre. https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/archeologie/ressources-documentaires/etude-et-conservation-des-grottes-ornees-et-sites-d-art-rupestre

Ministère de la transition écologique et solidaire. (2019, Juillet). Plan biodiversité. Consulté le Février 2020, sur https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/plan-biodiversite

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer. (2010). Circulaire relative aux déclinaisons régionales de la Stratégie nationale de création des aires protégées terrestres métropolitaines. Paris.

Ministère de l'économie et des finances. (2016). «Permis Couflens».

Miro, A., & Ventura, M. (2019). Introduced fish in Pyrenean high mountain lakes: impact on amphibians and other organisms, and conservation implications. Limnetica, 39(1) 283-297 DOI: 10.23818/limn.39.19.

Miro, A., Sabas, I., & Ventura, M. (2018). Large negative effect of non-native trout and minnows on Pyrenean lake amphibians. Biological Conservation 218, 144-153.

MNHN & OFB [Ed]. (2003-2023). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). Site web : https://inpn.mnhn.fr

Monod B., Allanic C., Bailly-Comte V., Jacob T., Maréchal JC. avec la collaboration de Martel L., Courrioux G., (2016) – Évaluation des ressources en eaux souterraines du Plateau de Sault – étude structurelle, modèle géologique 3D, acquisition gravimétrique et analyse de la fracturation, Rapport final BRGM/RP-68288-FR, 201 p., 98 ill., 1 tabl., 3 ann.

Montori, A., Llorente, G., & Richter-Boix, A. (2008). Habitat features affecting the small-scale distribution and longitudinal migration patterns of Calotriton asper in a Pre-Pyrenean population. Amphibia-Reptilia 29, 371–381.

Montori, A., Richter-Boix, À., Franch, M., Santos, X., Garriga, N., & Llorente, G.A. (2012). Natural fluctuations in a stream dwelling newt as a result of extreme rainfall: a 21-year survey of a Calotriton asper population.

Mouries, M. (1977). Fichier spéléologique du comité spéléologique régional de Midi-Pyrénées, dossier de cavité naturelle et phénomènes karstiques, F.F.S, Ariège.

Muséum national d'histoire naturelle. (s.d.). Cahiers d'habitats - Patrimoine naturel PatriNat. (MNHN) Consulté le mai 2020, sur UMS Patrimoine naturel - unité mixte de service OHM, CNRS, MNHN: http://www.patrinat.fr/fr/cahiers-dhabitats-6307

Neagu, Th. (2010), La paléontologie aux sources de la connaissance dans les Sciences de la Terre, dans Le patrimoine paléontologique. Des trésors du fond des temps, GeoEcoMar, p.21-26.

Némoz, M., Barataud, M., Roué, S., & Schwaab, F. (2002). Protection et restauration des habitats de chasse du Petit rhinolophe (Rhinolophus hipposideros) : cartographie des habitats de chasse autour des colonies de mise bas : année 2002. Plan de restauration des Chiroptères : rapport final. Paris: SFEPM.

Newport, G. (1843). LXIV. On Some New Genera of the Class Myriapoda. The Annals and magazine of natural history; zoology, botany, and geology, 11, 498-502.

Nicod J. (1967). Recherches morphologiques en Basse-Provence calcaire. Thèse d'État, université d'Aix-en-Provence (Aix-Marseille 1), 557 p.

Nicod J. (1972). Pays et paysages du calcaire. Presses universitaires de France, Paris, 244 p.

Nicol, A. (1990). L'euprocte des Pyrénées. Impressions Marrimpouey.

Nicolas, J., (2018). Les productions métalliques du chalcolithique au Bronze Moyen dans les Pyrénées centrales, mémoire de Master I sous la direction de Pierre-Yves Milcent, Université Toulouse II Jean Jaurès, p. 111-114.

Nodot, L. (1858-1859). Une visite à la grotte de Fouvent, Ossements fossiles et débris de l'industrie humaine, Mémoires de l'académie de Dijon, , t. VII, 2° série, 1858-1859, p. 113-153, 2 pl.

Nougier, L.-R., (1952). Vase " polypode" de la petite grotte de Niaux (Ariège), dans Bulletin de la Société préhistorique de France, tome 49, n°3-4, pp. 158-162. (www.persee.fr/doc/bspf_0249-7638_1952_num_49_3_8035)

Nougier, L.-R., Robert, R, (1952). Lissoirs d'os à perforation, du "néolithique pyrénéen" de Bédeilhac et de Niaux (Ariège), dans Bulletin de la Société préhistorique de France, tome 49, n°3-4, pp. 153-157. (www.persee.fr/doc/bspf_0249-7638_1952_num_49_3_8034)

Noulet, J. (1874). La caverne de L'Herm. Bulletins et mémoires de la société d'Anthropologie de Paris, 818-819.

Office National des Forêts, (2010). Réseau Natura 2000 document d'objectifs de la zone de protection spéciale "Gorges de la Frau et Bélesta" - FR 7312008, département de l'Ariège, document de synthèse, Office National des Forêts - bureau d'Etudes des Pyrénées Centrales, p.268

Pacaud, J.M. (2010). La typothèque dans les collections d'Invertébrés fossiles du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Le patrimoine paléontologique. Des trésors du fond des temps, 113-124.

Pales, L. (1971). Malarnaud, Soulabé, Las Buffios et consorts, dans les annales de spéléologie, tome 26, fascicule 1, p. 197-281.

Pallier, C. (2021). De l'enregistrement sédimentaire en milieu karstique à la taphonomie des sites archéologiques du Paléolithique supérieur (MIS 3 – MIS 2) : apport de la grotte du Mas d'Azil et de la vallée de l'Arize (Ariège, France). Thèse de doctorat soutenue le 28 janvier 2021, Université de Toulouse, Faculté Jean Jaurès, Toulouse.

Pasquier, F. (1882). Fouilles opérés par le compte du Musée de l'Ariège, Grotte de Campagnolle du Cair de Lirbart, dans Bulletin de la société Ariègeoise des sciences, lettres et arts, volume 1, p.24-27.

Péquart, S.-J., & Péquart, M. (1960). Grotte du Mas d'Azil (Ariège) : une nouvelle galerie magdalénienn. Annales de Paléontologie t. 46, 127-194.

Péquart, S.-J., & Péquart, M. (1961a). Grotte du Mas d'Azil (Ariège) : une nouvelle galerie magdalénienne. Annales de Paléontologie, t. 47, 157-250.

Péquart, S.-J., & Péquart, M. (1961b). Grotte du Mas d'Azil (Ariège) : une nouvelle galerie magdalénienne. Annales de Paléontologie, t. 48, 199-286.

Père Planque, (1780). Observations sur la fontaine de Fontes-Orde, accompagnées de l'explication de tout ce qu'elle a de remarquable, Société des Sciences de Toulouse, 16 p.

Perette, Y. (2000). Etude de la structure interne des stalagmites : contribution à la connaissance géographique des évolutions environnementales du Vercors (France). Développement et application d'une approche multiparamètres des archives stalagmitiques. Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Savoie, 319 pages.

Perrin C., Prestimonaco L. (2013). Different types of laminae in a flowstone from La Cigalère Cave (Pyrenees, S. France), 16th ICS Proceedings 2, 495-497.

Peybernes, B. et Souquet, P. (1972). Géologie de la région de Saint-Girons à l'articulation des massifs nord-pyrénéens de l'Arize, du Plantach, des Trois-Seigneurs et de Castillon (Ariège). Notice associée à la feuille n°1074 – Saint-Girons de la carte géologique au 1/ 50 000 e de la France métropolitaine. BRGM.

Pfendler, S., Einhorn, O., Karimi, B., Bousta, F., Cailhol, D., Alaoui Sossé, L., . . . Aleya, L. (2017). UV-C as an efficient means to combat biofilm formation in show caves: evidence from the La Glacière Cave France) and laboratory experiments. Environ Sci Pollut Res 2017, 24, 24611–24623.

Pfendler, S., Einhorn, O., Karimi, B., Bousta, F., Cailhol, D., Alaoui Sossé, L., et al. (2017). UV-C as an efficient means to combat biofilm formation in show caves: evidence from the La Glacière Cave France) and laboratory experiments. Environ Sci Pollut Res 2017, 24, 24611–24623.

Piedallu, C., Perez, V., Gegout, J.-C., Lebourgeois, F., & Bertrand, R. (2009). Impact potentiel du changement climatique sur la distribution de l'Epicéa, du Sapin, du Hêtre et du Chêne sessile en France. Revue Forestière Française, LXI (6), 567-593.

Piette, E. (1889). Les subdivisions de l'époque magdalénienne et de l'époque néolithique. Angers.

Piette, E. (1895). Hiatus et lacune. Vestiges de la période de transition dans la grotte du Mas d'Azil. Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris, vol. 6, n°1, 235-267.

Piette, E. (1907). L'art pendant l'âge du renne. Paris: Masson.

Pottier, G., & & collaborateurs. (2008). Atlas de répartition des reptiles et amphibiens de Midi-Pyrénées. Nature Midi-Pyrénées.

Pottier, G., Trochet, A., Dalibard, M., Lafaille, P., Guillaume, O., Baillat, B., . . . Barthe, L. (2021). Systématique, biologie, écologie, répartition et statut de concervsation du Calotriton des Pyrénées Calotriton Asper (Dugès, 1852) (Amphibia, Urodela, Salamandridae) en France : vers un Plan National d'Actions. Herp me!

Pottier, G., Trochet, A., Dalibard, M., Laffaille, P., Guillaume, O., Baillat, B., et Martin, M. (2021). Muratet J., Rollet S. & Barthe L. (2021) Systématique, biologie, écologie, répartition et statut de conservation du Calotriton des Pyrénées Calotriton asper (Dugès, 1852)(Amphibia, Urodela, Salamandridae) en France: vers un Plan National d'Actions. Herp me, 3, 1-124.

Pouech, J.-J. (1862). Sur la grotte ossifère de l'Herm (Ariège) par M. l'abbé Pouech, Bulletin de la Société Géologique de France, 2e série, t. XIX, p. 564.

Prat, F. (1968). Recherches sur les Equidés pléistocènes en France. Thèse de Doctorat d'Etat. Faculté des Sciences de Bordeaux.

Prat, F. et Thibault, Cl. (1976). Le gisement de Nauterie à la Romieu (Gers). Fouilles de 1967 à 1973. Nauterie I. Mémoires du Muséum National d'Histoire naturelle., série, C, t. XXXV, p.96

Queffelec, A., Bertran, P., Bos, T., Lemee, L. (2017). Mineralogical and organic study of bat and chough guano: implications for guano identification in ancient context, dans Journal of Cave and Karst Studies, v. 80, no. 2, p. 1-17.

Quenee B. (1990). Transformations minéralogiques et texturales de matériaux rocheux, mortiers et bétons d'ouvrages variés. Thèse de docteur de l'Université de Nancy 1.

Racine, A. (2020). Présentation des espèces de chilopodes (Myriapoda : Chilopoda) connues dans les grottes de l'Ariège (09) visées par un projet de Réserve Naturelle - Rapport du GRETIA pour le CENO. Conservatoire d'Espaces Naturels Occitanie.

Racovitza, E.-G. (1907). Biospeologica I. Essai sur les problèmes biospéologiques. Archives de Zoologie expérimentale et générale, 4ème série, VI (7), 372-488.

Rancoule, G. (1976). Une série d'objets antiques provenant de l'oppidum du Mayné (Bélesta, Ariège), Cypsela, 1, p. 129-135.

Régnault, F. (1880). Fouilles dans les grottes de Massat, dans Bulletin de la société d'histoire Naturelle de Toulouse, p.280-283.

Régnault, F. (1889). La grotte de Malarnaud, Découverte d'une mâchoire humaine dans des dépôts de la première époque quaternaire, dans Revue des Pyrénées et de la France méridionale, n°1, p. 117-122.

Renault et Brunet (1981). Les variations de la CO atmosphérique dans les grottes de Niaux (Ariège). Collection Seyssins sur le karst, FFS, 5-18

Renault P. (1968). Sur la distinction de plusieurs régions karstiques en raison de la teneur en anhydride carbonique des atmosphères de grottes. C.R.As.Sc, 267, p. 2288-2290.

Renault P. (1970). La formation des cavernes. Presses Universitaires de France, collection Que-sais-je, 1400, Paris, 126 p.

Renault, P. (1971). La teneur en anhydride carbonique des atmosphères de grottes, Bulletin de l'Association de géographes français, N°389-390, 48e année, p. 241-245.

Renault, P. (1982) CO2 atmosphérique karstique et spéléomorphologie, Revue Belge Géographie, 106, 1, P. 121-130

Renault, P. (1983). Études récentes sur le karst de Niaux-Lombrive-Sabart (Ariège), Karstologia : revue de karstologie et de spéléologie physique, n°2, 2e semestre, p.17-22.

Renault, P. (1992). La Karstologie française de 1900 à 1992 », Karsts et évolutions climatiques, édité par Jean-Noël Salomon et Richard Maire, Presses Universitaires de Bordeaux. https://doi.org/10.4000/books.pub.10829

Réseau des réserves naturelles de France. (2019, Janvier). Messages clés pour communiquer sur les valeurs ajoutées des réserves naturelles.

Réserves naturelles de France. (2006). Guide méthodologique des plans de gestion des réserves naturelles. Montpelllier.

Revel, J.C, Gers, C., (1993). Tentative de chronologie des formations superficielles du versant sud de la vallée de La Ballongue (Pyrénées ariégeoises) : Applications à la genèse du milieu souterrain superficiel, dans Quaternaire, vol. 4, n°4, 1993. pp. 175-184 ; https://www.persee.fr/doc/quate_1142-2904_1993_num_4_4_2007

Revilla Martin, N., Budinski, I., Puig-Montserrat, X., Flaquer, C., & Lopez-Baucells, A. (2020). Monitoring cave-dwelling bats using remote passive acoustic detectors : A new approach for cave monitoring. Bioacoustics - https://doi.org/10.1080/09524622.2020.1816492, 1-16.

Revilla Martin, N., Budinski, I., Puig-Montserrat, X., Flaquer, C., & Lopez-Baucells, A. (2020). Monitoring cave-dwelling bats using remote passive acoustic detectors : A new approach for cave monitoring. Bioacoustics - https://doi.org/10.1080/09524622.2020.1816492, 1-16.

Ribaut, H. (1915). Biospeologica XXXVI. Notostigmophora, Scolopendromorpha, Geophilomorpha (Myriapodes) (première série). Archives de zoologie expérimentale et générale, 55 (6), 323-346.

Richard, L. (1983-1984). Le Massif de l'Espiougue, dans SpéléoClub de l'Arize, Bulletin N°4, p. 11-15.

Roche, J. et Soulé, J. C. (1982). Etat des ressources hydrauliques de la France - état des connaissances et synthèse hydrogéologique du département de l'Ariège. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Toulouse.70p.

Rouch, R., Bakalowicz, Mangin, A, D'Hulst, B, (1989). Sur les caractéristiques chimiques du sous-écoulement d'un ruisseau des Pyrénées, dans Annales de Limnologie - International Journal of Limnology 25 (1).

Roucheux, D. (2011). Le système karstique de Bentaillou, Association de recherches souterraine du Haut Lez, p. 18. Roucheux, D., (1900), Etude hydrologique et hydrodynamique d'un karst d'altitude : Le karst de Bentaillou, Apports de l'Analyse corrélatoire et spectrale, Thèse CNAM

Roule, L. (1900). Description de deux os humains trouvés dans des cavernes du Sud-ouest de la France, Mémoire de l'Académie des sciences, Inscriptions et belles-Lettres de Toulouse, série 0, tome 3.

Roule, L., Régnault, P. (1895) Un maxillaire inférieur humain trouvé dans une grotte des Pyrénées, Note in Académie des sciences, Paris, tome 121, p. 141-143.

Rouquerol N. (2004). Du Néolithique à l'Âge du Bronze dans les Pyrénées centrales françaises, Archives d'écologie préhistorique, EHESS, t. 16, 180 p., 115 fig.

Rousset Tournier B. (2001). Transferts par capillarité et évaporation dans des roches : rôles des structures poreuses, Thèse de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, 204 p.

Saaristo, M. (1973). Birgerius gen. n. (Araneae, Linyphiidae). Annales Zoologici Fennici 10: 449-450.

Saint Martin, J.-P., Saint Martin, S., Seghedi, A., Oaie, G., Grigorescu, D. (2010). Avant-Propos. Le patrimoine paléontologique. Des trésors du fond des temps, dans Le patrimoine paléontologique. Des trésors du fond des temps, GeoEcoMar, p. 7-20. https://www.researchgate.net/publication/326539141_Le_patrimoine_paleontologique_Des_tresors_du_fond_des_tempsAvant-propos

Salic C. (1985). Evaluation du potentiel en eau du karst pyrénéen entre les vallées de la Neste et de l'Aude. Mémoire de thèse. Université Pierre et Marie Curie. Paris 6

Saplairoles, M., Monod, B., Mangin, A., Bujel, D., & Schmidt, A. (2012). Actualisation de la synthèse hydrogéologique du département de l'Ariège. BRGM, Ramonville Saint Agne.

Sartégou, A. (2017). Évolution morphogénique des Pyrénées orientales : apports des datations de systèmes karstiques étagés par les nucléides cosmogéniques et la RPE.

Sartégou, A., Vlard, P.H., Brauchet, R, Bourlès, D.L., et al., (2020). Late Cenozoic evolution of the Ariège River valley (Pyrenees) constrained by cosmogenic 26Al/10Be and 10Be/21Ne dating of cave sediments, dans Geomorphology 371.

Schwab, C. (2008). La collection Piette. 60-91. Musée d'Archéologie nationale, Château de Saint-Germain-en-Laye, RMN (éd.).

Serres (de), M. (1839). Recherches sur les ossements humatiles des cavernes de Lunel-Viel. Boehm, Montpellier.

Serres (de), M., Geoffroy Saint-Hilaire, E. (1828). Sur quelques changemens observés dans les animaux domestiques transportés de l'ancien monde dans le nouveau continent. Rapport fait à l'Académie des sciences, sur un mémoire de M. Roulin.A Belin, Paris.

Sharples, C. (1993). A Methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes. Foresrty Commission Tasmania.

SIGES Aquitaine (2024). Les Karsts « hypogènes », https://sigesaqi.brgm.fr/Les-karsts-hypogenes.html

SIGES Occitanie (2022). Les aquifères karstiques d'Occitanie, https://sigesocc.brgm.fr/spip.php?article489

Simon, E. (1911). Araneae et Opiliones (Troisième série). In Biospeologica.XXII. Archives de zoologie expérimentale et générale (5) 9(2), 177-206.

Simon, P., Simone, S. (1995-1996). La grotte de l'Herm, dans Bulletin di Musée d'anthropologie préhistorique de Monaco, N°38, 12 p.

Simonnet, R. (1976). Les gisements préhistoriques de l'Ariège et l'exploitation des phosphates des grottes à la fin du XIXe siècle. Couserans et Montagnes ariégeoises, 191-199.

Simonnet, R., (1980). Emergence de la Préhistoire en pays ariégeois, Bulletin de la Société ariégeoise des Sciences Lettres et arts, p.5-87.

Sivelle, V., Labat, D., Mazzili, N., Massei, N., Jourde, H. (2019). Dynamics of the Flow Exchanges between Matrix and Conduits in KarstifiedWatersheds at Multiple Temporal Scales, Water, 11, 569, p. 1-15.

SMPNR des Pyrénées Ariégeoises. (2008). Charte, Rapport Objectif 2021 ; cartographie, plan et notice.

SMPNR des Pyrénées Ariégeoises. (2008). Diagnostic de territoire. Rapport de synthèse, Montels.

SMPNR des Pyrénées Ariégeoises. (2012). Document d'objectif commun aux Zones Spéciales de Conservation des Grottes d'Aliou, de Montseron, du Ker de Massat et de Tourtouse. DOCOB, Montels

SMPNR des Pyrénées Ariégeoises. (2019). Document d'objectifs de la ZSP Quiers du Mas d'Azil et de Camarade, grottes du Mas d'Azil et de la carrière de Sabarat.

SMPNR des Pyrénées Ariégeoises. (2021). Document d'objectifs commun à la ZSC Vallée du Ribérot et massif du Mont Valier et à la ZPS Massif du Mont Vallier. Département de l'Ariège.

SMPNR des Pyrénées Ariégeoises. (2022). Unités paysagères du PNR des Pyrénées Ariégeoises. Document de travail, Montels.

SMSP (1960). Bulletin de liaison, spéléo, Toulouse, p.16

SMSP (1962). Bulletin d'informations générales n°15, Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire, Faculté des Sciences à Toulouse.

SMSP (1962). Bulletin de la Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire, Bulletin des sections, Décembre 1962, p. 54.

SMSP (1963). Bulletin des sections, Activités de la section spéléologique, n°15.

SMSP (1982). bulletin de la société méridionales de spéléologie et préhistoire, tome XXII, Toulouse, p.166

SMSP (1990). Bulletin de la société méridionale de spéléologie et préhistoire, tome XXX, Toulouse, p. 143.

Sorriaux P. (1981). Etude et datation de remplissages karstiques : nouvelles données sur la paléogéographie quaternaire de la région de Tarascon (Pyrénées ariégeoises). Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences, série II 293, 703-706.

Sorriaux P., Delmas, M., Calvet, M., Gunnell, Y., Durand, N., et al. (2018). Relations entre karst et glaciers depuis 450 ka dans les grottes de Niaux-Lombrives-Sabart (Pyrénées ariégeoises) : nouvelles datations U/Th dans la grotte de Niaux, dans Karstologia, Fédération Française de Spéléologie et Association Française de Karstologie, 2016.

Sorriaux, P. (1982). Contribution à l'étude de la sédimentation en milieu karstique. Le système de Niaux-Lombrives-Sabart (Pyrénées Ariégeoises), Thèse de doctorat de 3° cycle, Université Paul Sabatier de Toulouse, 255 p.

Sorriaux, P. (2016) Niaux : Echantillonnage de dépôts pré-wurmiens pour datations par cosmonucléides et U/Th dans la grotte, dans ADLFI Archéologie de la France.

Sorriaux, P. (2018), Galerie de la Mémoire, Alain Mangin (1942-2017), spéléologue et karstologue, dans Spelunca 149, p. 63-64.

Sorriaux, P., Camus, H., Mocochain, L., Audra, Ph., Häuselmann, Ph., (2022). Neogene caves reactivated, dans Quaternary: Niaux-Lombrives-Sabart (Ariège, Pyrénées, France), 18th International Congress of Speleology – Savoie Mont Blanc 2022 Vol. IV – dans

Sorriaux, P., Delmas, M., Calvet, M., Gunnell, Y., Durand, N. et al. (2016) Relations entre karst et glaciers depuis 450 ka dans les grottes de Niaux-Lombrives-Sabart (Pyrénées ariégeoises) Nouvelles datations U/Th dans la grotte de Niaux.. Karstologia. ⟨hal-02154823⟩

Sorriaux, P., Delmas, M., Calvet, M., Gunnell, Y., Durand, N., & Pons-Branchu, E. (2016). Relation entre karst et glaciers depuis 450ka dans les grottes de Niaux-Lombrives-Sabart. Karstologia(67), 3-16.

Sorriaux, P., Guinot, R., Ferret, Eric, Gallay, M., (2019). Expédition spéléo-scientifique au gouffre Georges : Relevé 3D de la Grande galerie, dans Spelunca, 2019, 5e série n°155, pp.5-13.

Souquet, P., Rey, J., Peybernès, B., Bilotte, M. et al. (1979). Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/50 000e, feuille du Mas d'Azil n°1056 XX-46, BRGM, p. 40

Sperling, C.H.B., Cooke, R.U. (1985). Laboratory simulation of rock weathering by salt crystallization and hydration processes in hot, arid environments. Earth Surf. Process. Landforms, 10: 541-555. https://doi.org/10.1002/esp.3290100603

Stoetzel, E., Lebreton, L., Jarry, M., Pallier, C., Bruxelles, L., Bon, F., Lejay, M., Anderson, L., Martin, H., (2025).The small vertebrate from the Aurignacian levels of the Mas d'Azil cave (Ariège, France): new data for the anderstanding of the MIS3 climatic changes in the Pyrenees, dans Comptes Rendus Palevol 2025 (1): 1-18. https://doi.org/10.5852/cr-palevol2025v24a1

Taillerfer, F. (1982). Sédiments des karsts et géomorphologie. Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Sud-Ouest Européen, Tome 53, Fasc. 4. Toulouse, pp. 433-447.

Teodori, D. (s.d.) Extrait de la base de données de la collection Pouech du service Conservation-Musée-Patrimoine-Archéologies. Inventaire réalisé par Dominique Teodori.

Thépaut, H. (2025, janvier 24). Ariège : Quels sites touristiques ont attiré le plus de visiteurs cet été ? Le Journal Toulousain. https://www.lejournaltoulousain.fr/occitanie/ariege/actualites-ariege/ariege-quels-sites-touristiques-ont-attire-plus-visiteurs-ete-300547/

Tricoire, J. (1948). L'oppidum celtibérique du Mayné (Bélesta, Ariège). Notice de site : Gaule, bulletin, n° 4 et 5, sect. III, 1946. Texte repris et commenté dans le Bulletin de la société préhistorique de l'ariège, 1948, p. 36-57.

Turu, V., Calvet M., Bordonau, J., Gunnell, Y., Delmas, M., Vilaplana, J., Jalut, G. (2017). Did Pyrenean glaciers dance to the beat of global climatic events ? Evidence from the Wurmian sequence stratigraphy of an ice-dammed palaeolake depocentre in Andorra, dans Hughes, P.D., Woodward, J.C., Eds, Quaternary Glaciation in the Mediterranean Mountains, Geological Society, London, Special Publications 433, p. 111–136.

UICN (2010), Lignes directrices pour l'application des critères de la liste rouge de l'UICN aux niveaux régional et national, version 4. Préparé par la Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN Révisé par le Groupe de travail sur les Listes rouges nationales du Comité Liste rouge de la Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN.

UICN. (2010). Lignes directrices pour l'application des critères de la liste rouge de l'UICN aux niveaux régional et national; version 4.0. Suisse: UICN Gland Suisse.

Ulloa-Cedamanos, F., (2021). Fonctionnement hydro-biogéochimique des hydrosystèmes karstiques : Impact du changement climatique et du changement d'occupation des sols. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse (Toulouse INP), p. 444.

Ulloa-Cedamanos, F., Probst, A., Dos Santos, V., Camboulive, T., Granouillac, F., & Probst, J.-L. (2021a). Stream hydrochemical response to flood events in a multi-lithological karstic catchment from the Pyrenees Mountains (SW France). Water 13, 1818.

Ulloa-Cedamanos, F., Probst, A., Moussa, I., & Probst, J.-L. (2021b). Chemical weathering and CO2 consumption in a multi-lithological karstic critical zone: Long term hydrochemical trends and isotopic survey. . Chemical Geology 585, 120567. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120567.

Ulloa-Cedamanos, F., Probst, J.-L., Binet, S., Camboulive, T., Payre-Suc, V., Pautot, C., et al. (2020). A forty-year karstic critical zone survey (baget catchment, pyrenees-france): Lithologic and hydroclimatic controls on seasonal and inter- annual variations of stream water chemical composition, pCO2, and carbonate equilibrium. Water (Switzerland). doi : 10.339/W12051227., 12.

Ulloa-Cedamanos, F., Probst, J.-L., Marais-Sicre, C., Vrech, E., Maire, E., & Probst, A. (2022). Consequences of landscape transition and global warming on stream water chemistry trends during the last decades in a karst catchment (Pyrenees, SW France) . Science of the Total Environment, sous presse.

Valbuena-Ureña, E., Oromi, N., Soler-Membrives, A., Carranza, S., Amat, F., Camarasa, S., & Steinfartz, S. (2018). Jailed in the mountains: Genetic diversity and structure of an endemic newt species across the Pyrenees. PLoS One 13(8) doi:10.1371/journal.pone.0200214.

Vanara, N, Nicod, J. (2013). Karsts de France, dans Géomorphologie de la France, Editions Hors commerce, p.37-48.

Vanara, N., (2011). Introduction au numéro thématique : « Nouveaux paradigmes de la karstologie, mise en perspective », Géomorphologie : relief, processus, environnement, vol. 17 - n° 4 | 2011. http://journals.openedition.org/geomorphologie/9547

Vaquer, J. (1987). Le Néolithique ancien dans le bassin supérieur de la Garonne, dans Guilaine J., Courtin J., Roudil & Vernet J.-L., Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale, Paris, CNRS, p. 555-562.

Ventura, M., Tiberti, R., Buchaca, T., Buñay, D., Sabas, I., & Miro, A. (2017). Why Should We Preserve Fishless High Mountain Lakes? High Mountain Conservation in a Changing World. Springer, 181-205.

Vézian, J. (1952-1953). Gisement moustérien de la Grotte du Portel, à Loubens (Ariège), dans Bulletin de la Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire, 5, p. 211-217, 2 fig.

Vézian, J. (1984). Les fouilles de l'entrée Ouest de la grotte du Portel, Loubens, Ariège, dans Bulletin de la Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire.

Vézian, J. (1990). Loubens – Entrée ouest de la grotte du portel [notice archéologique], ADLFI. Archéologie de la France - Informations [En ligne], Occitanie, mis en ligne le 01 mars 1997. URL : http://journals.openedition.org/adlfi/11036 ; DOI : https://doi.org/10.4000/adlfi.11036

Vézian, R. (2014). Étude paléontologique des Bovinae et des Equidae de la grotte moustérienne du Portel-Ouest (Ariège, France). Cadres biostratigraphique, biochronologique et paléoenvironnemental. Thèse de doctorat, Université de Perpignan Via Domitia, Perpignan, 429 p.

Vidal, G. (1929). La Céramique des Grottes de Saurat, dans Bulletin de la Société préhistorique de France, tome 26, n°1, pp. 81-86. (www.persee.fr/doc/bspf_0249-7638_1929_num_26_1_6657)

Vieville J. (1983). Etude hydrogéologique du Massif de Lers (Pyrénées ariégeoises). Thèse de 3e cycle. Université du Languedoc. Laboratoire souterrain du CNRS de Moulis

Villate J. (1962). Etude stratigraphique et paléontologique du Montien des Petites Pyrénées et du Plantaurel. Thèse de doctorat, Sciences Toulouse, 331 p.

Vinel, B., Perrineau, A. (2014). Marbrière grand antique d'Aubert (Moulis – 09), demande d'autorisation d'exploiter au titre des installations classées pour la protection de l'environnement, résumé non technique, DAE au titre des ICPE, ESCAVAMAR, IDE Environnement. p. 19.

Viry, E. (2015). Etude d'opportunité de valorisation du patrimoine géologique ariégeois. SMPNR des Pyrénées Ariégeoises.

Voigtlander, K. (2005). Habitat preferences of selected Central European centipedes. Peckiana, 4, 163-179.

Wainer K. (2009). Reconstruction climatique des derniers 200 ka à partir de l'étude isotopique et géochimique des spéléothèmes du sud de la France. Thèse de Doctorat, universite Paris 11, 232 p.

Wolf, B. (1938). Animalium Cavernarum Catalogus. Volumen III: Animalium Catalogus. Dr W. Junk, 's-Gravenhage. 918 p.