Diversité génétique et gestion forestière au service de la forêt dans un contexte de changements globaux

Caroline Scotti-Saintagne et François Lefèvre
INRAE, URFM, Avignon

Conférence « Préservation de la diversité génétique »
PNR des Pyrénées ariégeoises- 02/02/2022

Le climat change, adaptons-nous avec la nature

Plan de l’exposé

I Introduction

II Diversité génétique et adaptation - quelques exemples tirés de la littérature

III Conservation des ressources génétiques

IV Quels leviers pour favoriser la diversité génétique

V Chaque acteur de la filière peut jouer un rôle sur le devenir de la diversité

VI Des outils d’aide à la décision

VII Conclusions

I. Introduction

Conservation de la biodiversité, un enjeu mondial

17 priorités pour aboutir aux objectifs de développement durable à l'horizon 2030
Adoptés en septembre 2015 par l'ONU

UICN | Comité Français

Life artisan

Le climat change, adaptons-nous avec la nature

Pour des Solutions d'Adaptation Fondées sur la Nature (SAFN)

La forêt
un système socio-écologique complexe

La forêt vis à vis de l'homme : multiples contributions au développement durable

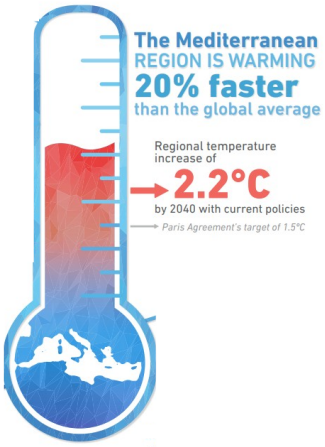
L'homme vis à vis de la forêt : gestion directe et/ou impact indirect

©fonds patrimonial C. Flahault

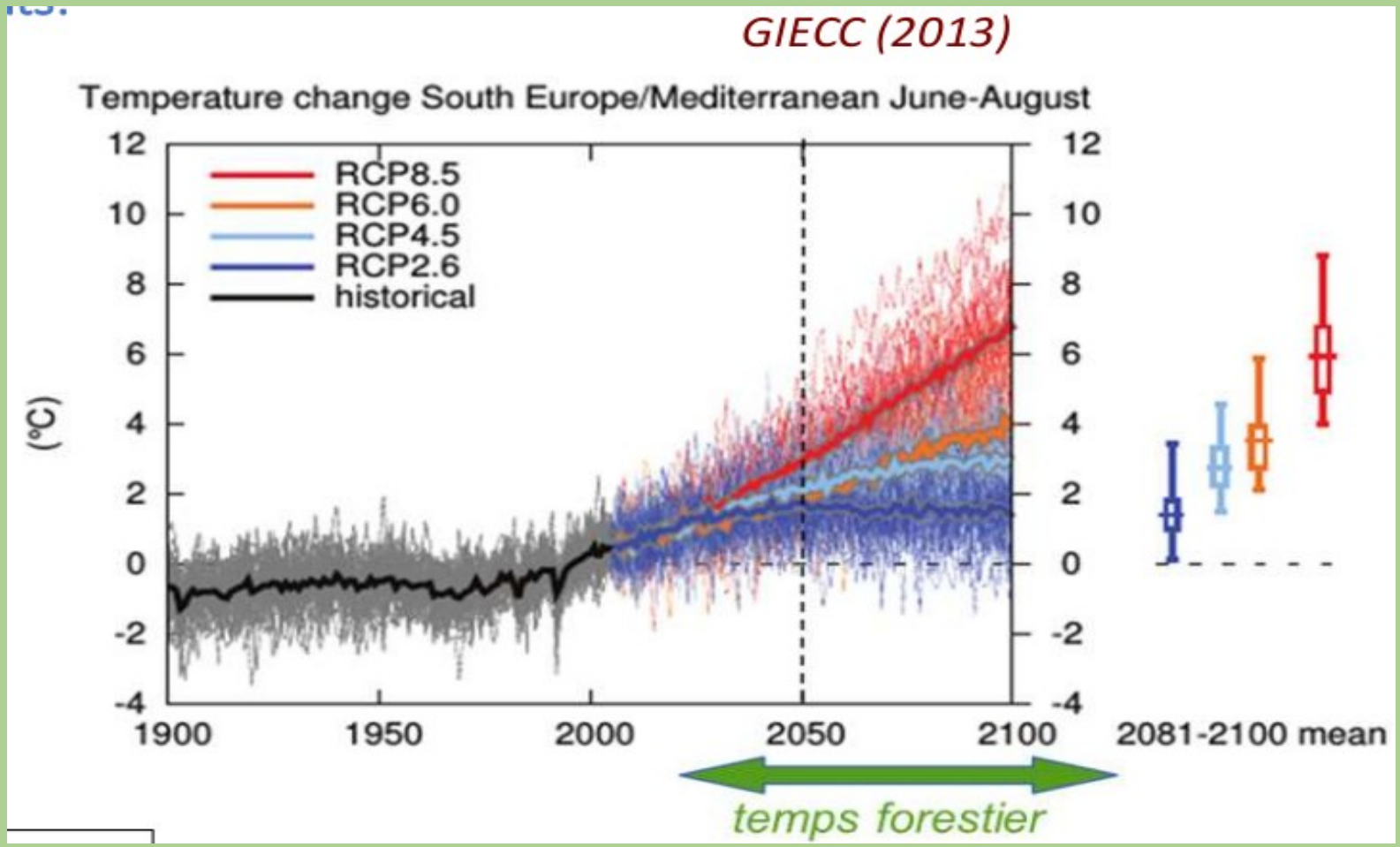
©fonds patrimonial C. Flahault

©DR

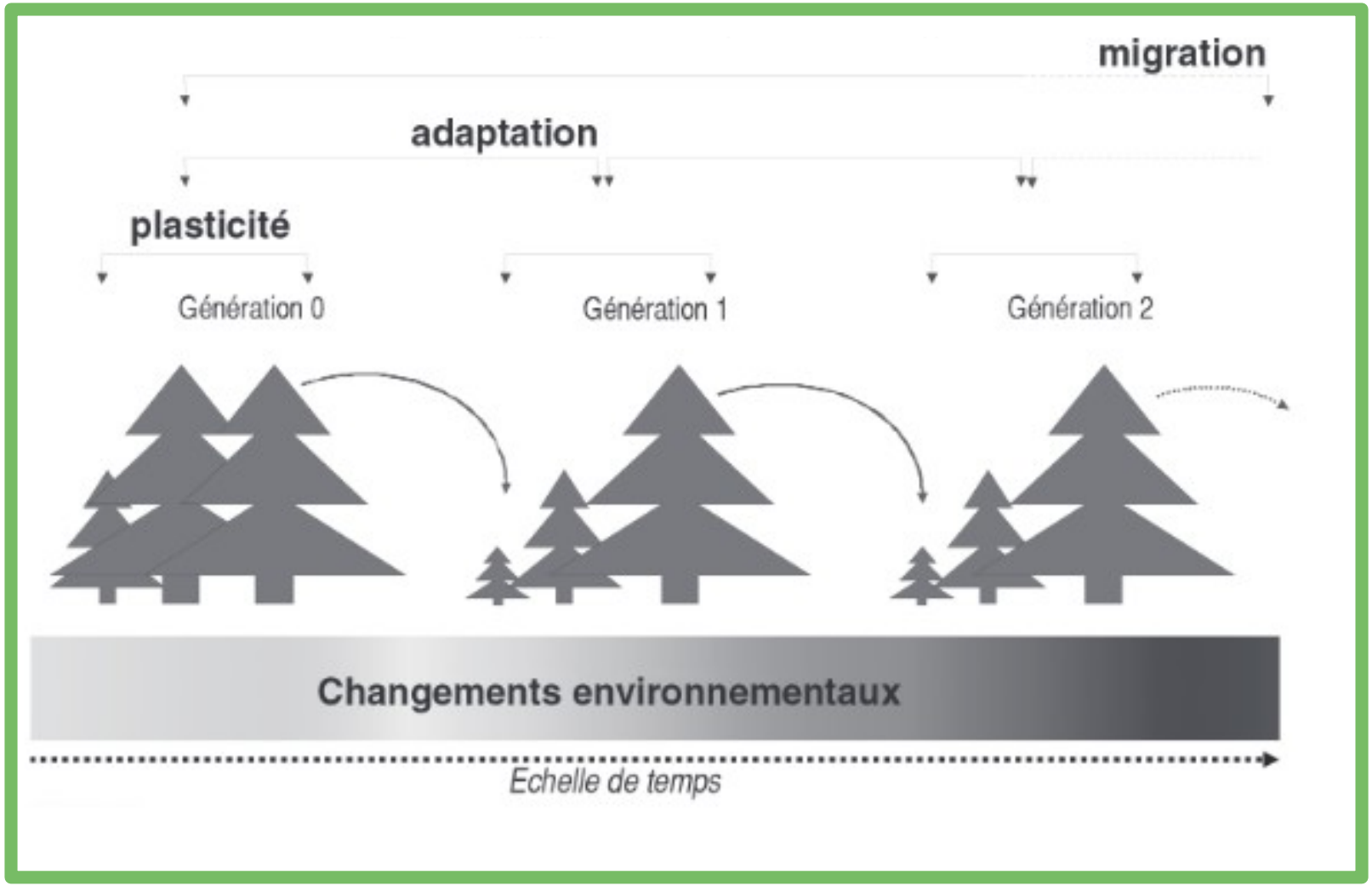
©notre-planete.info



-Les temps forestiers-
changements majeurs accompagnés de multiples incertitudes



Échelle de temps du changement climatique - Durée des générations d'arbres



Lefèvre. 2010 Forêt Méditerranéenne XXXI

Favoriser la diversité génétique et la gérer durablement pour….

-Adapter les forêts à de nouvelles conditions en favorisant les processus évolutifs pour accélérer l'adaptation à ces environnements changeants

ET

-Préserver la diversité génétique sur le **long terme**

Diversité génétique = Réservoir d'options

II. Diversité génétique et adaptation quelques exemples tirés de la littérature

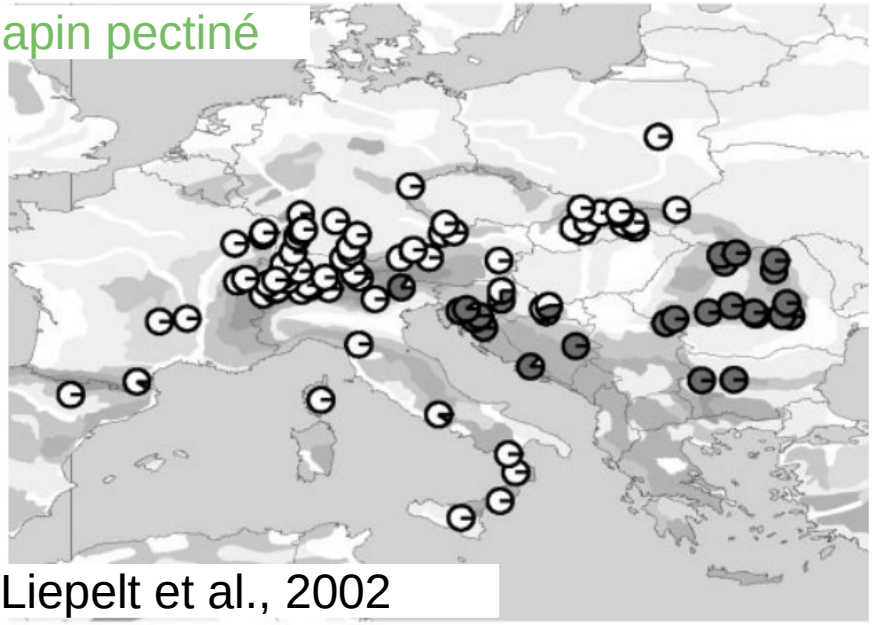
Structure génétique à différentes échelles

Exemple 1 -Échelle Européenne-

Pin sylvestre

Pyhäjärvi et al. 2007

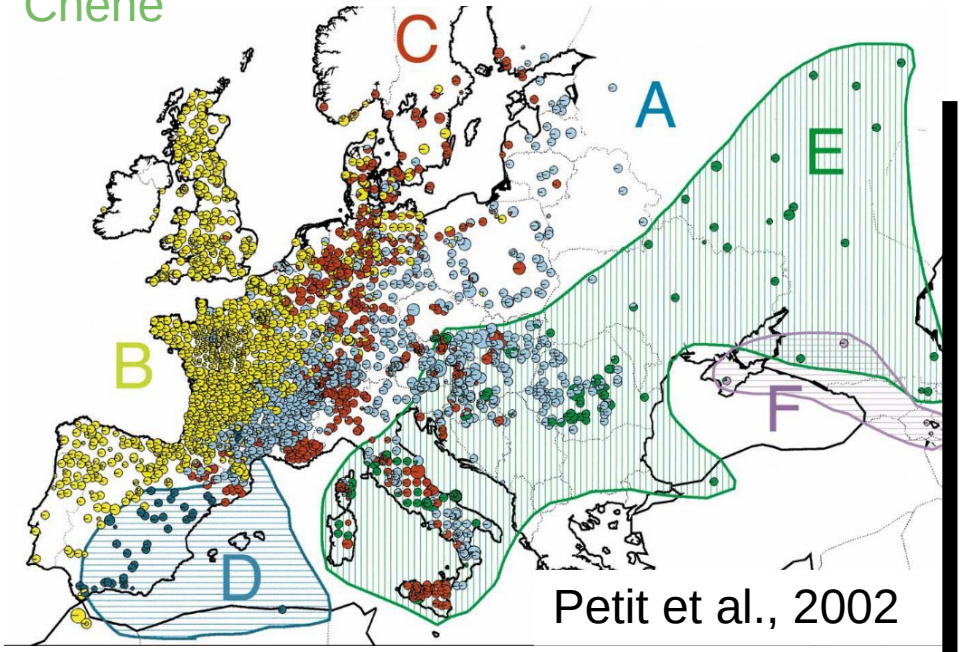
Sapin pectiné



Liepelt et al., 2002

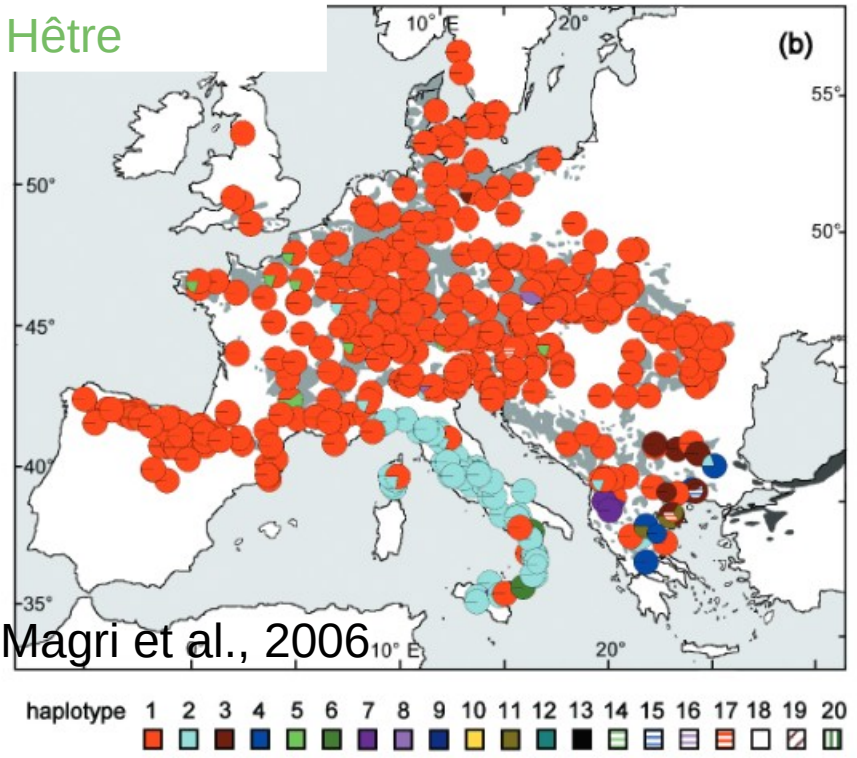
Structure génétique de la lignée maternelle

Chêne



Petit et al., 2002

Hêtre



Magri et al., 2006

Mise en évidence de l'adaptation chez les arbres

Jardin commun/ test de provenances

Méthode efficace pour étudier la part génétique qui contribue à la variance d'un trait phénotypique ; permet de « mimer » une variation climatique et de tester la réponse adaptative des arbres (Matyas, 1996)

Particularité des arbres forestiers

-Variabilité phénotypique

-Capacité d'adaptation à un moment donné (environnement constant)

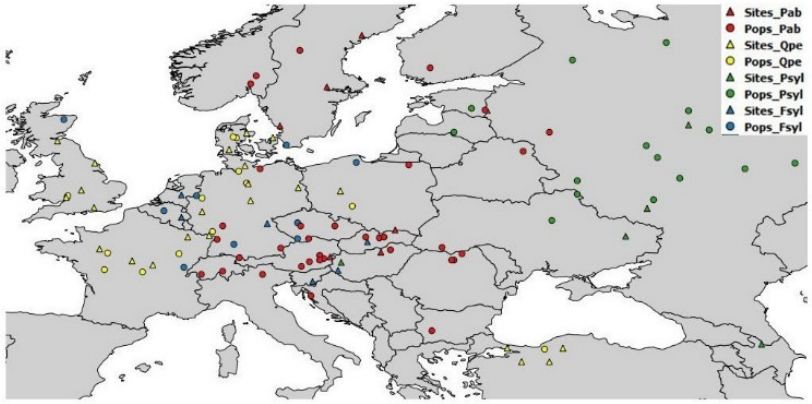
-Capacité d'adaptabilité en réponse à un environnement changeant

-Plasticité des arbres en place

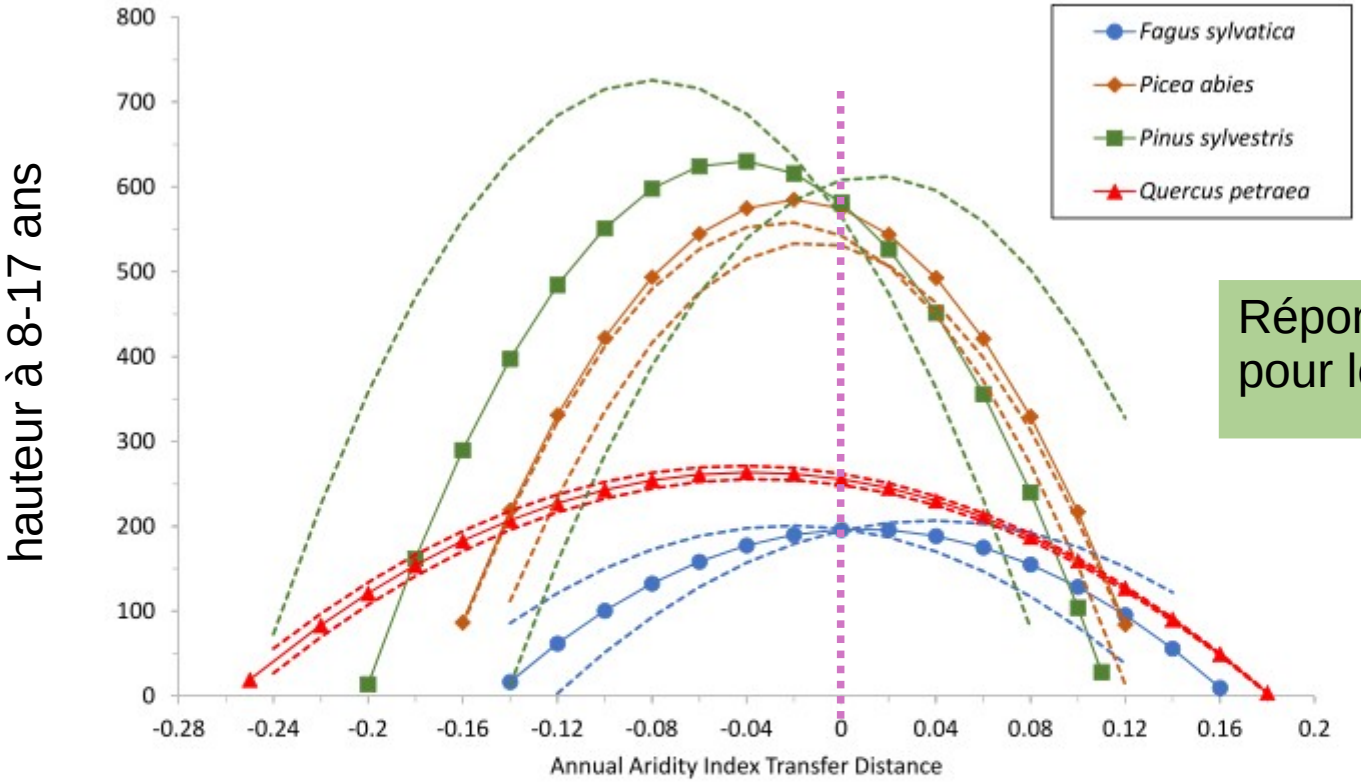
-Evolution génétique entre les générations

Lefèvre. Forêt Méditerranéenne XXXI 2010.

Réponse adaptative différente entre feuillus et conifères



Cuauhtémoc Sáenz-Romero et al., 2019.

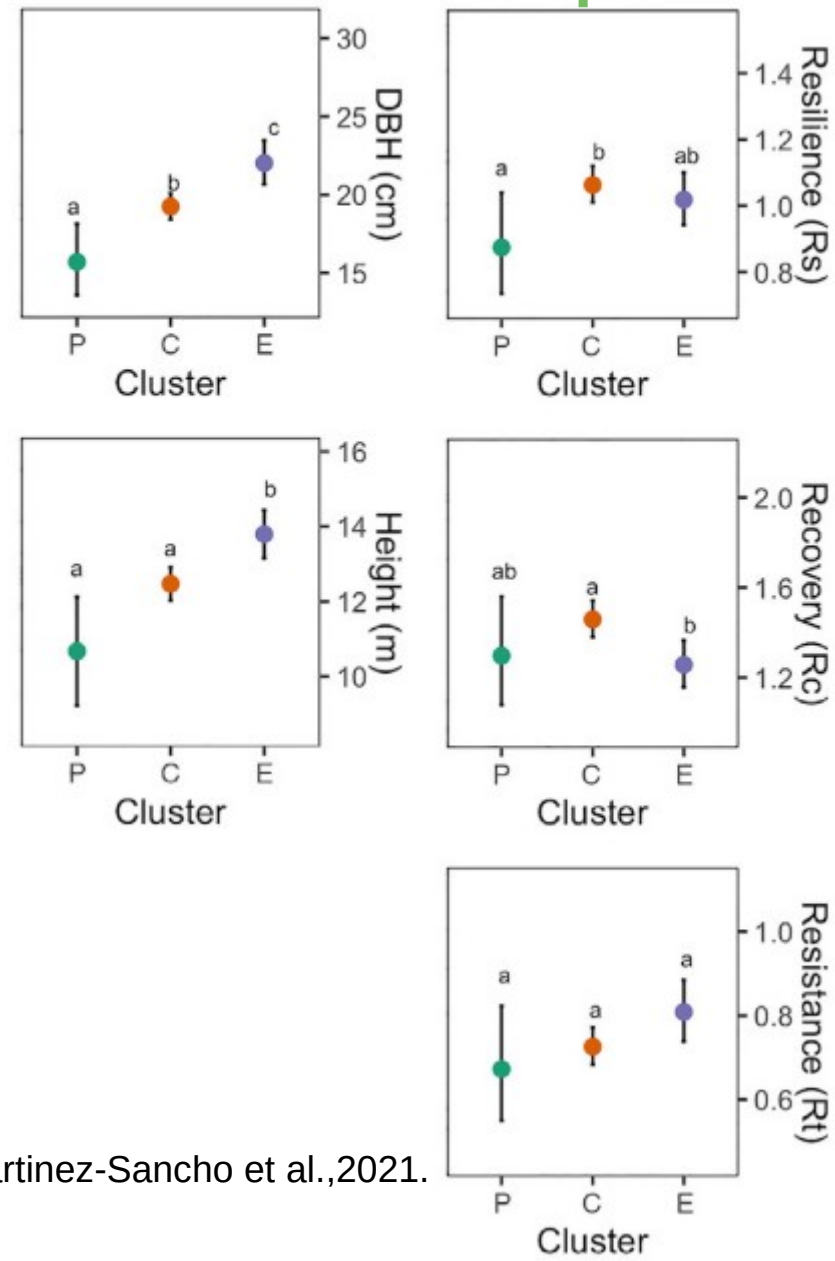


Réponses adaptatives plus marquées pour les deux espèces de conifères

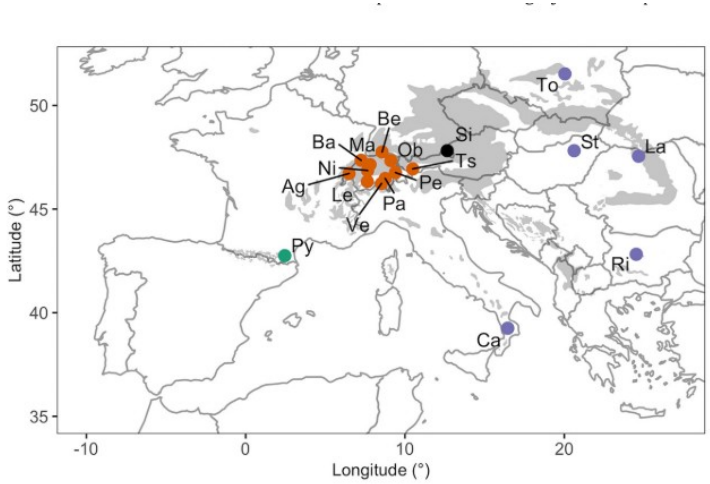
Transfert vers des sites plus froids et humides

Transfert vers des sites plus chauds et secs

Lien diversité génétique / adaptation



Martinez-Sancho et al.,2021.



Sapin pectiné :

- Performances de croissance : schéma Ouest-Est similaire à la structure génétique neutre

- Meilleur taux de récupération après 2003 pour les provenances centrales

- Plus faible croissance, plus faible niveau de résilience observé pour la provenance des Pyrénées

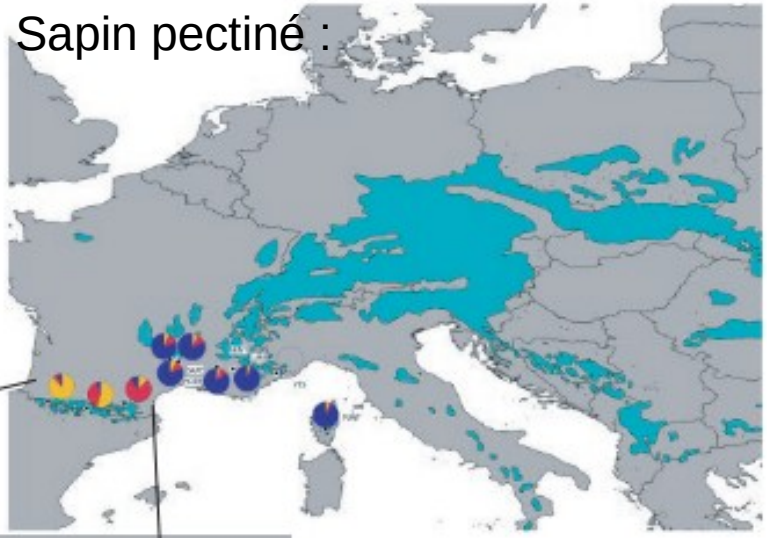
Dans cet étude, ce ne sont pas les populations plus au sud qui présentent la meilleure résilience face à la sécheresse

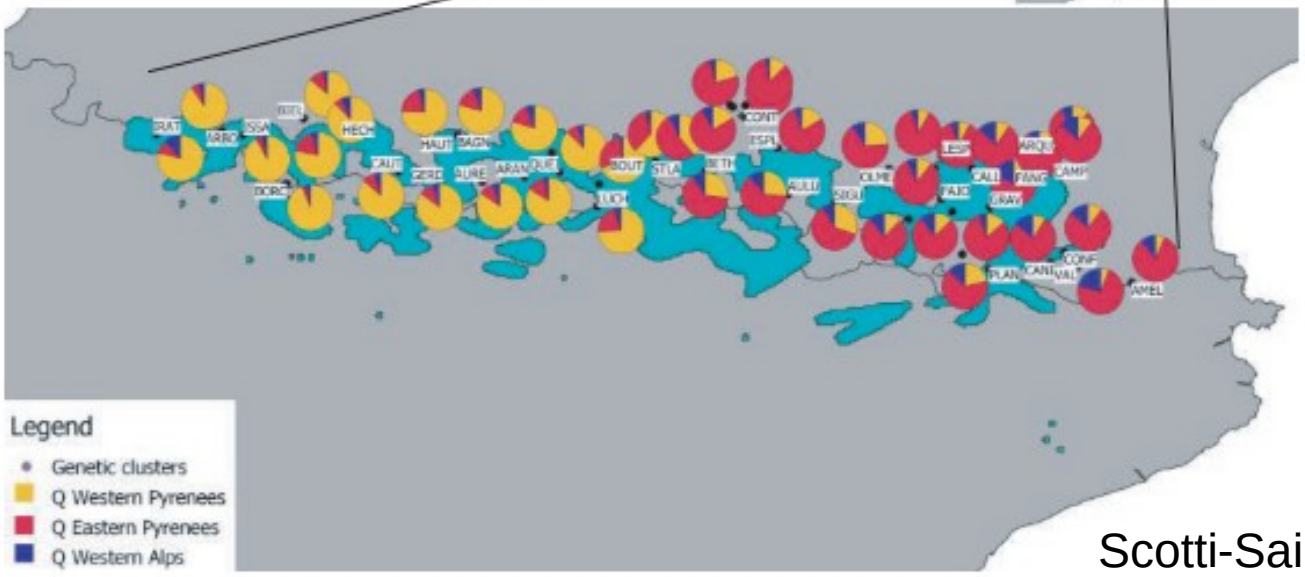
Attention aux idées conçues !

Exemple 2 -Échelle d’un Massif-

Structure génétique du sapin pectiné en marge sud de distribution

Sapin pectiné :

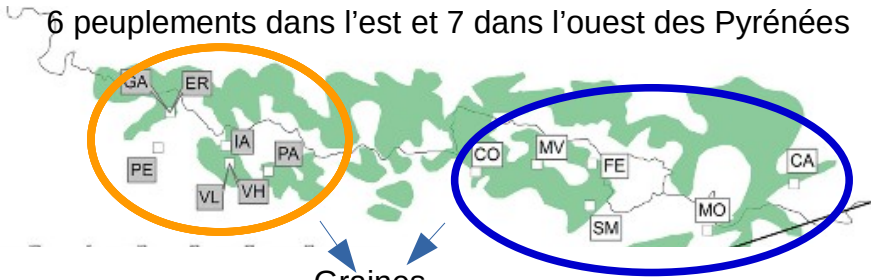




Scotti-Saintagne et al., 2021

Des différences adaptatives entre les sapins de l'est et de l'ouest des Pyrénées

6 peuplements dans l'est et 7 dans l'ouest des Pyrénées



Graines

Élevage des semis :
deux conditions de Température : actuelles et futures (+ 4°C)
deux conditions de disponibilité en eau : actuelles et futures (-30 %)

Mesures à 6 mois : survie, biomasse, traits physiologiques

Compromis entre croissance et résistance à la sécheresse

Matías et al. Tree Physiology 36, 1236-1246

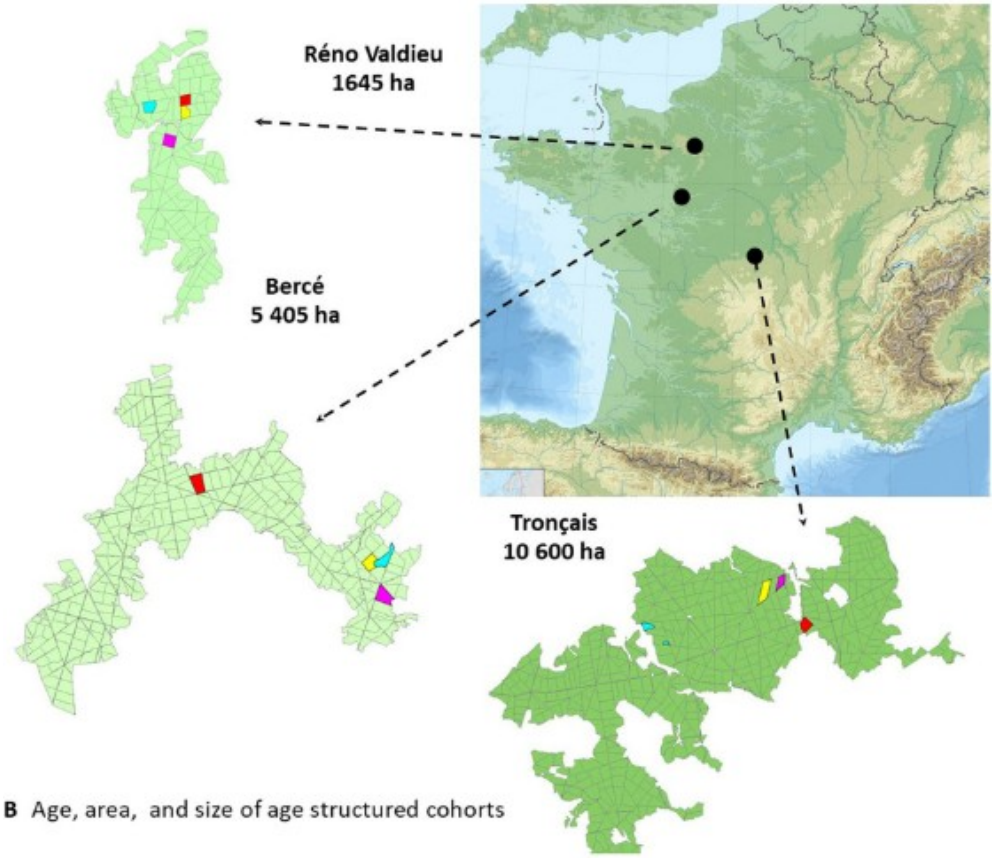
Voir aussi :

Csilléry, et al., Evol Appl. 2020

Exemple 3 -Échelle de la forêt-

Chêne sessile : Étude de la covariation des fréquences alléliques pour mettre en évidence la sélection naturelle en quelques générations

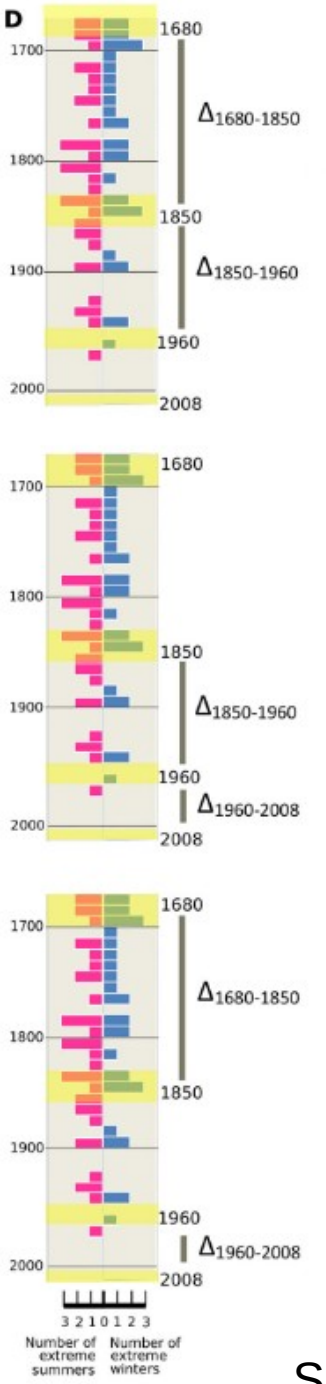
A Geographic distribution of age structured cohorts in three even-aged managed forests

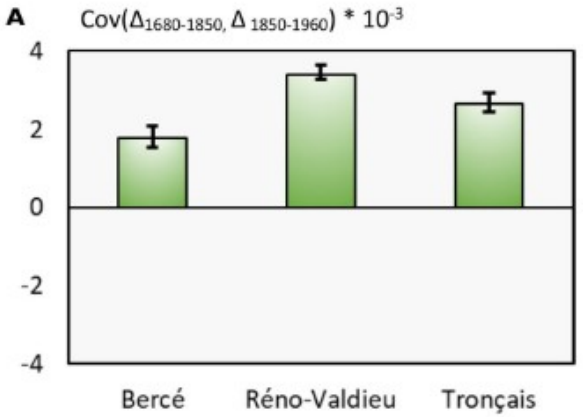


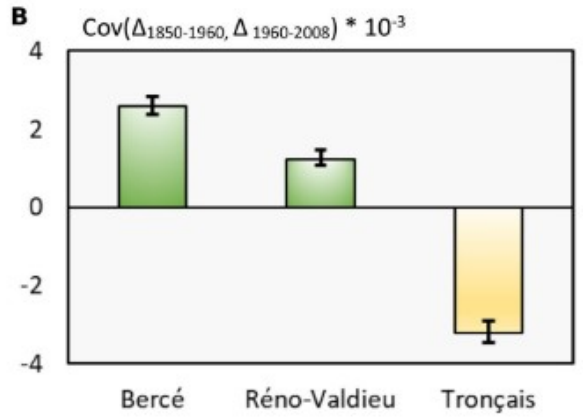
B Age, area, and size of age structured cohorts

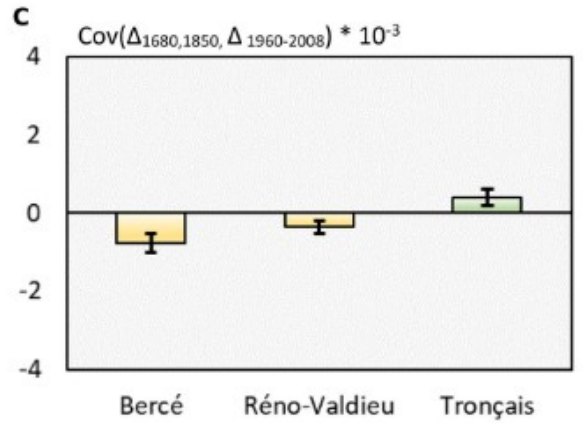
Forest	Cohort	Dates of birth according to management documents	Dates of birth according to dendrochronological data *	Surface of compartment (ha)	Sample size
Bercé	B1	2003-2013		20	53
	B2	1957	1954-1963 (3)	28	53
	B3	1855	1856-1858 (3)	28	44
	B4	1687	1675-1713 (18)	21	40
Réno-Valdieu	R1	2001-2010		10	55
	R2	1959	1959-1973 (26)	10	68
	R3	1854	1820-1857 (3)	12	54
	R4	1704	1665-1731 (10)	13	56
Tronçais	T1	2002-2010		35	55
	T2	1961	1953-1962 (10)	19	55
	T3	1833	1841-1852 (3)	16	53
	T4	1671	1654-1677 (4)	28	53

*Minimum and maximum dates assessed on the rings of the stump. Numbers within brackets indicate the number of trees felled for the assessment.









Saleh et al., 2022

L’évolution suit le climat : les chênes se sont rapidement adaptés aux variations climatiques de l’Anthropocène

Espace Presse

Pixabay

Avec l’accélération du réchauffement climatique due aux activités humaines, la question de la vitesse d’évolution et d’adaptation des arbres est au cœur des préoccupations actuelles des chercheurs et forestiers. Les chercheurs d’INRAE, de l’ONF, du CEA ainsi que des universités d’Uppsala (Suède) et de Zhejiang (Chine) ont étudié l’évolution des chênes de trois forêts françaises au cours des trois derniers siècles, de la période froide du Petit âge glaciaire au réchauffement dû aux activités humaines. Leurs résultats, publiés le 5 janvier dans Evolution letters, montrent que les chênes évoluent rapidement et sont capables de s’adapter aux variations climatiques en quelques générations. D’après ces conclusions, les gestionnaires forestiers auraient ainsi intérêt à raccourcir les générations et à favoriser la régénération naturelle des forêts pour faciliter l’évolution rapide des peuplements

Ce ne sont pas les conclusions de l’article mais la question reste pertinente et sans réponse.

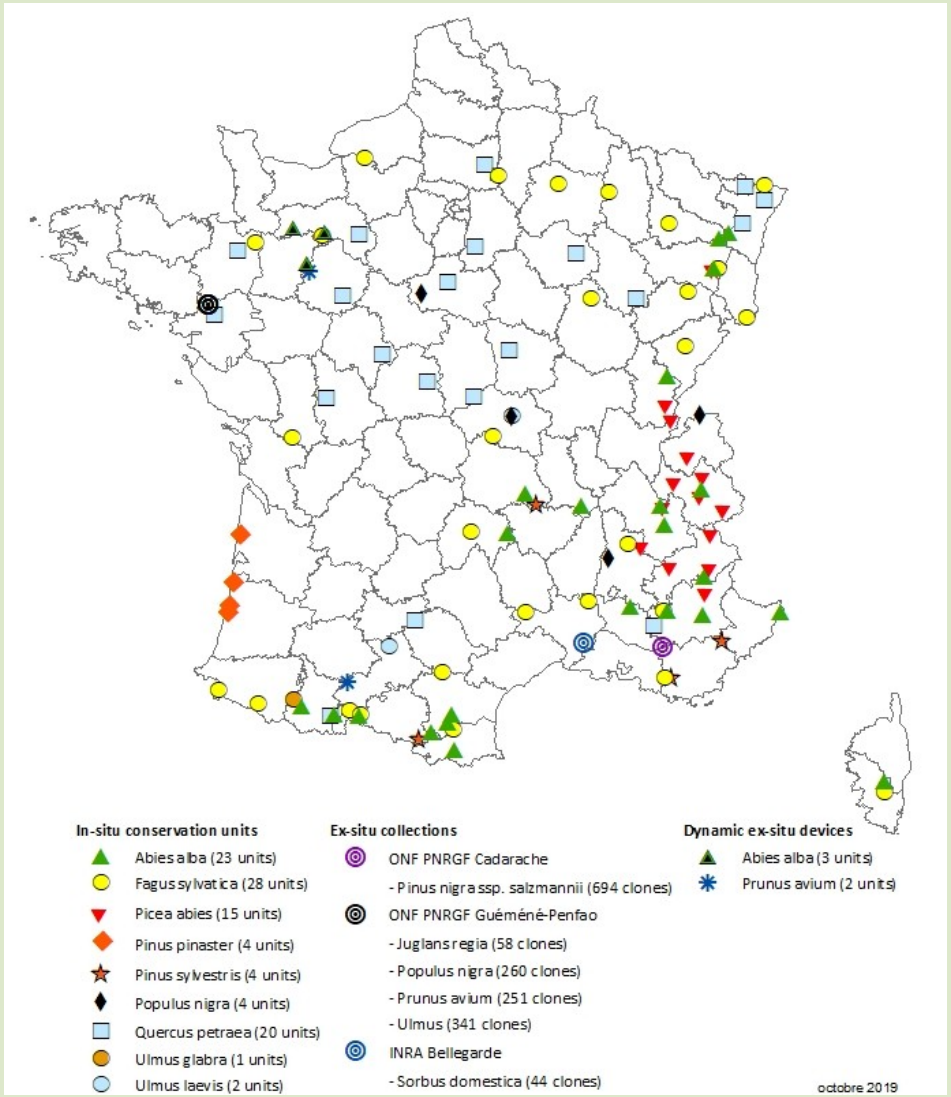
Ces résultats apportent de nouvelles connaissances pour adapter la gestion des forêts au changement climatique. Ils posent la question du maintien d’arbres plus que centenaires, adaptés à un climat froid, qui peuvent ralentir le processus évolutif en fécondant de plus jeunes arbres. Le raccourcissement des générations permettrait ainsi d’accélérer l’évolution et de limiter les effets de maladaptation due à la pollinisation par les vieux peuplements. Les forestiers peuvent adapter leur gestion forestière de la régénération naturelle pour laisser plus de place à l’évolution.En régénération naturelle, l’ensemencement se fait sans intervention humaine avec des semis très denses de plus de 100 000 graines par hectare. Les arbres sont ainsi confrontés à une forte pression de sélection où 95% des individus seront éliminés au cours des 15-20 années suivantes, et où les arbres les mieux adaptés aux conditions climatiques courantes seront sélectionnés.

III. Conservation des ressources génétiques

Un programme de conservation des ressources génétiques forestières

https://crgf.inrae.fr/

Unités conservatoires des ressources génétiques forestières en France



Fady B., A. Desgroux, C. Bastianelli, C. Joyeau, F. Lefèvre. 2020. National programme for the conservation of forest genetic resources in France. Conference GenTree, Avignon janvier 2020. http://www.gentree-h2020.eu/

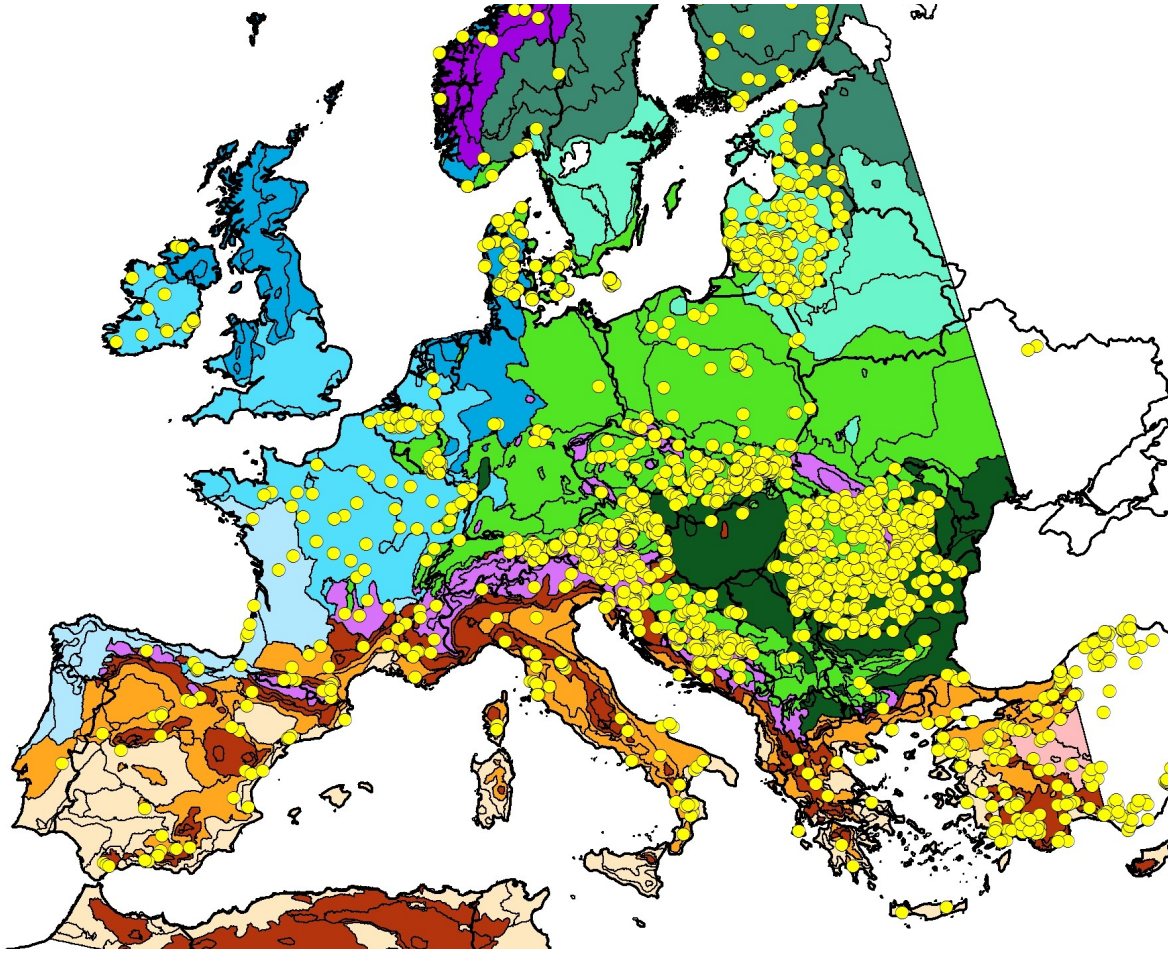
Politique nationale de conservation des ressources génétiques (Strasbourg, 1990)

https://agriculture.gouv.fr/la-politique-nationale-de-conservation-des-ressources-genetiques-forestieres

Pour un complément d'information :

Numéro spécial Rendez-vous techniques ONF 2012, n°36-37

Unités conservatoires des ressources génétiques forestières en Europe



Coordination des RGF dans le programme EUFORGEN (European Forest Genetic Resources Programme, 1994).
Système d'information des RGF d'Europe : EUFGIS.

http://www.euforgen.org/,
http://www.eufgis.org/

Abies alba	*Pinus leucodermis syn P. heldreichii*
Acer campestre	*Pinus nigra*
Acer pseudoplatanus	*Pinus pinaster*
Alnus cordata	*Pinus pinea*
Alnus glutinosa	*Pinus sylvestris*
Betula pendula	*Populus nigra*
Castanea sativa	*Populus tremula*
Fagus orientalis	*Prunus avium*
Fagus sylvatica	*Pyrus pyraster*
Fraxinus excelsior	*Quercus petraea*
Larix decidua	*Quercus robur*
Liquidambar orientalis	*Quercus suber*
Malus sylvestris	*Sorbus domestica*
Picea abies	*Sorbus torminalis*
Pinus brutia	*Tilia cordata*
Pinus cembra	*Tilia platypyillos*
Pinus halepensis	*Ulmus laevis*

Programmes de recherche : https://www.gentree-h2020.eu/

https://www.forgenius.eu/

Les UC dans les Pyrénées

Toutes espèces confondues

Ariège :
Hêtre : FD de Bellongue-Sud
Sapin : FD de Saint -Lary

IV . Quels leviers pour favoriser la diversité génétique ?

La sylviculture doit avoir **trois objectifs** si elle souhaite développer une pratique qui **s'appuie sur** et qui **préserve l'évolution :**

1. **Augmenter** les chances d'émergence de combinaisons génotypiques favorables

2. **Faciliter** la propagation des génotypes les mieux adaptés

3. **Préserver** la diversité génétique pour maintenir la capacité de réponse à la sélection sur le long terme

Comment la sylviculture peut agir sur la diversité génétique

La diversité génétique des populations évolue sous l'effet :

-de processus stochastiques (effets aléatoires d'échantillonnage en population finie),
-de processus dirigés (la sélection naturelle par le milieu physique et les interactions biotiques)
-de flux de gènes (échange de pollen ou de graines).

La sylviculture agit sur la diversité au travers

-des effectifs de reproducteurs,
-de la durée de génération,
-de la sélection des types d'individus contribuant à la régénération suivante,
-de l'intensité de la compétition,
-de l'intensité d'autres pressions de sélection,
-de la plantation de matériel sélectionné

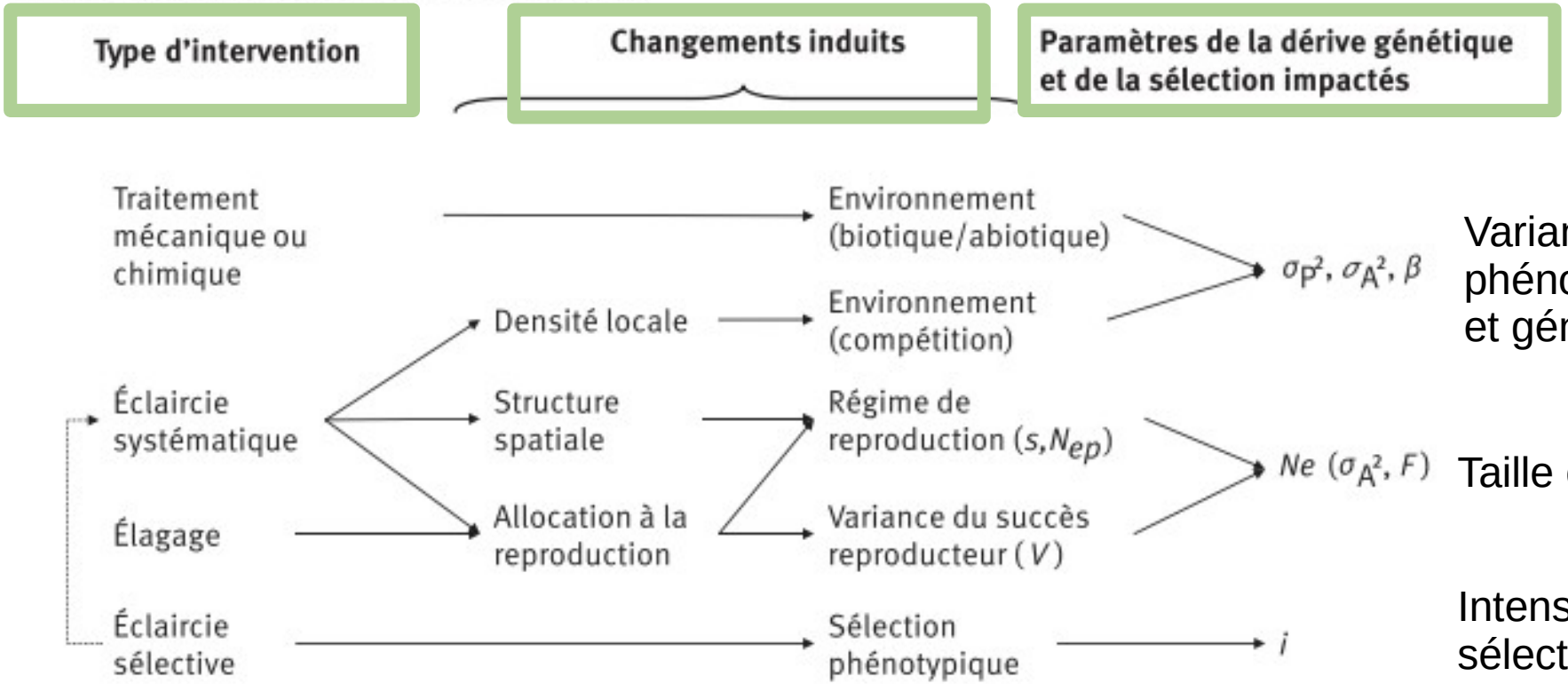
Pour un complément d'information :

https://www.onf.fr/onf/+/605::dossier-forestier-21-effets-des-interventions-sylvicoles-sur-la-diversite-genetique-des-arbres-forestiers.html

A. Valadon (2009) Effets des interventions sylvicoles sur la diversité génétique des arbres forestiers - Analyse bibliographique. Les Dossiers Forestiers ONF, 157p

FIGURE 2 **EFFETS ATTENDUS DE PRATIQUES SYLVICOLES SUR LES PROCESSUS DE L'ÉVOLUTION : REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DES MÉCANISMES D'IMPACT ATTENDUS DE LA GESTION FORESTIÈRE EN RÉGÉNÉRATION NATURELLE SUR LES PARAMÈTRES DE DÉRIVE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION**

Voir le texte pour l'explication de ces trajectoires. (σ_P^2, variance phénotypique ; σ_A^2, variance génétique additive ; β, gradient de sélection pour la sélection naturelle ; *i*, intensité de la sélection pour la sélection directe ; *s*, taux d'autofécondation ; N_{ep}, taille efficace du pool pollinique ; *V*, variance du succès de reproduction ; *Ne*, taille efficace de la population ; *F*, consanguinité).



Variance phénotypique et génétique

Taille efficace

Intensité de sélection

Lefèvre et al., 2021. Valoriser et renforcer les mécanismes d'évolution génétique par la sylviculture, pour l'adaptation au changement climatique. Revue Forestière française LXXIII

4.1 Pratiques forestières axées sur l'évolution « stratégie de pilotage »

Pilotage pour guider les processus évolutifs

Exemples de pratiques:

-**Dans les petites populations,** réguler la densité et la distribution spatiale pour égaliser le succès de la reproduction entre les arbres

- En milieu hétérogène, dissocier les zones de production et les zones d'évolution (patchs de sélection dans les zones difficiles) et permettre le flux de gènes entre ces entités

- **Sauver l'arbre isolé**, qui cumule la dispersion à longue distance (dans les graines allo-pollinisées) et peut être adapté aux conditions marginales

Complément d'information :

Lefèvre et al., 2014 Considering evolutionary processes in adaptive forestry. Ann Forest Science 71
Lefèvre et al., 2021. Valoriser et renforcer les mécanismes d'évolution génétique par la sylviculture, pour l'adaptation au changement climatique. Revue Forestière française LXXIII

4.2 Pratiques forestières basées sur la plantation « stratégie de contrôle total »

Remplacer le peuplement local par une ressource génétique supposée mieux adaptée

- Des exemples qui ont bien fonctionné :

Pin de Monterey (*pinus radiata*) à travers plusieurs continents, l'épicéa en l'Europe, reboisement multi-espèces du Mont Ventoux

- Des exemples qui ont mal fonctionné :

Plantation de Pin maritime de provenances ibérique dans les Landes ; plantations d'Épicéa dans le nord de la France

Grands froids de 1962-1963 et 1985 sur la pinède landaise

Les faits:

- 1946-1947: grands incendies
  - reboisements Pin maritime origines landaises et ibériques
- 1962-1963: grands froids (-17°C)
  - 1965: 100000ha détruits, origines ibériques
- 1985: grands froids (-22°C)
  - 1985: 30000-50000ha détruits, origines ibériques

Leçons à tirer:

- Il y a de la diversité génétique y compris pour la sensibilité aux événements extrêmes
- On ne connaît pas toujours d'avance la diversité dont on aura besoin dans le futur
- La catastrophe vient de l'homogénéité génétique à l'échelle du massif

Le Tacon et al (1994)

F. Lefèvre. 2020. Académie d'Agriculture de France

Dégâts de scolytes sur Épicéa dans le Nord Est , en cours

Les faits:

- Années 1950: boisements Fond Forestier National, parfois en situation limite
- 2000-2008: environ 6Mm^3 de bois attaqués suite à la tempête de 1999
- 2019-2020: mortalité massive sur peuplements affaiblis par la sécheresse

Leçons à tirer:

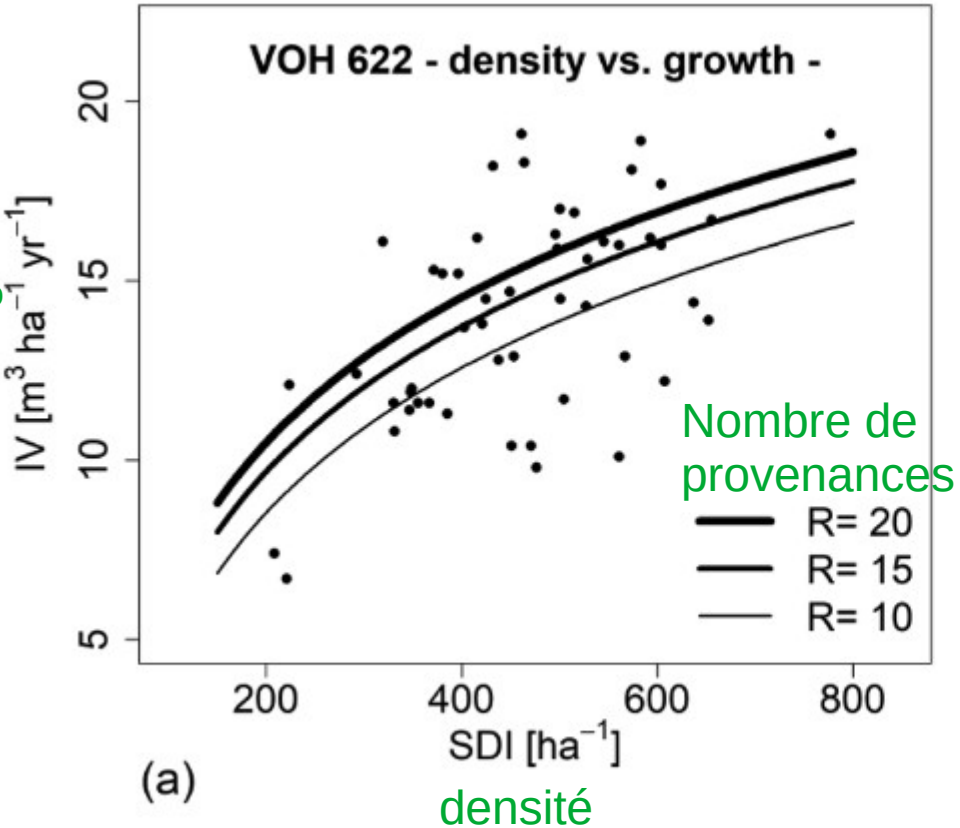
- Une cascade de risques peut faire basculer vers l'effondrement
- La diversité génétique au sein des espèces ne suffit pas toujours
- La diversité des peuplements à l'échelle du massif limite la catastrophe

B. Boutte, S. Gaudin, communication personnelle

F. Lefèvre. 2020. Académie d'Agriculture de France

Maximiser le nombre de provenances peut avoir des effets positifs sur la production

Plantation d'épicéa (43 ans) en Allemagne



Croissance périodique du volume des tiges

densité

Pretzsch 2021.

-Forte variance entre provenances pour les traits de croissance (10 à 27 %)

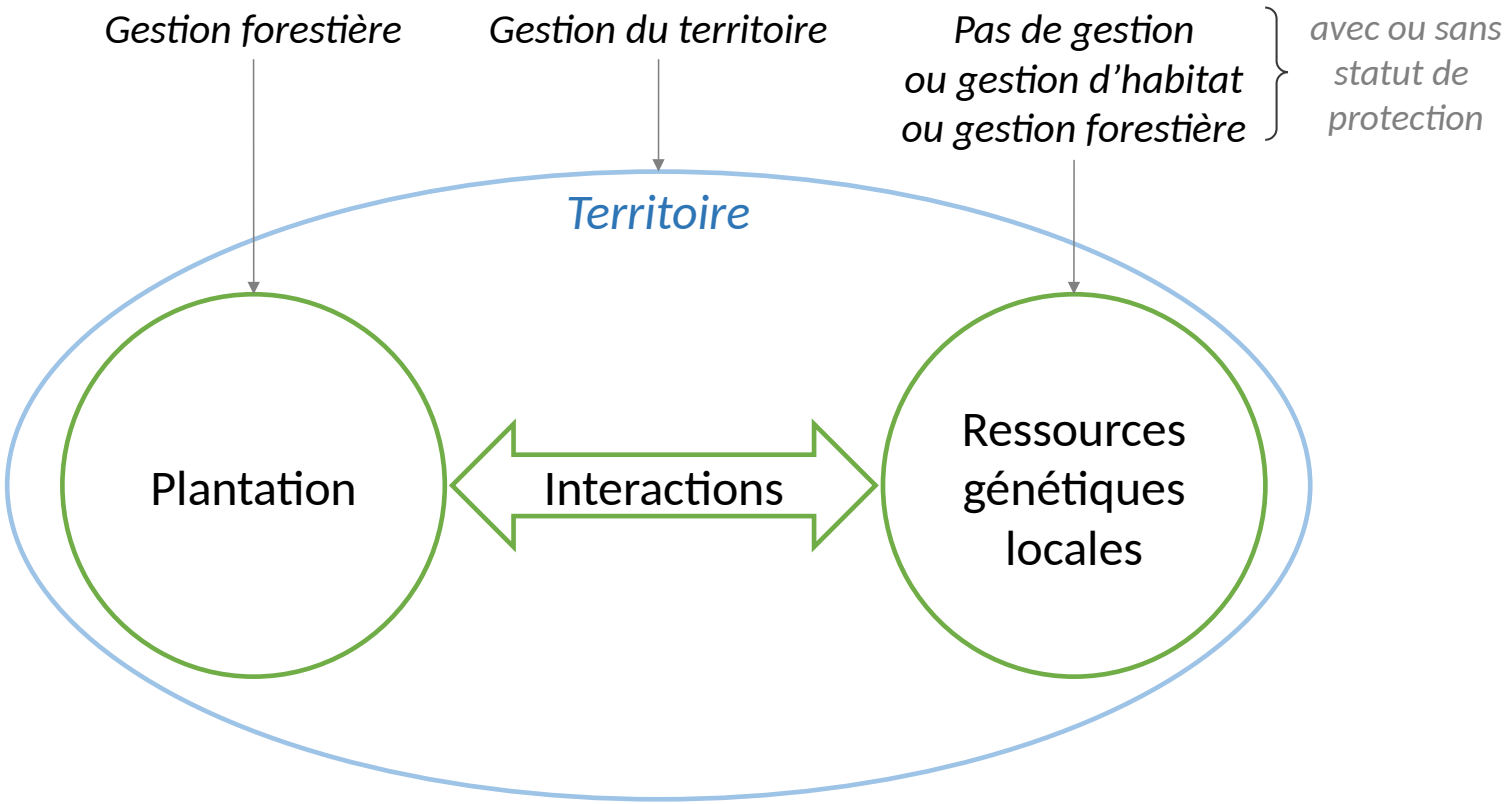
- La présence de différentes provenances au voisinage de chaque arbre réduit la compétition individuelle

-La présence de différentes provenances au voisinage de chaque arbre augmente la croissance (effet ++++ si mélange spatial)
------->
+ 28 % si 10 provenances vs 5 provenances

Complémentarité inter-provenances de l'allométrie qui expliquerait la réduction de compétition et l'augmentation de croissance

4. 3 Pratiques forestières axées sur l'évolution et la plantation « stratégie combinée »

Stratégie **combinée** qui consiste à suivre la stratégie de pilotage après **enrichissement génétique de la ressource locale** avec une certaine quantité de **matériel introduit** .Ceci peut permettre d'augmenter le potentiel évolutif et d'accélérer l'évolution tout en limitant l'incertitude écologique due à l'introduction d'une essence.



Lefèvre (2004)

Chaîne de conditions

1. Plantation **hybridogène**: même espèce ou même complexe d'espèce
2. Plantation au contenu génétique **différencié** (sinon peu d'impact écologique ni évolutif)
3. Plantation conduite jusqu'à la maturité sexuelle
4. Concordance phénologique entre réceptivité femelle de l'un et émission de pollen de l'autre
5. Dispersion de quantité significative de pollen dans un sens ou dans l'autre
6. Viabilité des graines et des plantules(*)
7. Survie des hybrides jusqu'au stade adulte(*)

→ **impact de l'hybridation**

dans les ressources génétiques locales ou dans la plantation

(*): les graines non viables ou les semis maladaptés seront éliminés par sélection naturelle, leur impact sur les RG locales est donc faible sauf si la proportion de graines hybrides est très élevée

Des références pour les distances de dispersion

Revue sur les arbres forestiers:

- *dispersion maximale du pollen* 3000 kms
- *distance maximale pollen viable* 600 kms
- *distance maximale pollen efficace* 100 kms
- *distance maximale dispersion graines* 20 kms

Kremer et al (2012)

Espèce	Chênes	Alisier	Cèdre	Frêne
Nombre total de descendants étudiés	161	454	100	100
Nombre (pourcentage) de descendants avec deux parents retrouvés	9 (5,6 %)	97 (21,4 %)	4 (4 %)	5 (5 %)
Nombre (pourcentage) de descendants avec un parent retrouvé	118 (73,3 %)	279 (61,5 %)	38 (38 %)	74 (74 %)
Nombre (pourcentage) de descendants avec aucun parent retrouvé	34 (21,1 %)	78 (17,2 %)	58 (58 %)	21 (21 %)
Pourcentage de gamètes* (pollen) en provenance de l'extérieur du dispositif	57,8 %	47,9 %	77 %	58 %
Distance moyenne parent-descendant (m)	69,4	374	246	182
Distance moyenne mère-descendant (m)	12,4	144	194	?
Rapport de dispersion pollen / graine	25,2	5,1	≈1	14

Tab. 2 : résultat des recherches de parentés et des calculs de distances de dispersion chez les cinq espèces

- Dispersion potentielle à très longue distance
- Essentiel des émission à proximité
- Proportion reçue diminue avec la densité locale

Gerber et al., 2004

RDV techniques hors-série n° 1 - 2004 - ONF

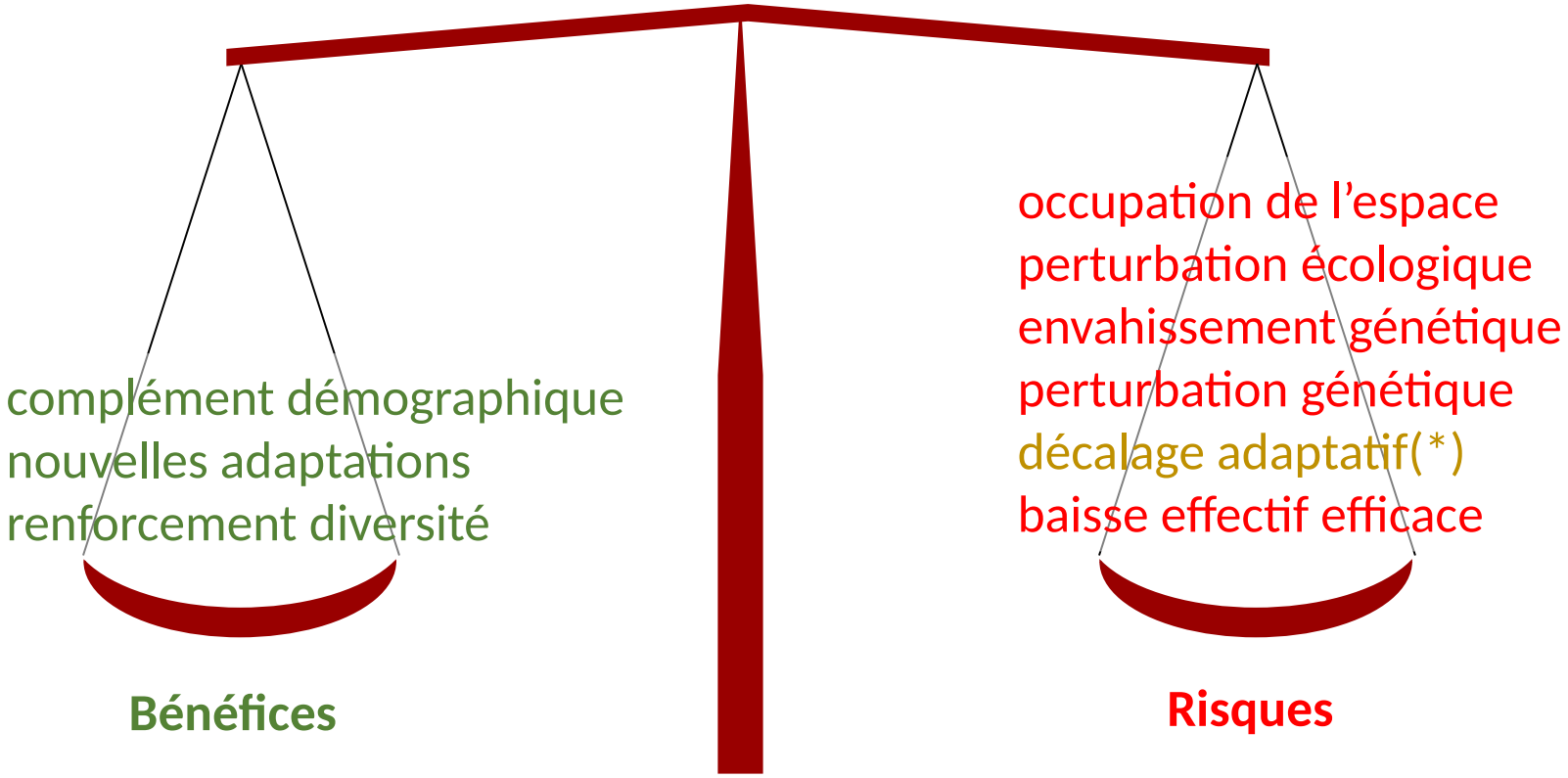
Des références pour les distances de dispersion

Etienne Klein, Bruno Fady, Julie Gauzere, Francois Lefèvre, Sylvie Oddou-Muratorio, et al.. Migration, dispersion des pollens et des graines : interaction de processus d'émographiques et génétique. Innovations Agronomiques, INRAE, 2015, 47, pp.81-95. ff10.15454/1.4622688878899135E12ff. ffhal02635807f

Kremer A, Ronce O, Robledo-Arnuncio JJ, et al. Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change. Ecol Lett. 2012;15(4):378-392. doi:10.1111/j.1461-0248.2012.01746.x

Gerber et al., 2004. Flux de gènes par pollen et par graines chez quelques espèces forestières : exemples des chênes, de l'alisier, du cèdre et du frêne. RDV Techniques- ONF

Évaluation des risques et bénéfices pour les RG locales



(*): l'adaptation aux conditions futures peut passer par une une maladaptation aux conditions courantes

Clefs pour une démarche de précaution

I. Précautions *a priori*, questions à résoudre:

1. Quels sont les enjeux spécifiques de conservation des RG locales et mesures associées?
2. Quel est le « rapport de force » entre plantation et RG locales (surface, taille de population)?
3. Y a-t-il un risque connu de dynamique envahissante? Si oui, quelles mesures de prévention?
4. Y a-t-il un autre risque connu de perturbation écologique? Si oui, quelles mesures de prévention?
5. La plantation est-elle hybridogène?

II. Précautions de mise en place

6. Assurer une traçabilité précise et à long terme du contenu génétique de la plantation
7. Planter une base génétique aussi diversifiée que possible
8. Respecter les préconisations éventuelles pour la protection des RG locales

III. Précautions pour le suivi

9. Suivre la dynamique spontanée autour de la plantation
10. En cas de probabilité non négligeable d'hybridation, en rechercher des traces dans les RG locales
11. En cas de crise sanitaire sur la plantation, surveiller les RG locales

V. Chaque acteur de la filière peut jouer un rôle sur le devenir de la diversité génétique locale

Directives régionales : Arrêté préfectoraux relatifs au **matériels forestiers de reproduction** et aux **densités** éligibles aux aides de l'État sous forme de subventions ou d'aides fiscales pour le boisement et le reboisement

Liste des essences objectifs utilisables en Occitanie (20/12/2020)

.

Les fiches "Conseils d'utilisation des matériels forestiers de reproduction", rédigées sous la coordination de l'INRAE, à partir des connaissances scientifiques et sylvicoles régulièrement actualisées, sont disponibles sur le site du ministère de l'agriculture et de l'alimentation

.

https://agriculture.gouv.fr/graines-et-plants-forestiers-conseils-dutilisation-des-provenances-et-varietes-forestieres

Nom français	Nom latin
cèdre de l'Atlas	cedrus atlantica
cèdre du Liban	cedrus libanii
douglas vert	pseudotsuga menziesii
épicéa commun	picea abies
epicéa de Sitka (3)	Picea sitchensis
mélèze d'Europe	larix decidua
mélèze du Japon	larix kaempferi
mélèze hybride	larix x eurolepis
pin à encens	pinus taeda
pin brutia	pinus brutia
pin d'Alep	pinus halepensis
pin de Salzmann	pinus nigra ssp salzmannii
pin laricio de Calabre (1)	pinus nigra var calabrica
pin laricio de Corse (1)	pinus nigra var corsicana
pin maritime	pinus pinaster
pin noir d'Autriche (1)	pinus nigra ssp nigricans
pin pignon	pinus pinea
pin sylvestre	pinus sylvestris
sapin de Bornmuller (ou sapin de la mer noire) (2)	abies bornmuelleriana
sapin de Céphalonie (2)	abies cephalonica
sapin pectiné	abies alba
sapin pinsapo (ou d'Espagne) (2)	abies pinsapo
sapin de Vancouver (3)	abies grandis

(1) Les peuplements de pin de Salzmann figurent dans la liste des habitats naturels d'intérêt communautaire. Les peuplements avec un fort enjeu de conservation (en site Natura 2000 ou hors site, inventaires scientifiques, peuplements classés pour les récoltes de graines) ont été cartographiés par la DRAAF et les données sont à disposition sur son site internet http://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/ rubrique forêt-bois/matériel forestier (MFR).
Les plantations de pins noirs (autres que de Salzmann) ne doivent pas être réalisées à moins de 1000 mètres autour de ces peuplements ainsi référencés. Les plantations de pin maritime sont également exclues de ces zones en raison de leur fort pouvoir colonisateur.

(2) Dans un souci de conservation des ressources génétiques forestières du sapin pectiné (risque d'hybridation), les plantations de sapins méditerranéens ne doivent pas être réalisées dans un périmètre de 500 mètres autour des zones où le sapin pectiné autochtone fait l'objet de mesures de conservation particulières et au-delà d'une altitude définie en fonction des secteurs géographiques, correspondant à la zone de répartition naturelle de cette espèce (voir annexe 2). Ils sont également exclus dans les vallées entrant en « doigts de gants » dans le massif Pyrénéen quelque soit l'altitude. Les cartes de retranscription de ces conditions de mise en œuvre sont à disposition sur le site internet de la DRAAF http://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/ rubrique forêt-bois/matériel forestier (MFR).

(3) Une vigilance particulière devra être portée avant la plantation de ces essences compte tenu de leur autoécologie et du contexte de changement climatique.

Note intégrée en 2021 dans les MFR de sapins méditerranéens

Enjeux d'hybridation lors de l'introduction de sapins méditerranéens à proximité des populations autochtones de sapin pectiné

Le sapin de Bornmüller (*Abies bornmulleriana, Abies equi-trojani*), le sapin d'Espagne (*Abies pinsapo*), le sapin de Céphalonie (*Abies cephalonica*) mais aussi le sapin de Nordmann (*Abies nordmannia*) et les autres sapins méditerranéens peuvent s'hybrider entre eux et avec le sapin pectiné lorsque deux populations sont en contact. Les plantations forestières situées à portée des flux de pollen ou de graines peuvent interférer plus ou moins fortement sur la diversité génétique des peuplements locaux et par conséquent sur les processus évolutifs. Savoir si cette interférence peut être significative ou négligeable, positive ou négative, est une question complexe.

État des lieux de la réalisation effective de l'hybridation chez le sapin

Bien qu'il existe un décalage phénologique entre les espèces de sapins euro-méditerranéens, il n'est que partiel et ne constitue pas une barrière à la reproduction. Les grains de pollen de sapin sont larges et lourds ce qui réduit l'efficacité de leur dispersion par le vent. Des études de modélisations montrent que la majorité du pollen se disperse dans un rayon de 50 mètres puis décroît pour atteindre des proportions négligeables au-delà de 100m. Pourtant, des observations de terrain montrent que des événements de dispersion sur de longues distances (>500 m) sont possibles, quoique rares. Ils dépendent de l'ouverture de la végétation et de la topographie du milieu. La proportion de graines hybrides dépendra finalement du rapport de « masse reproductrice » entre peuplements issus de plantations et peuplements locaux.

Effets de l'hybridation sur la diversité génétique locale.

POSITIF

Les sapins méditerranéens sont génétiquement différenciés du sapin pectiné. Ils partagent certains allèles mais un grand nombre sont différents. Si le sapin pectiné local et le sapin méditerranéen introduit présentent des valeurs de diversité génétique comparables alors la conséquence sera une augmentation de la diversité génétique dans la population issue de leur hybridation. Ceci pourrait être le cas si les plantations sont réalisées à partir des vergers à graines de sapins de Céphalonie ou de sapin de Bornmüller.

NÉGATIF

1. Si l'espèce introduite présente peu de diversité génétique alors la diversité génétique dans la population hybride sera diminuée. Ce pourrait être le cas avec l'introduction du sapin d'Espagne dont on ne maîtrise pas l'approvisionnement en graines en raison de l'absence de verger à graines en France et d'une fragmentation des populations espagnoles qui ont conduit à leur appauvrissement génétique.
2. Si l'espèce introduite se trouve à proximité d'une aire protégée, alors il y a un risque de perte de spécificités génétiques locales actuelles et donc un risque patrimonial évident. Dans ce cas, il faudra adopter des mesures de distanciation pour minimiser la probabilité d'hybridation.

Effets de l'hybridation sur l'évolution du peuplement

POSITIF

L'effet est positif si les allèles nouvellement introduits favorisent l'adaptation au milieu. Chez le sapin, si la résistance à la sécheresse est augmentée par l'apport de ces nouveaux allèles, alors les arbres qui portent ces allèles seront à court terme plus compétitifs pour la survie, la croissance et la participation à la génération suivante. La diffusion et l'assimilation de ces nouveaux allèles pourra se faire en quelques générations dans les peuplements locaux.

NÉGATIF

L'effet sera négatif si des gènes mal-adaptés sont introduits dans la population locale. Par exemple, l'introduction d'une sensibilité à des maladies ou une sensibilité à des conditions climatiques. En particulier, l'introduction de certaines provenances de sapins de Céphalonie qui sont plus sensibles aux grands froids pourraient engendrer des dégâts de forme ou pire de mortalité dans certains peuplements. Ce risque étant important, il est demandé d'en avoir une traçabilité en conservant les documents du fournisseur et en faisant un suivi des plantations.

Pour des informations plus complètes, il convient de se référer à la plaquette publiée par la Commission des ressources génétiques forestières (CRGF) sur son site internet.

L’**aménagement du territoire** peut jouer sur la diversité génétique des peuplement et déterminer les capacités de flux de gènes et de migration des espèces

09 ARIÈGE LE DÉPARTEMENT

Profil

Rechercher sur le site...

LE DÉPARTEMENT | ENTREPRENDRE | ETRE SOLIDAIRE | ACCOMPAGNER LA JEUNESSE | MIEUX VIVRE ICI | SE CULTIVER ET BOUGER | SE DÉPLACER

Accueil > Mieux vivre ici > Développement durable > **La forêt : vers une sylviculture collective**

MIEUX VIVRE ICI

Développement durable

Annuaire des producteurs

Aménager le territoire

Réduire la fracture numérique

Gérer les ressources en eau

Atlas des paysages d'Ariège-Pyrénées

Villes et villages fleuris

Laboratoire Vétérinaire Départemental de l'Ariège (LVD09)

INFOS ROUTES

MARCHÉS PUBLICS

E-ADMINISTRATION

La forêt : vers une sylviculture collective

L'Ariège est le premier département forestier de la région. La forêt ariégeoise est très diversifiée en essences (hêtre, sapins, épicéa, chêne, châtaigner, merisier, frêne, pins…).

187 000 ha de forêt appartiennent aux propriétaires privés. Mais le foncier forestier est très morcelé : 92,7% des parcelles sont inférieures à 4 ha. Du fait de cet émiettement foncier, les propriétaires ne disposent pas des moyens d'une gestion durable qui garantisse le renouvellement et l'amélioration progressive des peuplements.

C'est pourquoi, le Conseil départemental a souhaité mettre en œuvre une politique d'animation foncière forestière pour conseiller les propriétaires. Il s'agit de les accompagner dans la création de regroupements de gestion forestière afin qu'ils puissent établir des plans simples de gestion à une échelle suffisante pour introduire une véritable sylviculture qui garantisse la durabilité de la ressource.

Ces modes de gestion collective et concertée permettent d'améliorer les peuplements tout en autorisant des coupes raisonnées et planifiées. On attend de cette exploitation forestière durable, avec l'émergence d'une culture forestière, le développement des « filières bois » en Ariège (sylviculture, travaux forestiers, 1ère et 2nde transformation du bois).

Qui contacter ?

Pour tout renseignement :

Service « Agriculture / Espace rural »

Direction de l'Aménagement et de l'Environnement

Conseil départemental de l'Ariège

dame.dir@ariege.fr

Rapport Développement Durable 2019

L'Ariège fait partie de ces départements peu nombreux ayant su concilier développement économique, préservation de l'environnement et cadre de vie. Comme chaque année, le Rapport développement durable revient sur toutes les actions engagées par le Département au cours de l'année écoulée en faveur d'un développement du territoire ariégeois qui soit à la fois soutenable et profitable à tous.

Rapport Développement Durable 2019 (pdf - 19,07 Mo)

Depuis 2010, tous les Conseils Départementaux de France ont pour obligation de présenter un rapport annule de leur situation en matière de développement durable. Ce neuvième rapport permet de dresser un bilan des actions engagées par notre collectivité lors de l'année 2019 et de les porter à la connaissance des citoyens.

Les actions engagées par le Département sont ainsi présentées et analysées selon **5 finalités** du développement durable, définies lors du sommet de la Terre de Rio de 1992 :

FINALITÉ 1

Lutter contre le changement climatique et protéger l'atmosphère,

FINALITÉ 2

Préserver la biodiversité et protéger les milieux et les ressources,

FINALITÉ 3

Permettre l'épanouissement de tous les êtres humains,

FINALITÉ 4

Assurer la cohésion sociale et la solidarité entre territoires et entre générations,

FINALITÉ 5

Fonder les dynamiques de développement suivant des modes de production et de consommation responsables.

Parc naturel régional Pyrénées Ariégeoises

VI Des outils d’aide à la décision

AFORCE

Un Réseau français pour l'Adaptation des Forêts au Changement climatique

Mon compte

Partager cette page

Missions et organisation | Actions et productions | Climat et forêt Que sait-on ? | Initiatives régionales

QUI SOMMES-NOUS ?

AFORCE est un réseau mixte technologique (RMT) qui a pour objectif d'accompagner les forestiers dans l'adaptation des forêts aux changements climatiques, tout en renforçant les capacités d'atténuation de celles-ci.

L'essentiel sur AFORCE

QUE FAISONS-NOUS ?

- Projets et appels à projets
- Evénements
- Groupes de réflexion
- Formations
- Publications

ACTUALITÉS DU RÉSEAU

Climessences

Un nouveau site pour vous aider à choisir des essences forestières en contexte de climat changeant

Retrouvez les interventions de la conférence à distance du 5 juillet 2021

CLIM ESSENCES by AFORCE

Le webinaire en replay

16 PARTENAIRES

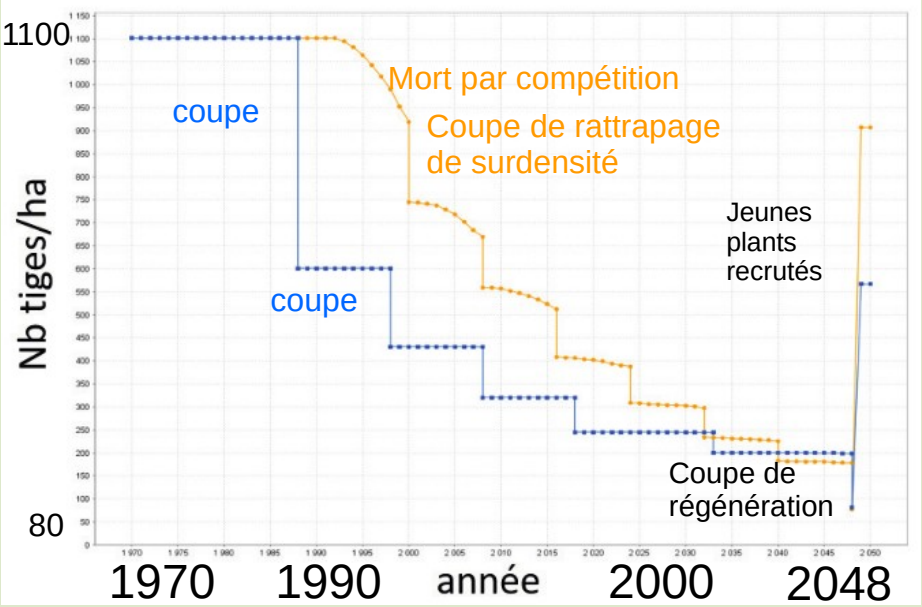
Voir la liste

Des outils de simulation pour comprendre comment la sylviculture influe la capacité d'adaptation des peuplements

Exemple de simulations dans une cédraie

Model LUBERON2 (Capsis)

Lefèvre et al., 2019 Forêt entreprise N°249



Messages à retenir :

➠ à l'échelle **d'une seule révolution**, les scénarios sylvicoles peuvent avoir des impacts très différents sur la diversité génétique du peuplement ;

➠ **toutes les étapes d'un itinéraire sylvicole**, y compris dans les stades jeunes, contribuent à l'impact génétique final, l'effet des dernières interventions sera conditionné/contraint par les impacts des interventions précédentes ;

➠ **les événements de mortalité accidentelle** peuvent modifier les impacts génétiques des itinéraires sylvicoles.

Amélioration de la qualité génétique moyenne des jeunes arbres (bleu/orange) pour la vigueur par rapport au peuplement de départ (gris)

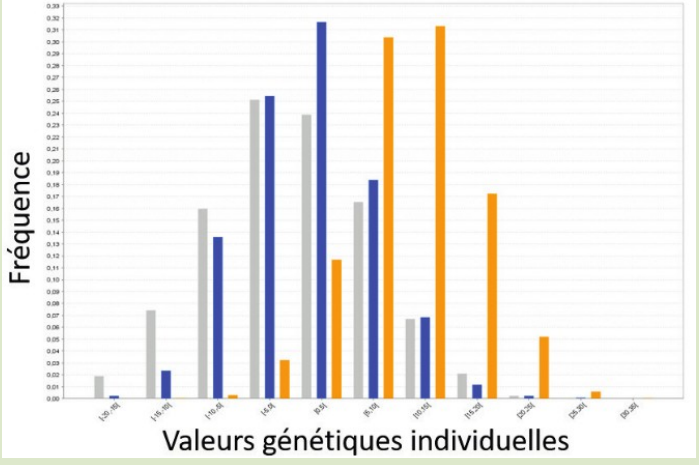


Tableau 1 : Calcul de l'IBP et interprétation

Dix facteurs composent l'IBP : ils sont notés 0 ou 2 ou 5
Exemple de notation pour le facteur F « Densité des arbres vivants porteurs de microhabitats » :
note 0 = moins de 1 pied observé/ha ; note 2 = 1 à 5 pieds observés/ha ; note 5 = 6 pieds et plus observés/ha
(voir fiche sur internet pour la notation des 10 facteurs)

7 facteurs dépendants de la gestion
note totale sur 35, ramenée en % de la note maximale théorique

A-Diversité des essences forestières autochtones

B-Structure verticale de la végétation

C-Densité des bois morts sur pied de « grosse » circonférence

D-Densité des bois morts au sol de « grosse » circonférence

E-Densité des très gros bois vivants

F-Densité des arbres vivants porteurs de microhabitats

G-Présence de milieux ouverts

3 facteurs liés au contexte
note totale sur 15, ramenée en % de la note maximale théorique

H-Ancienneté de l'état boisé

I-Diversité des habitats aquatiques

J-Diversité des milieux rocheux

Vers des indices intégrateurs de la biodiversité et de la capacité évolutive

\+
Capacité évolutive
=

Larrieu et Gonin 2010

40 sites, 40 Indices de Biodiversité Potentiel , 40 états de santé, 40 estimations de capacité évolutive

Projet Occigen 2021-2025

VII Conclusions

- Défi difficile de la gestion des forêts à l'échelle locale qui doit trouver un compromis entre accélérer la réponse à la sélection tout en préservant la capacité d'évoluer dans le futur

- La décision doit être réfléchie en prenant en compte toutes les caractéristiques du territoire (enjeu de conservation, politiques locales…)

- Anticipation tout en respectant la politique locale et les coûts/bénéfices

-Régénération naturelle

Stratégie de pilotage qui consiste à guider les processus évolutifs de la ressource locale par le processus de régénération naturelle
Lorsque c'est possible, laisser faire la sélection naturelle dans des zones de stress (basse altitude par exemple pour la résistance à la sécheresse) et favoriser les flux de gènes entre les arbres.

-Plantation

Stratégie de contrôle total où l'on remplace le peuplement local par une ressource génétique supposée mieux adaptée (MFR, peuplement classé) : maximiser le nombre de provenances, faire un suivi traçable des premières années d'installation

-Approche combinée

Stratégie qui combine la stratégie de pilotage après enrichissement génétique de la ressource locale avec une certaine quantité de matériel introduit. Peu de recul, la science développe des programmes de recherche sur le sujet.

Dans les trois cas, **éviter la sur-sélection** pour des caractéristiques recherchées (forme, croissance) car le jeu des corrélations et des interactions peut avoir des conséquences lourdes sur les moteurs de l'évolution (diversité génétique ; compromis caractère recherché/adaptation)