



HAL
open science

Conserver les ressources génétiques du sapin pectiné en France : pourquoi, comment ?

Guillaume Plas, Alain Valadon, Bruno Fady

► To cite this version:

Guillaume Plas, Alain Valadon, Bruno Fady. Conserver les ressources génétiques du sapin pectiné en France : pourquoi, comment ?. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2008, 19, pp.55-63. hal-02657436

HAL Id: hal-02657436

<https://hal.inrae.fr/hal-02657436v1>

Submitted on 10 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conserver les ressources génétiques du sapin pectiné en France : pourquoi, comment ?

Nouvel épisode de la série sur les réseaux de conservation *in situ* des ressources génétiques des espèces forestières en France : après la philosophie du dispositif général et la conception du réseau pin sylvestre (RDVT n° 17), puis la présentation du réseau épicéa (RDVT n° 18), examinons le cas du sapin.

Une essence majeure du paysage forestier montagnard

Le sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) est la principale essence résineuse de l'étage montagnard humide de l'Europe moyenne et méridionale (figure 1). On le rencontre de 400 à 1 800 m d'altitude entre les isothermes 0 et 8 °C. Il occupe en France 820 000 ha soit 5,5 % de la surface forestière de production. 68 % de ces forêts sont constituées de peuplements mélangés. Avec 156 millions de mètres cubes, il représente 6,6 % du volume disponible de bois sur pied et 17,6 % du volume total des conifères (Source : IFN 2006).

Les populations espagnoles et françaises correspondent à l'extrémité occidentale de l'aire naturelle. En France, ces populations occupent une large gamme de milieux dans les Vosges, le Jura, les Alpes, le Massif Central, les Pyrénées, la Normandie et la Corse. La diversité des habitats naturels de sapinières (encadré) traduit la capacité de ces sapinières à développer des spécificités adaptatives locales à une large gamme de conditions édaphiques et climatiques.

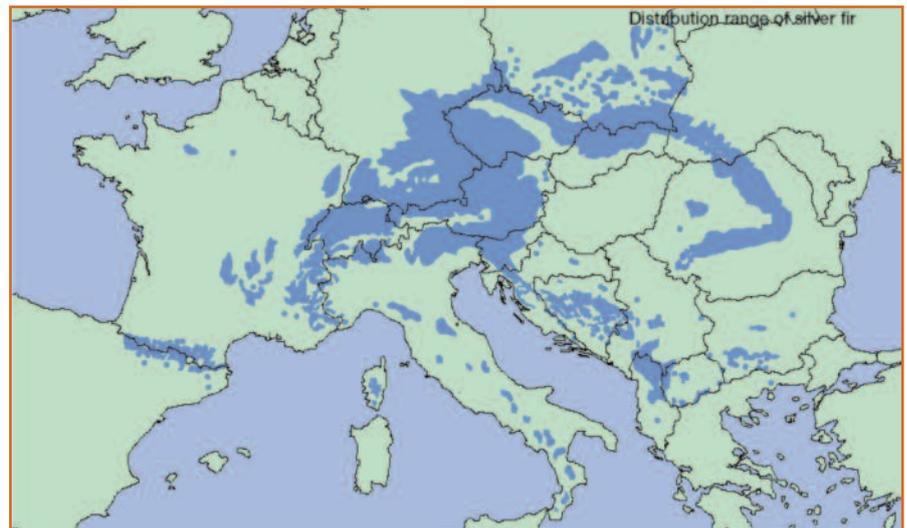


Fig. 1 : aire naturelle de distribution du sapin pectiné et zones d'autochtonie en France. (Wolf, 2003)

Reconquêtes postglaciaires et répartition actuelle

La succession d'épisodes glaciaires alternant avec des périodes plus tempérées a généré des phases de contraction des espèces dans des zones refuges, suivies de phases d'expansion. Lors des phases de repli, la diminution des tailles des populations et leur isolement ont pu provoquer des différenciations génétiques entre ces îlots relictuels de sapinières. Les périodes de réchauffement ont permis de recoloniser, à partir de ces îlots,

les terres libérées par les glaces. La combinaison de ces flux et reflux a fortement influencé la distribution actuelle de la diversité génétique de l'espèce en Europe. La dernière phase d'expansion géographique du sapin pectiné remonte à 11 000 ans et les limites actuelles de l'aire de répartition ont été atteintes il y a 6 000 ans environ.

Des études palynologiques et des analyses par marqueurs moléculaires ont mis en évidence la persistance d'au moins cinq îlots de sapin pectiné durant la dernière

Habitats naturels de sapinières présents en France (Typologie Corine Biotope)

- 42.1 Sapinières
 - 42.11 Sapinières neutrophiles
 - 42.111 Sapinières neutrophiles intra alpines
 - 42.1111 Sapinières à *Oxalis*
 - 42.1112 Sapinières à hautes herbes
 - 42.1113 Sapinières à *Troschicantes*
 - 42.112 Sapinières neutrophiles de la zone du hêtre
 - 42.113 Sapinières intra pyrénéennes
 - 42.12 Sapinières calciques
 - 42.121 Sapinières calcicoles intra alpines
 - 42.122 Sapinières calcicoles de la zone du hêtre
 - 42.13 Sapinières acidiphiles
 - 42.131 Sapinières acidiphiles intra alpines
 - 42.132 Sapinières acidiphiles de la zone du hêtre
 - 42.133 Sapinières à *Rhododendron*
 - 42.1331 Sapinières pyrénéennes à *Rhododendron*
 - 42.1332 Sapinières alpiennes à *Rhododendron*
 - 42.1333 Sapinières à *Rhododendron* sur rocailles
 - 42.14 Sapinières Corses
 - 42.1B Reboisement en sapins (dans l'aire naturelle)
 - 42.1B1 Reboisement en *Abies alba* (dans l'aire naturelle)

glaciation (Konnert et Bergmann, 1995). La sapinière européenne actuelle est principalement issue de deux d'entre eux, situés l'un dans les Balkans et l'autre en Italie centrale (figure 2). Les sapins alpins sont probablement originaires d'un refuge situé dans le nord du massif des Apennins ou dans les Alpes Ligures, les autres

populations résiduelles n'ont participé que de manière limitée à la reconquête du reste de l'Europe.

Ainsi, les îlots glaciaires pyrénéens et calabrais (zones 1 et 2, figure 2) ont uniquement contribué à la reconquête localisée des massifs où ils avaient survécu (Terhüne-Berson et al. 2004, Vendramin et

al. 1999). Les sapins corses, dont on ignore encore s'ils proviennent d'un refuge distinct, semblent assez proches génétiquement de ceux rencontrés dans l'arrière-pays niçois (Fady et al. 1999). De même les sapinières du Massif Central pourraient s'être développées localement à partir d'un îlot résiduel (Konnert et Bergmann, 1995) et certaines similitudes avec les populations du Jura et des Vosges pour des marqueurs isozymes laissent supposer une contribution du Massif Central à la recolonisation de ces deux autres massifs. Pour le sapin de Normandie, on ne dispose que de peu d'éléments démontrant son caractère relictuel et autochtone. Citons l'étude entomologique de Ste Claire Deville (1933) démontrant la présence de 15 coléoptères subalpins ou celle de M. Guinier (1938) qui note l'existence de taxons accompagnant le sapin en montagne parmi les associations végétales compagnes des sapinières du Pays d'Ouche. Enfin, des sapinières productives semblent connues avant la révolution de 1789 (Sapaie de Raveton).

Aux carrefours de ces voies d'expansion vers le nord, existent des zones dites d'introggression où des sapins originaires de refuges distincts ont pu se rencontrer et se croiser. Tel est le cas des sapins des Vosges et du Jura dont les populations actuelles proviennent de recolonisations à partir de refuges à la fois italiens et français.

Une structuration marquée de la diversité génétique au niveau national

La diversité génétique actuelle des populations naturelles de sapins est le résultat combiné de la différenciation de « pools » génétiques dans des refuges glaciaires distincts, de rencontres entre ces pools, de l'évolution, des mutations et des pressions de sélection

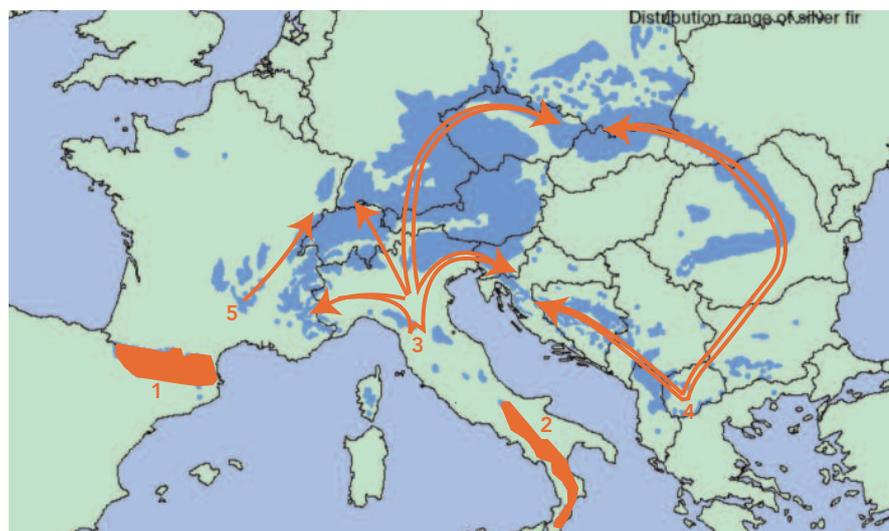


Fig. 2 : refuges glaciaires du sapin pectiné et principales voies de recolonisation, d'après Konnert et Bergmann (1995)

Marqueurs ou type d'étude	Référence	Populations étudiées	Résultats	Interprétation
Étude comparative en pépinière	Arbez, 1969	21 provenances françaises	Faible variabilité individuelle. Le choix de la provenance est très important	Possibilité d'adaptation restreinte
Étude palynologique	G Jalut <i>et al.</i> , 1998	Chaîne pyrénéenne 20 populations françaises	Dans le développement postglaciaire du sapin, net gradient est-ouest	Existence de refuges aux 2 extrémités de la chaîne. Certains peuplements pourraient être issus d'un faible nombre de semenciers.
Tests de comparaison de provenances	INRA depuis une quarantaine d'années	92 provenances de l'ensemble de l'aire, testées sur 10 sites	Une forte variabilité inter-provenances sur la vigueur et le débourrement Mise en évidence de cercles d'apparement en régénération naturelle	
Isozymes	Fady <i>et al.</i> , 1999	28 populations françaises	Même origine postglaciaire pour les peuplements alpins et nord est de la France	L'origine Massif Central est liée à l'histoire alpine.
Isozymes et terpènes	Sagnard <i>et al.</i> , 2002	16 populations des Alpes du sud françaises	Définit 3 groupes : Alpes externes sèches, Alpes intermédiaires, Alpes sous influence ligure	Nous sommes en limite d'aire, les populations présentent des caractères adaptatifs particuliers.
Terpènes	Beyhaut, 1990	54 populations françaises	La provenance Normandie est proche du groupe Donon, Gérardmer. Dans le massif Central, le Velay Vivarais est distinct des autres. Différence entre P. O. et Aude.	
Terpènes	Moreau, 1989	FD Celles sur Plaine dans les Basses Vosges	Structuration du peuplement en groupes de géotypes. Forte consanguinité	

Tab. 1 : principaux résultats d'analyses et d'études sur la diversité et la variabilité génétiques du sapin pectiné en France

exercées dans des contextes pédoclimatiques divers.

À l'échelle du territoire national, les sapins alpins peuvent être séparés en trois groupes distincts (Alpes externes sèches, Alpes intermédiaires, Alpes sous influence ligure), grâce à des marqueurs terpéniques et isozyms (Sagnard *et al.* 2002). Fortement différenciés des autres populations françaises, les sapins pyrénéens ne semblent toutefois pas constituer un groupe homogène, les peuplements des Pyrénées orientales se distin-

quant de ceux d'un groupe Hautes-Pyrénées et Aude. Par ailleurs, la diversité génétique réduite des populations pyrénéennes peut être interprétée comme la conséquence d'effectifs passés très réduits lors des dernières glaciations (Vendramin *et al.* 1999). Même si les Vosges et le Jura forment un ensemble géographique, les provenances du Jura apparaissent génétiquement différentes de celles du groupe Basses Vosges gréseuses, Donon, Gérardmer (Beyhaut 1990). Le sapin de Normandie

enfin, présent essentiellement sur la partie nord du Perche et sur l'est du Pays d'Auge, se trouve en situation géographique et écologique marginale de plaine (altitude allant de 180 à 310 m), avec une température moyenne élevée et une pluviométrie inférieure à 900 mm/an. Ces populations coupées du reste de l'aire principale ont évolué indépendamment et forment peut-être un écotype très particulier. Une résistance exceptionnelle de ce sapin aux sécheresses de 1803 et 1834 a ainsi été constatée.

Chez le sapin pectiné, la variabilité de caractères adaptatifs comme la vigueur, le débourrement et la résistance à la sécheresse est plus importante entre individus d'un même peuplement qu'entre différents peuplements (Barberot, 1998, Sagnard et al. 2002). La pérennité de cette variabilité est essentielle pour préserver dans la durée les capacités d'adaptation aux conditions locales. Elle passe par le maintien d'un effectif suffisant de reproducteurs non apparentés et par un fonctionnement dynamique du système de reproduction des peuplements limitant l'autofécondation et assurant un brassage génétique important.

Pourquoi créer un réseau de conservation pour le sapin pectiné ?

Des causes anciennes

Les peuplements actuels ont été très fortement influencés par l'activité humaine en particulier par une phase de surexploitation du 16^e au 18^e siècles. La pression pastorale et le charbonnage ont conduit à une réduction sévère des surfaces des sapinières montagnardes et subalpines. Cette diminution des surfaces boisées, couplée à un morcellement des populations aggravé par la topographie en zone de montagne, a contribué à accentuer l'isolement des peuplements en limitant les flux de gènes entre eux. Réduction de surface et diminution d'effectifs par suite des prélèvements passés sont allés de pair (Bonhôte, 1998). En conséquence, les peuplements actuels sont souvent issus d'un faible nombre de semenciers (FD de Prémol, des Fanges, du Canigou).

Des causes actuelles

Le recours à la régénération artificielle et ses conséquences en termes de transferts de graines et

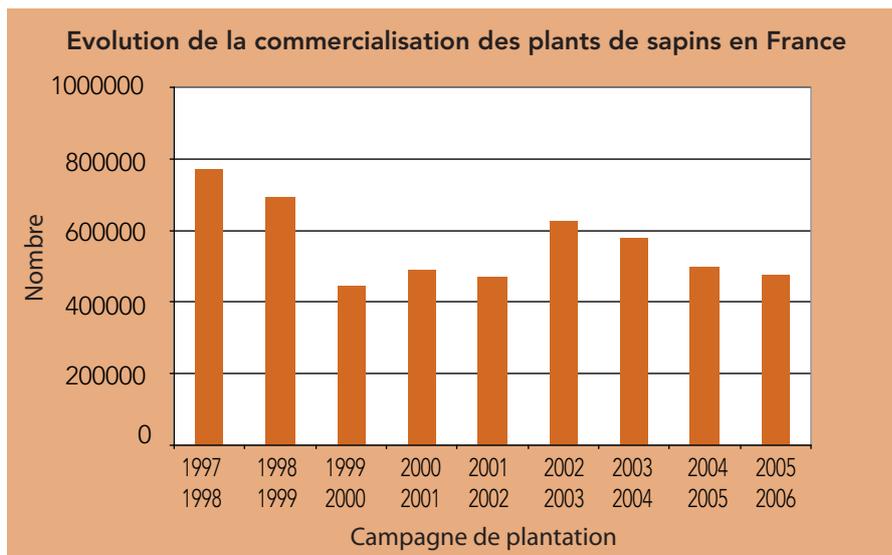


Fig. 3 : évolution du nombre de plants de sapin vendus en France (Source Sreaf Auvergne)

plants n'ont pas eu que des effets bénéfiques. Des provenances ont ainsi été introduites à des distances importantes de leur zone naturelle, comme le sapin de l'Aude planté massivement dans le Massif Central ou les nombreuses introductions de provenances allochtones réalisées en Normandie. Il s'ensuit un brassage génétique infiniment plus vigoureux que celui obtenu par voie naturelle et un risque réel de modification des écotypes locaux.

Encore abondamment planté (figure 3), le sapin pectiné bénéficie de régions de provenances et de peuplements sélectionnés. Cependant, les disponibilités en graines et plants une année donnée ne correspondent pas toujours aux demandes des reboiseurs. Cette inadéquation entre offre et besoins locaux, plus fréquente pour les petites régions de provenance, conduit à privilégier quelques sources d'approvisionnement qui ne sauraient représenter l'ensemble du patrimoine génétique de l'espèce. De plus, les récoltes de cônes par grimpage d'un nombre parfois très limité de reproducteurs peu-

vent également contribuer à réduire la base génétique des semences utilisées.

Les pratiques sylvicoles peuvent elles aussi influencer très fortement sur la composition du patrimoine génétique des peuplements, en particulier au stade de la régénération naturelle, étape clé de la transmission du patrimoine génétique d'une génération à l'autre. La qualité génétique de la reproduction dépendra de la maîtrise de deux types de risques :

- **risque d'autofécondation**, lié à la quantité de pollen produit une année donnée et à son accessibilité en fonction de la densité du peuplement. Une faible densité de semenciers augmente les apports de pollen en provenance d'individus éloignés mais accroît également le risque d'autofécondation, surtout chez les sapins à forte floraison mâle (Sagnard, 2001).

- **risque d'hybridation** lié à la présence de plantations de sapins exotiques. Des mouvements de pollen ou de graines provenant de plantations de sapins méditerranéens (*A. bornmulleriana*, *A. cephalonica*, *A. cilicica*, *A. numidica*, *A. nordman-*

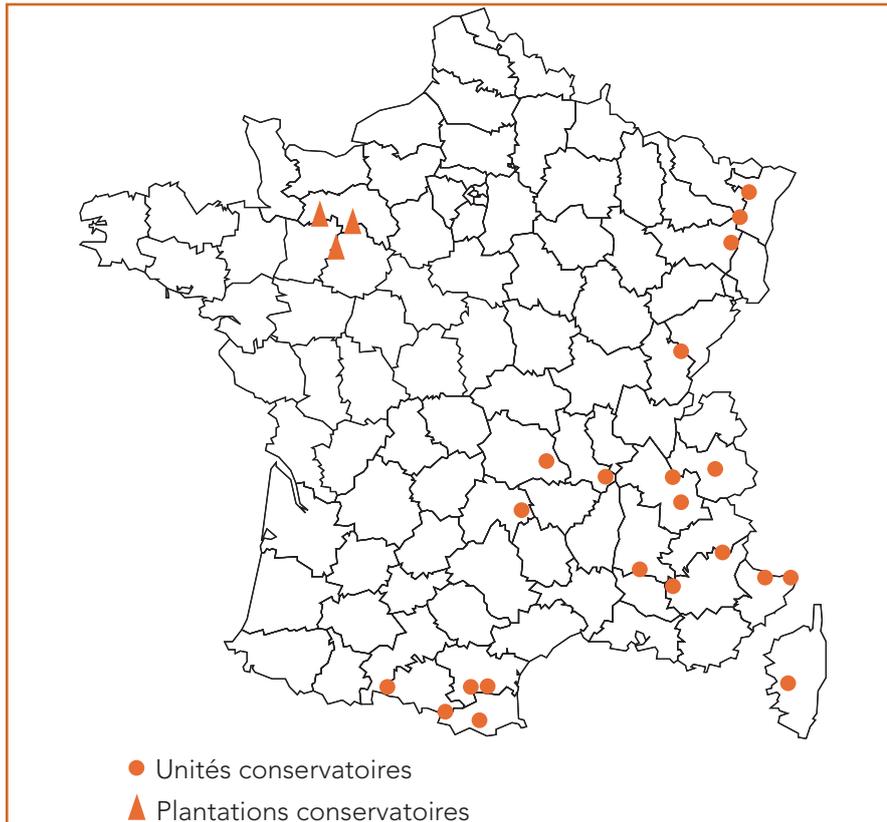


Fig. 4 : répartition géographique des unités du réseau de conservation *in situ* du sapin pectiné et des plantations conservatoires de provenance (au 1^{er} janvier 2007)

niana, *A. pinsapo*) interfertiles avec *A. alba*, souvent sur de longues distances, peuvent provoquer une pollution génétique par croisement avec la souche locale de sapin.

Un réseau national d'unités conservatoires

Constitution du réseau sapin pectiné

Les réseaux de conservation *in situ* du sapin et hêtre ont été les premiers créés (Balsemin, 2004). Les peuplements pré-retenus en 1989 représentaient les 7 grandes zones où le sapin est présent (Vosges, Jura, Alpes, Massif Central, Pyrénées, Normandie, Corse). Le choix de l'échantillon de départ se basait uniquement sur les résultats des tests de comparaison de provenances INRA en âge de fournir des informa-

tions. Une enquête lancée auprès des personnels de l'ONF (note de service n° 89.G.212 du 11/09/1989) aboutit à une sélection de 24 sites. Six étaient des peuplements porte-graines classés en catégorie contrôlée et dix-huit autres classés en catégorie sélectionnée. La nécessité d'affiner le réseau pour le Massif Central et la Franche Comté et de diminuer la représentation du Massif Vosgien conduisit à une liste de 18 unités conservatoires (UC) arrêtée par la Commission nationale des ressources génétiques fin 1993 puis dûment validée. Des études génétiques et phyto-écologiques complémentaires menées par l'INRA sur des populations du Sud-Est (Fady et al. 1999 ; Sagnard et al. 2002) aboutirent à l'ajout de trois nouvelles UC (Beaumont du Ventoux, Saint Martin Vésubie et La

Brigue) en 2005 (tableau 2 page suivante, figure 4).

21 Unités Conservatoires en 2007

La surface du noyau central varie de 5,17 ha (La Fage et le Réal) à 35,02 ha (Gérardmer), celle de la zone tampon de 48 ha à 319,35 ha. Ces écarts importants sont liés à la topographie des sites et au parcellaire forestier. Le critère d'autochtonie est avéré sur la majorité des UC mais on peut mentionner des introductions de sapin pectiné artificielles sur l'UC des Fanges ou encore des introductions de sapins méditerranéens susceptibles d'hybridation à proximité des UC du Canigou ou de Cruis. Les 18 premières unités conservatoires retenues sont toutes situées dans des contextes favorables au sapin et on ne note de problème de régénération naturelle que pour les UC du Donon et de La Joux. Certaines UC sont issues de phénomènes de colonisation très récente (UC de St Étienne) et d'autres sont des reconstitutions de peuplements surexploités et dégradés (UC du Canigou, des Corbières Occidentale) à partir d'un très faible nombre de semenciers.

À cet effort national de conservation *in situ*, il convient d'ajouter une action complémentaire de conservation du seul peuplement porte-graines de Normandie (Beaufai) — d'ailleurs détruit par la tempête de décembre 1999 -, sous la forme de 3 plantations de provenances authentifiées (surface totale de 23 ha) installées, après récoltes de semenciers de Beaufai, en FD d'Écouves, Andaines et Sillé en 1993-94 (figure 4). Cette méthode de conservation peut être qualifiée « d'*ex situ* dynamique » car les plantations réalisées sont soumises aux pressions de sélection exercées par le milieu et par la gestion du forestier.

Dept	Commune (s) de situation	Forêt	Alt. (m)	Pmm (mm)	Régions IFN
67	Grandfontaine	FD du Donon	510 à 800	1670	Hautes Vosges gréseuses
15	Védrines-Saint-Loup	FS la Fage et le Réal	1080 à 1105	1166	Margeride
63	Echandelys	FD du Livradois	970 à 1094	1043	Livradois
2A	Ciamanacce et Tasso	FD de Punteniellu	1310 à 1851		Renoso incudine
39	Supt	FD de la Joux	725 à 812	1800	Pentes Intermédiaires Jura
11	Arques	FD des Corbières Occidentales	550 à 830	950 à 350m	Corbières Occidentales
11	Arques	FC d'Arques	640 à 800	950 à 350m	Corbières Occidentales
11	Puilaurens	FD des Fanges	900 à 1000	1198	Pays de Sault
66	Casteil	FD du Canigou	1300 à 2060		Conflent
88	Celles sur Plaine	FD de Celles	450 à 778	1400	Vosges gréseuses
88	Gerardmer	FD de Gerardmer	650 à 907	1850	Vosges cristallines
9	Mijanes	FD des Hares	1530 à 1620	878	Quérigut
9	Saint — Lary	FD de Saint Lary	1300 à 1600	1249	Haute chaîne pyrénéenne
4	Cruis	FD de Cruis	1446 à 1630	1100	Montagne de Lure
5	Crots	FD de Boscodon	1400 à 1450	950	Embrunais
38	St Pierre de Chartreuse	FD de la Grande Chartreuse	700 à 1400	2191	Chartreuse
38	Vaulnaveys-le-Haut	FD de Prémol	1100 à 1450	1500	Belledone
42	Tarentaise	FC de St Étienne	1150	1048	Coteaux du Nord Vivarais
73	Notre Dame de Briançon	Léchère Doucy	700 à 1283	1234	Belledone, basse Maurienne
73	Notre Dame de Briançon	Léchère Notre Dame de Briançon	700 à 960	1234	Belledone, basse Maurienne
84	Beaumont du Ventoux	FC de Beaumont du Ventoux	980 – 1420	1600	Ventoux
Peuplements en cours d'intégration dans le réseau :					
06	Saint Martin Vésubie	FC de Saint Martin de Vésubie	1519 – 2200	1500	Alpes Niçaises
06	La Brigue	FC de la Brigue	1260 – 1708	1075	Alpes Niçaises

Tab. 2 : liste des peuplements du réseau de conservation in situ du sapin pectiné

Bilan et perspectives

Mieux échantillonner la variabilité génétique

Le choix des UC repose encore largement sur le découpage du territoire national en régions de provenances (15/21). Cette sélection purement phénotypique, outre la confusion qu'elle entraîne auprès des gestionnaires de terrain entre conservatoire et peuplement sélectionné pour la récolte de matériels forestiers de reproduction (MFR) exclut des populations présentant parfois une moins bonne venue mais possédant des caractères adaptatifs exceptionnels à des conditions extrêmes : sapinières subalpines à *Rhododendron ferrugineum*, sapinières en situation sèche de basse altitude de l'Aude ou de l'Ariège (Ste Croix Volvestre ; Bétouze d'Agly), sapinière de plaine (Normandie). Les différents types d'habitats naturels de sapinières, qui traduisent la diversité des pressions de sélection que peut exercer le milieu naturel, ne sont donc pas nécessairement représentés dans le réseau de conservation actuel. Des peuplements manifestement bien adaptés à des conditions pédoclimatiques aujourd'hui marginales au sein de l'aire naturelle, peuvent en effet représenter un potentiel adaptatif intéressant dans une perspective de changement climatique et à ce titre constituer des ressources génétiques originales à préserver.

Mieux échantillonner la diversité génétique

La diversité génétique (neutre) des sapinières est fortement marquée par la dynamique de recolonisation qui a suivi la dernière glaciation. L'éclairage de travaux récents laisse supposer l'existence de deux refuges glaciaires distincts de part et d'autre de la chaîne pyrénéenne. On peut donc supposer que les sapinières les plus occidentales (Hautes-Pyrénées,

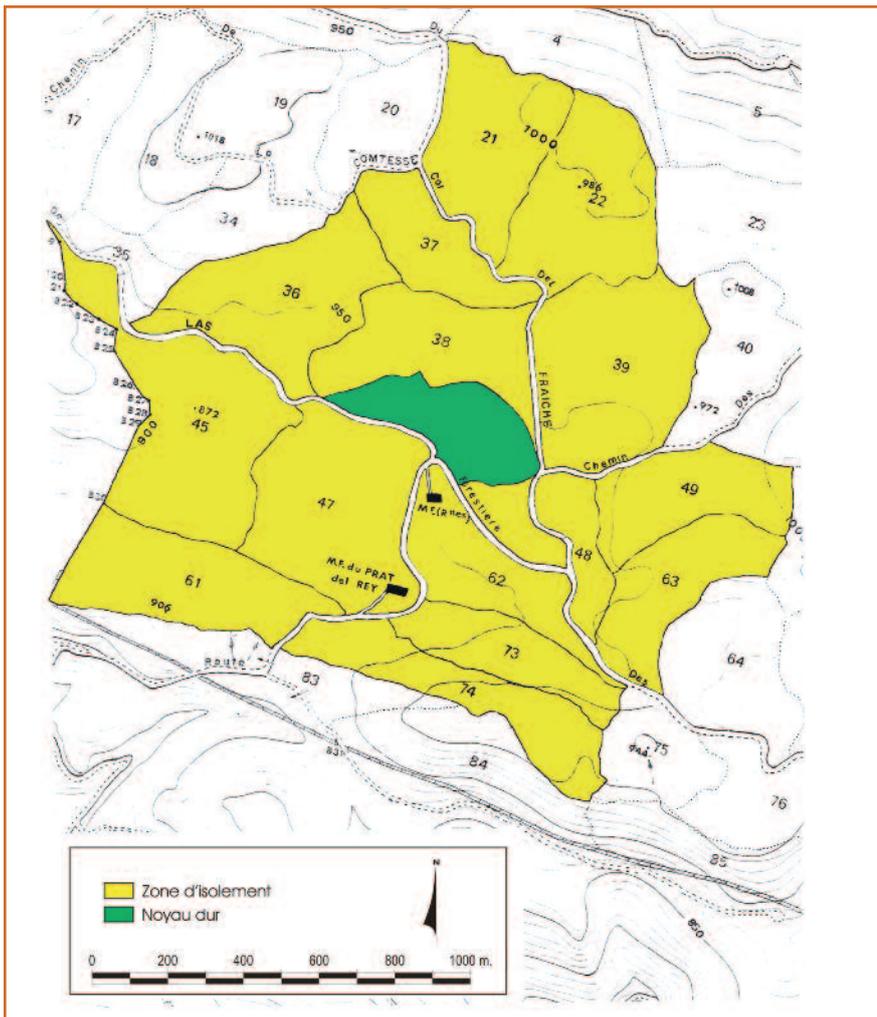


Fig. 5 : unité conservatoire de sapin pectiné en FD des Fanges (11)

Les critères de sélection des unités conservatoires

sont les suivants :

- une zone centrale où le sapin doit être l'essence dominante ;
- un historique connu permettant d'affirmer l'autochtonie du boisement ;
- un nombre (> 500) et une densité (> 60 tiges/ha) minimum de tiges reproductrices ;
- une régénération naturelle possible et dynamique avec le maintien d'un équilibre sylvo-cynégétique ;
- la possibilité de récolter des cônes.

Une UC comprend 2 compartiments avec des objectifs et des niveaux de contraintes différents (figure n° 5) :

1. Le noyau central, d'une surface assez grande (5 à 10 ha) pour garantir la présence d'un nombre de semenciers suffisant. Il constitue la véritable zone de conservation et doit être régénéré naturellement en priorité. Aucune introduction de sapins allochtones n'est autorisée
2. La zone d'isolement ou zone tampon (100 à 150 ha) qui assure la protection du noyau central. Elle doit jouer un rôle de filtre vis-à-vis des flux de pollen et de graines extérieurs (largeur minimale de 400 m).



Fig. 6 : une régénération naturelle après dépressage dans l'unité conservatoire des Hares (09)

Pyrénées-Atlantiques) présentent des particularités génétiques liées à leur refuge glaciaire distinct. Or cette partie ouest des Pyrénées n'est pas représentée dans le réseau actuel. L'ajout au réseau *in situ* d'une sapinière subalpine pyrénéo-occidentale comblerait à la fois cette lacune et l'absence d'unités conservatoires de haute altitude. La sapinière normande reste également à intégrer au réseau.

Contrôler la transmission du patrimoine génétique

Si les contraintes fixées par le cahier des charges de gestion des UC sont volontairement faibles, cela ne signifie pas que les pratiques sylvicoles sont sans effet sur le patrimoine génétique de chaque unité (Valadon et Musch, 2007). Les méthodes de régénération naturelle, étalées ou concentrées dans le temps et dans l'espace, avec un nombre variable d'arbres reproducteurs efficaces, les traitements sylvicoles (réguliers ou irréguliers) et les consignes d'éclaircies appliqués font évoluer

la répartition spatiale et les effectifs des sapins reproducteurs (figure 6). Ces interventions peuvent modifier sensiblement le régime de reproduction et affecter par contrecoup la qualité génétique des graines et semis obtenus (Pichot *et al.* 2006).

L'étude de la variabilité du système de reproduction et de la structuration spatiale à échelle fine de la diversité génétique est donc indispensable à la compréhension du fonctionnement génétique des peuplements conservatoires de sapin pectiné. Le suivi génétique de la reproduction devient aussi nécessaire pour juger du bon fonctionnement des UC analysées. Il permet de :

- quantifier les niveaux de pollution génétique : les résultats récents sur les dynamiques des flux de pollen et de graines contribuent à préciser l'ampleur des flux de gènes et à évaluer l'efficacité en tant que filtre de la zone tampon de chaque UC ; son périmètre, fixé jusqu'alors empiriquement, pourrait être ajusté en

fonction des caractéristiques du milieu (vents dominants, localisation de boisements allochtones ou exotiques) ;

- quantifier les taux d'autofécondation, donc d'évaluer la qualité génétique de la production de graines et de semis ; améliorer la qualité génétique de la régénération d'une UC passe par des pollinisations croisées entre un maximum de tiges ;

- détecter la présence de zones d'apparement marqué entre semis recrutés, que les interventions sylvicoles ultérieures (dépressages, éclaircies) devront s'efforcer de gommer ; il semble qu'une répartition en agrégats des semenciers réduise le risque d'apparition de taches de semis fortement apparementés (Sagnard, 2001) ;

- comparer la diversité génétique de la génération en place, celle des semenciers, avec celle de la génération suivante (régénération naturelle). En allongeant la phase de mise en régénération (en traitement régulier), on permet alors à un maximum de semenciers de transmettre leur patrimoine génétique et on limite la contribution des quelques reproducteurs les plus prolifiques.

Des recherches sur ces sujets sont en cours par l'INRA dans les UC de Beaumont du Ventoux et de Cruis.

La qualité génétique des descendants produits au cours des cycles de reproduction constitue un bon indicateur du maintien (ou non) d'un niveau de diversité conforme aux objectifs du réseau de conservation du sapin pectiné, et donc de sa pérennité. Répétées à intervalles réguliers, les études de la diversité des descendants naturels d'un peuplement et de la façon dont ces descendants ont été obtenus (le système de reproduction) constituent un instrument pertinent et fiable de suivi temporel de la diversité génétique des unités conservatoire. Le suivi temporel du réseau de conservation *in situ* du sapin pec-

tiné peut ainsi constituer un observatoire à long terme de l'évolution des potentiels adaptatifs des sapinières, sous la double pression des forces évolutives et de l'action du sylviculteur.

Guillaume PLAS

ONF – DT Auvergne-Limousin
guillaume.plas@onf.fr

Alain VALADON

ONF – Conservatoire Génétique
des Arbres Forestiers Orléans
alain.valadon@onf.fr

Bruno FADY

INRA, UR629, Unité des Recherches
Forestières Méditerranéennes,
Avignon
fady@avignon.inra.fr

Bibliographie

- ARBEZ M., 1969. Étude comparative en pépinière de quelques provenances françaises de sapin pectiné. Premier aperçu de la variabilité infraspécifique et mise au point sur le sapin de l'Aude. *Annales des Sciences Forestières* vol. 26, n° 4, pp. 475-509
- BARBEROT C., 1998. Relation entre diversité génétique et résistance à la sécheresse en fonction de l'origine géographique intra- et inter-peuplements chez le sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) en région méditerranéenne française. Rapport de stage du DEA "Biosciences de l'Environnement et Santé, option Milieux Continentaux", Université Aix-Marseille III. 34 p., ann.
- BEYHAUT G., 1990. Étude de la variabilité géographique du sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) dans son aire naturelle française. Rapport de stage de DEA, Université de Pau et des Pays de l'Adour. 41 p., ann
- BONHOTE, 1998. Forges et forêts dans les Pyrénées ariégeoises : pour une histoire de l'environnement. *Estadens : PyrGraph*. 337 p.
- FADY B. *et al.*, 1999. Genetic differentiation in *Abies alba* populations from south-eastern France. *Forest Genetics*, vol. 6, n° 3, pp. 129-138.
- IFN, 2006. La forêt française : les résultats de la campagne de levé 2005. Nogent-sur-Vernisson : IFN. 113 p.
- JALUT G. *et al.*, 1998. Histoire des forêts du versant nord des Pyrénées au cours des 30 000 dernières années. *Journal de botanique de la Société Botanique de France*, n° 5, pp. 73-84
- KONNERT M., BERGMANN F., 1995. The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, *Pinaceae*) in relation to its migration history. *Plant Systematics and Evolution*, vol. 196, pp.19-30
- MOREAU M.C., 1989. Contribution à l'étude de la structure génétique d'un peuplement de Sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) des Basses Vosges. Rapport de stage de DEA, Université de Pau, INRA de Bordeaux. 55 p.
- PICHOT C. *et al.*, 2006. Déterminants et conséquences de la qualité génétique des graines et semis lors de la phase initiale de régénération naturelle des peuplements forestiers. In « Des ressources partagées », BRG Ed., Les Actes du BRG, La Rochelle, pp. 277-297
- SAGNARD F., 2001. Dynamique de recolonisation des pinèdes pionnières par la hêtraie-sapinière : étude de la structure des peuplements forestiers et de l'évolution génétique des populations de sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) sur le Mont Ventoux. Thèse de doctorat en sciences, Université Aix-Marseille III. 212 p.
- SAGNARD F., BARBEROT C., FADY B., 2002. Structure of genetic diversity in *Abies alba* Mill. From southwestern Alps : multivariate analysis of adaptive and non-adaptive traits for conservation in France. *Forest Ecology and Management*, vol. 157, n° 1-3, pp. 175-189
- TERHURNE-BERSON R., LITT T., CHEDDADI R., 2004. The spread of *Abies* throughout Europe since the last glacial period : combined macrofossil and pollen data. *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 13, n° 4, pp. 257-268
- VALADON A., MUSCH B., 2007. Les réseaux de conservation *in situ* des ressources génétiques forestières en France : contribution de l'ONF. *Rendez-vous techniques de l'ONF*, n°17, pp. 3-10
- VENDRAMIN GG. *et al.*, 1999. High level of variation at *Abies alba* chloroplast microsatellite loci in Europe. *Molecular Ecology*, vol. 8, n° 7, pp. 1117-1126
- WOLF H., 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for silver fir (*Abies alba*). Rome, Italy : International Plant Genetic Resources Institute. 6 p.