

# Conserver les ressources génétiques de l'épicéa commun en France : pourquoi, comment ?

Suite de notre 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, dans le précédent numéro des Rendez-vous techniques, voyons ici le cas du réseau épicéa.

## Une essence résineuse majeure du paysage forestier national

L'épicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst) couvre 910 000 ha, soit 6,2 % de la surface forestière française de production (figure 1), dont 57 % sous forme de peuplements mélangés ; seulement 100 000 hectares environ seraient d'origine autochtone (Favre, comm. pers). Il représente 8,1 % du volume de bois sur pied disponible en France et 21,8 % du volume sur pied de conifères (IFN 2006). Largement utilisé en boisement/reboisement (plus de 700 000 hectares de plantations au total), l'épicéa commun a depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle constitué une des principales essences employées en moyenne montagne et en plaine (principalement dans le Nord-Est). Les années 1970 marquèrent l'apogée de cette espèce avec 40 millions de plants produits et 10 000 ha plantés avec l'aide du Fonds Forestier National. Cet effort de boisement et les transferts de matériel végétal induits ont affecté aussi bien les zones d'autochtonie que le reste du territoire (Normandie, Massif Central, Nord-Est et plus marginalement les Pyrénées).

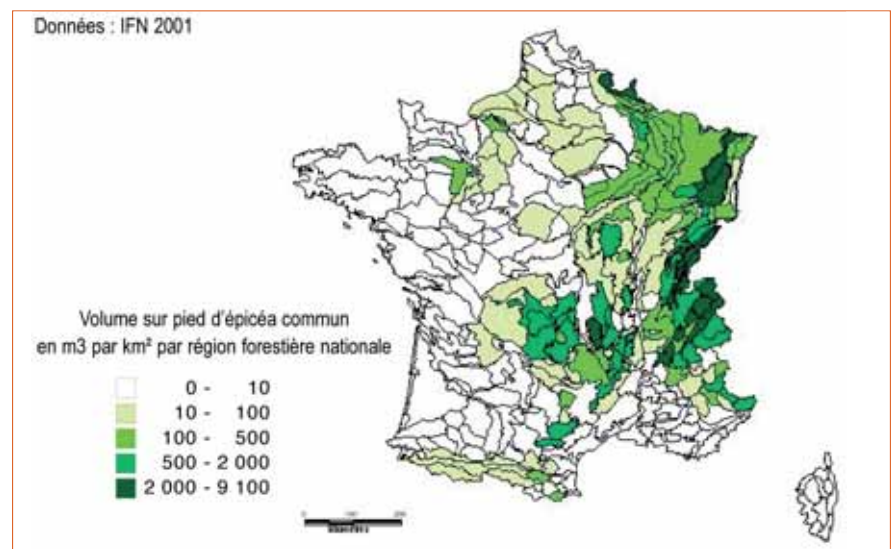


Fig. 1 : répartition et importance (en volume) de l'épicéa commun en France (source : IFN 2001)

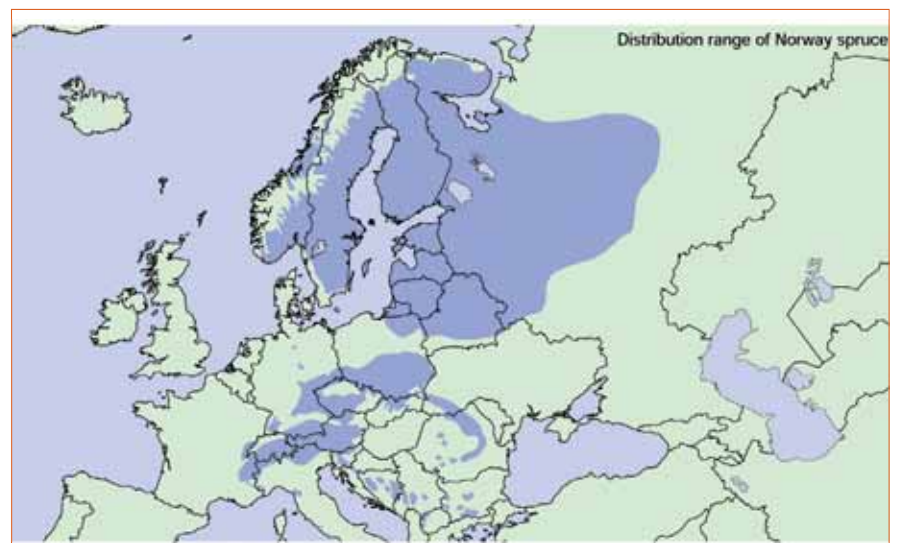


Fig. 2 : aire naturelle de distribution de l'épicéa commun et zones d'autochtonie en France (Skrøppa, 2003)

En dehors de son aire naturelle, l'épicéa commun est même parfois considéré comme une invasive forestière en raison de ses capacités de fructification et de sa moindre sensibilité aux dégâts de gibier (Bartoli, 2003).

## Une situation marginale au sein de l'aire naturelle de distribution

L'aire naturelle de l'épicéa commun est très vaste : elle couvre 31° de latitude des Balkans à la Sibérie et 150° de longitude des Alpes françaises à la mer d'Okhotsk (figure 2). À l'échelle de la France, les populations autochtones se rattachent au domaine alpin de l'aire naturelle, en limite sud-ouest de l'aire de répartition et occupent l'étage montagnard. Elles sont réparties dans plusieurs massifs montagneux (Vosges, Jura, Alpes du nord et du sud) et couvrent une large gamme de conditions pédoclimatiques. La diversité des habitats naturels à épicéa commun recensés en France dans les étages montagnard et subalpin (encadré) traduit cette diversité de conditions écologiques. Les populations naturelles d'épicéa commun de ces régions peuvent ainsi avoir développé des spécificités adaptatives d'intérêt, en particulier à des conditions thermiques et hydriques extrêmes.

## Au carrefour de différentes voies de recolonisation postglaciaire ?

Au sein de l'aire naturelle, la diversité génétique de l'épicéa commun se structure en trois zones géographiques distinctes, qui correspondent à trois scénarios de reconquête postglaciaire, comme le confirment à la fois des études palynologiques et des analyses par marqueurs moléculaires (figure 3) :

### Liste des habitats naturels de pessières selon typologie Corine Biotope

#### 42.2 Pessières

- 42.21 Pessières subalpines des Alpes
  - 42.211 Pessières à airelle
  - 42.212 Pessières subalpines à hautes herbes
    - 42.2121 Pessières subalpines calcicoles à hautes herbes
    - 42.2122 Pessières subalpines silicicoles à hautes herbes
  - 42.213 Pessières subalpines à sphaignes
  - 42.214 Pessières subalpines xérophiles
  - 42.215 Pessières de stations froides
- 42.22 Pessières montagnardes des Alpes internes
  - 42.221 Pessières montagnardes intra-alpines acidiphiles
  - 42.222 Pessières montagnardes intra-alpines calciphiles
  - 42.223 Pessières montagnardes intra-alpines xérophiles
  - 42.224 Pessières montagnardes intra-alpines à hautes herbes
  - 42.225 Pessières montagnardes intra-alpines à sphaignes
- 42.25 Pessières extrazonales
  - 42.251 Pessières subalpines du Jura
  - 42.253 Pessières montagnardes à déterminisme édaphique
  - 42.254 Pessières de la zone montagnarde du hêtre
- 42.26 Reboisements d'épicéa (pour mémoire)

Ne sont pas cités ici les habitats de sapinières-pessières neutrophiles, calciphiles et acidiphiles (n° 42-11 à 42-13)

■ la **zone nordique** (Scandinavie, Pays baltes, Pologne nord, Russie) colonisée à partir d'un refuge glaciaire situé en Russie occidentale dans la plaine de Moscou ; cette zone baltico-nordique se serait séparée très tôt des deux autres zones ;

■ la **zone hercynienne carpatique** (Allemagne, Pologne sud, République tchèque, Slovaquie, Roumanie) issue d'un refuge non précisément identifié dans les Balkans ;

■ la **zone alpine** (l'essentiel de l'arc alpin depuis l'Est de la France jusqu'au nord de la Grèce). À partir d'un refuge situé dans les Alpes Dinariques, les routes de colonisation est-ouest auraient atteint le Jura puis auraient bifurqué vers les Vosges et les Alpes. Les Vosges semblent en outre le massif le plus

récemment occupé. Un refuge secondaire en Toscane aurait également contribué à la reconquête des Alpes par le sud de la chaîne (Scotti et al. 2000). Certains auteurs n'excluent pas la persistance d'un autre refuge glaciaire secondaire dans le Mercantour ou ses environs (Collignon et Favre, 2000).

Grâce à ses capacités reproductrices et à un fort pouvoir de dissémination de ses graines, l'épicéa commun a profité de l'absence de concurrence interspécifique et de climats plutôt secs pour coloniser efficacement (1 à 2 km/an) les terrains non forestiers libérés par le retrait des glaciers. Il a subi en revanche la compétition du sapin pectiné lors d'épisodes climatiques postglaciaires plus

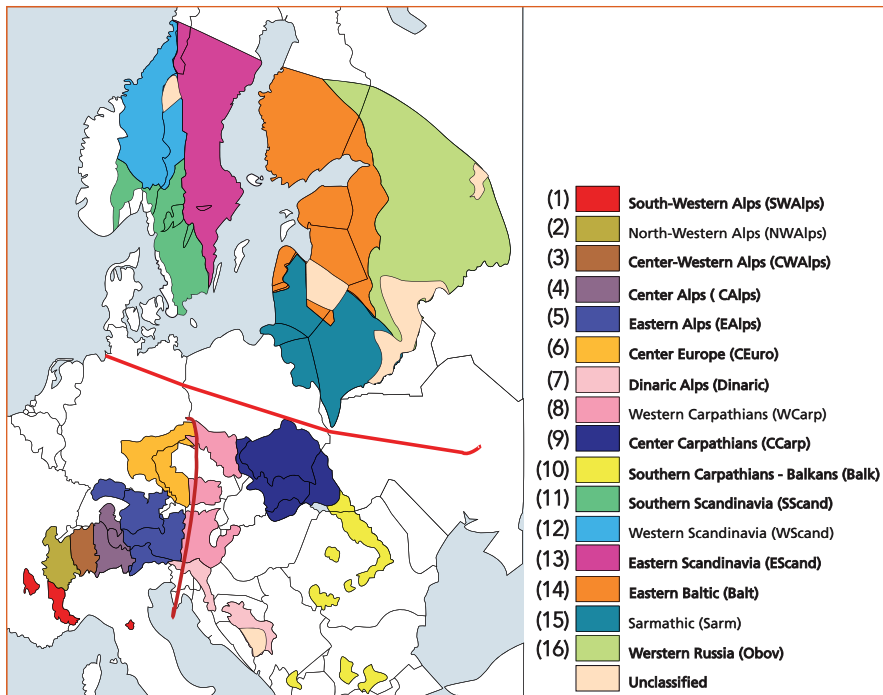


Fig. 3 : à partir des résultats d'analyses de marqueurs moléculaires de l'ADN chloroplastique, on distingue trois grandes zones de recolonisation postglaciaires pour l'épicéa commun en Europe : une zone alpine et centre-européenne (régions 1 à 6), une zone centre-est européenne (régions 7 à 10) et une zone baltico-scandinave (régions 11 à 16) (Bucci et Vendramin 2000)

humides, ce qui a notamment réduit sa vitesse de migration dans l'arc alpin (Ravazzi 2002, Van der Knaap et al. 2005).

### Une structuration de la diversité génétique peu précise au niveau national

À l'échelle de l'aire naturelle, la structuration spatiale de la diversité génétique neutre de l'épicéa commun est désormais bien caractérisée en trois grands domaines géographiques (figure 3). L'isolement des refuges glaciaires dont sont issues ces populations explique leur degré de différenciation génétique, qui est toutefois fortement contrebalancé par des flux de gènes importants entre populations, phénomène fréquent chez les espèces forestières à large aire de distribution. Chez l'épicéa commun, comme chez beaucoup d'autres essences forestières, l'essentiel de la diversité

Marqueurs	Nb. de populations françaises testées	Résultats	Interprétation
ADN mitochondrial <sup>1</sup>	3	Les populations de l'ouest des Alpes sont monomorphes	Effet de la colonisation par graines à partir de très peu d'individus
RAPD <sup>2</sup>	7	Distinction Vosges – Alpes/Jura – Alpes du sud	Subdivision possible des populations françaises en 3 grands groupes. Impossibilité de distinguer Jura et Alpes du nord
ADN mitochondrial <sup>2</sup>	7	Distinction entre populations autochtones et allochtones des Vosges	Possibilité d'identifier des populations non autochtones issues de transferts de graines dans les Vosges
RAPD <sup>3</sup>	25	Distinction Vosges – Jura – Alpes du sud. Distinction entre Alpes du sud, Alpes du nord et Alpes Occidentales (Chartreuse)	Subdivision possible des populations françaises en 3 grands groupes et des Alpes en 3 sous-groupes latitudinaux
RAPD <sup>4</sup>	4	Distinction Vosges/Jura – Alpes du nord – Alpes du sud.	Subdivision possible des populations françaises en 3 grands groupes. Impossibilité de distinguer Vosges et Jura

1 : Gugerli et al. 2001 ; 2 : Jeandroz et al. 2004 ; 3 : Collignon et Favre 2000 ; 4 : Collignon et al. 2002

Tab. 1 : principaux résultats d'analyses de la diversité génétique neutre de populations françaises d'épicéa commun

génétique se trouve à l'intérieur même des populations plutôt qu'entre populations (Acheré et al. 2005) : en d'autres termes, les arbres d'une même population diffèrent plus entre eux que ne diffèrent entre elles des populations distinctes.

**À l'échelle française**, la répartition spatiale de la diversité génétique des populations autochtones (mesurée avec des marqueurs moléculaires non soumis à sélection naturelle) n'est pas connue avec précision mais les travaux incluant des populations françaises (tableau 1) permettent de dégager quelques grands traits :

- une différenciation génétique entre d'un côté les Alpes du sud, et de l'autre les Alpes du nord et les Vosges.
- une absence de différenciation génétique entre Alpes du nord et Jura. Par contre, il existe une différenciation significative entre le Jura et les Vosges.

Ces résultats confirment d'une part le caractère original des Vosges et des Alpes du sud mais aussi le rôle majeur du Jura comme foyer de recolonisation des Alpes du nord.

Le morcellement des populations des Alpes du sud (en raison du relief notamment) et leur faible taille – tout comme pour les rares populations autochtones vosgiennes – peuvent laisser craindre une faible variabilité génétique intrapeuplement. Si tel était le cas, notamment pour certains caractères adaptatifs, leurs possibilités de réponse à des modifications environnementales seraient alors limitées. L'évaluation de la variabilité génétique au sein de ces populations et la mesure de leur degré de différenciation génétique représentent donc un enjeu important.

## Des menaces nombreuses et pressantes

Plusieurs facteurs viennent en effet menacer aujourd'hui le maintien de la diversité génétique présente dans les populations naturelles d'épicéa commun en France :

- depuis plusieurs siècles, des transferts importants de graines ont été effectués à travers l'Europe, induisant des brassages importants entre populations allochtones et autochtones. L'intensité de ces échanges et les lacunes des archives forestières rendent aujourd'hui délicate l'identification de peuplements véritablement autochtones.
- les dépérissements importants observés dans les années 1980 en Europe Centrale et dans les Vosges suite aux pluies acides, localement aggravés par des sécheresses sévères et qui ont fortement affecté certaines populations autochtones.
- plusieurs événements climatiques violents, et en particulier la tempête de 1999, ont conduit à la destruction physique de nombreux peuplements adultes, réduisant parfois drastiquement le nombre d'arbres assurant la régénération naturelle dans les peuplements autochtones.
- les dépérissements consécutifs aux attaques de scolytes (typographe, chalcographe) et de dendroctone (source : DSF). On notera que plusieurs de ces menaces (transferts de graines, tempête) ne sont pas spécifiques à l'épicéa commun mais affectent aussi d'autres espèces sociales comme le pin sylvestre par exemple (voir l'article de Bastien et Valadon dans RDVT n°17).

En ce qui concerne les dépérissements liés aux scolytes, les dommages en pessières, essentiellement causés par *Ips typographus*, sont variables selon les régions.

Restés à l'état endémique dans le grand Ouest et une partie du Massif Central, ils s'avèrent importants dans le sud du Massif Central, en Ariège et en Bourgogne. Mais c'est surtout l'Est de la France, et donc la zone de l'aire naturelle de l'épicéa, qui connaît les dommages les plus importants. Le volume scolyté exploité en 2005 a ainsi dépassé 150 000 m<sup>3</sup> dans la région Rhône Alpes, et a atteint un volume record de 285 000 m<sup>3</sup> dans le massif du Jura et 160 000 m<sup>3</sup> dans les Vosges (baisse notable par rapport à 2004).

Le total des récoltes d'épicéas scolytés en 2005 est au moins égal à 650 000 m<sup>3</sup>. Depuis la tempête de 1999, ce sont 2,5 millions de m<sup>3</sup> qui ont ainsi été récoltés. Le pic endémique de 2001 correspondait aux zones très touchées par la tempête (massif vosgien). Dans les zones épargnées (Alpes), on assiste à une montée progressive des attaques et des récoltes depuis la sécheresse de 2003. Les volumes scolytés exploités en 2006 sont partout à la baisse, en raison des conditions climatiques de l'été plus favorables à l'épicéa (printemps humide, août froid...) et certainement suite à une progression du complexe parasitaire de l'insecte. (Bilan de la santé des forêts en 2006 – Région Rhône Alpes)

Dans les montagnes de l'Est, les pessières touchées sont plutôt celles de basse altitude en dehors de l'aire optimale (< 900 m dans les Alpes, < 700 m dans le Jura et les Vosges et sur calcaire très filtrant).

## Un réseau national d'unités conservatoires

### Critères et méthode de sélection

Au vu des diverses menaces qui pèsent sur cette espèce dont l'importance écologique et économique est majeure, la Commission



Dépt.	Commune	Forêt	Altitude	Exposition	Pluviométrie	Région
04	BAYONS	Gorges du Sasse	1600	N	850	ALPES SUD
04	MEOLANS-REVEL	Col de la Pierre	1900	NE	1000	ALPES SUD
05	SAINT-ETIENNE-EN-DEVOLUY	St Etienne Dévoluy	1600	N	1400	ALPES SUD
05	NEVACHE	Névache	1800	N	790	ALPES SUD
05	VARS	Vars	1900	N	800	ALPES SUD
06	SAINT-MARTIN-EN-VESUBIE	St Martin en vésubie	1750	N	1800	ALPES SUD
26	SAINT-AGNAN-EN-VERVORS	Vercors	1400	Plateau	1350	ALPES NORD
26	LUS-LA-CROIX-HAUTE	Lus la croix haute	1500	NO	1250	ALPES SUD
38	VENOSC	Vénosc	1750	N	1100	ALPES NORD
38	OULLES	Oulles	1850	O	1900	ALPES NORD
39	NOZEROY	Haute Joux	1180	NO	1930	JURA
39	PREMANON	Massacre	1300	Plateau	2000	JURA
68	MUNSTER	Munster - Frankenthal	900	NO	1800	VOSGES
73	ENTREMONT-LE-VIEUX	Entremont-le-vieux	1250	NO	1700	ALPES NORD
73	AILLON-LE-VIEUX	Aillon le vieux - Cimeteret	1400	E	1800	ALPES NORD
73	JARRIER	Jarrier	1600	NE	1300	ALPES NORD
73	SAINT-JEAN-D'ARVES	St Jean d'Arves	1700	SE	2000	ALPES NORD
73	BOURG-SAINT-AURICE	Bourg St Maurice - Hauteville Godon	1800	O	1300	ALPES NORD
73	SAINT-JEAN-DE-BELLEVILLE	St Jean de Belleville	1800	NE	900	ALPES NORD
73	LANSLEBOURG-MONT-CENIS	Lanslebourg	1900	S	900	ALPES NORD
74	DINGY-SAINT-CLAIR	Dingy St Clair	1350	SE	1800	ALPES NORD
74	SIXT-FER-A-CHEVAL	Sixt - Belleface	1500	NO	2000	ALPES NORD
88	GRANGE-SUR-VOLOGNE	Vologne - Le Kertoff	600	NE	1800	VOSGES
88	BAN-SUR-MEURTHE	Haute Meurthe - Straiture	800	N	1800	VOSGES

Tab. 2 : Principales caractéristiques stationnelles des unités conservatoires retenues

nationale des ressources génétiques forestières (CRGF, Ministère en charge des forêts) a souhaité mettre en place un réseau de conservation des ressources génétiques de cette espèce. L'objectif de ce réseau, comme de ceux qui sont déjà en place (par exemple sapin pectiné, hêtre, chênes européens) est de préserver l'originalité et la capacité de l'épicéa à évoluer dans son milieu naturel. Le réseau, constitué d'unités conservatoires, doit donc représenter toute la diversité écologique et génétique de l'épicéa en France. Des réseaux similaires se mettent aussi (ou sont déjà) en place dans d'autres pays européens (<http://www.biodiversityinternational.org/networks/euforgen/>).

Cinq critères principaux ont été retenus pour sélectionner les unités conservatoires : génétique (les grands domaines géographiques structurant la diversité), géographique (les massifs et vallées majeures) tout en privilégiant la limite sud de l'aire dans les Alpes méridionales, démographique (le nombre d'arbres reproducteurs et la pré-

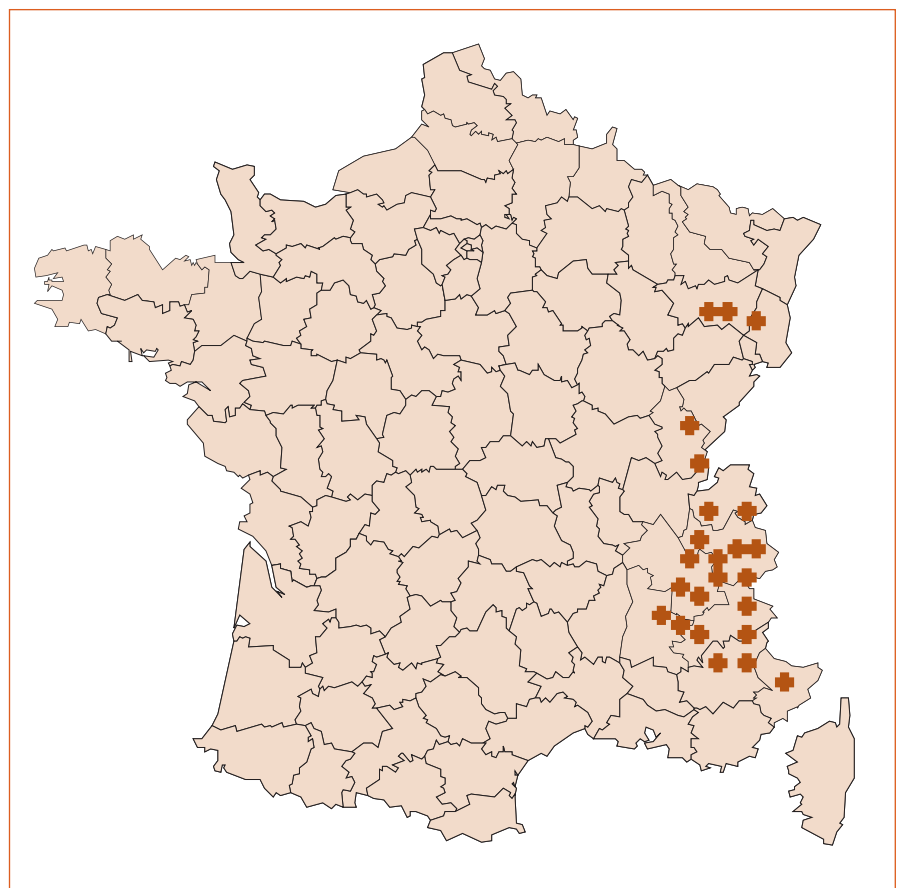


Fig. 4 : répartition géographique des 24 unités conservatoires in situ d'épicéa commun

sence de semis), l'autochtonie du peuplement et enfin le statut de forêt publique (pour garantir la pérennité du réseau). En outre, des conditions écologiques particulières (pessière sur sol gelé) ont également été recherchées pour accroître la diversité des conditions stationnelles et donc augmenter la variabilité adaptative des ressources génétiques.

Une enquête auprès des services gestionnaires de l'ONF a fourni une quarantaine de propositions en 2004. En 2005 et 2006, des visites de terrain et des recueils de données complémentaires (historique, traitement sylvicole, structure du peuplement et dynamique de régénération, données stationnelles, état sanitaire, risques de pollution génétique par hybridation entre populations autochtones et variétés introduites, statut de protection) ont finalement permis à la CRGF de retenir 24 peuplements naturels ou unités conservatoires *in situ*. Les principales difficultés rencontrées concernent l'autochtonie des peuplements ou leur histoire démographique.

Pour l'**autochtonie**, le chapitre historique des aménagements consultés est souvent très succinct, et la tenue des sommiers est la plupart du temps postérieure aux années 1970. La présence d'arbres d'âge supérieur à 200 ans (régénération plus ancienne que les premières grandes campagnes de plantation du milieu du 19<sup>e</sup> siècle), dans presque tous les peuplements visités, certifie l'origine naturelle des « plus vieux » arbres. Mais des plantations anciennes, sur de grandes surfaces ou en complément de régénération, ont été réalisées dans presque toutes ces forêts ou dans leurs environs immédiats. Dans ces futaies toutes irrégulières ou jardinées, l'origine naturelle sans pollution génétique

des arbres plus jeunes ne peut donc être garantie. On retrouve presque partout des vestiges de pépinières locales, ayant en général fonctionné au 20<sup>e</sup> siècle ; une recherche dans les archives permettrait peut-être d'estimer la quantité de plants produits, leur destination (l'origine des graines était très souvent locale). Dans ces conditions, l'absence de pollution génétique par des individus d'origine inconnue ne peut être garantie.

**L'histoire démographique** des peuplements actuels de haute altitude des Alpes est particulière : ils sont souvent le résultat d'une recolonisation post-pâturage depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle. Ils risquent donc d'être issus d'un faible nombre de semenciers (les arbres isolés des pré-bois) et d'être composés d'une juxtaposition de groupes de tiges apparentées (même mère, pères éventuellement différents), résultat d'une dispersion limitée des graines autour de ces arbres préexistants isolés.

### 24 unités conservatoires retenues

En dépit de certaines incertitudes, les 24 unités conservatoires choisies (tableau 2 et figure 4) appartiennent aux 4 groupes génétiques plus ou moins différenciés (colonne « régions ») identifiés en France. Étagées de 600 à 1 900 m en versants généralement frais, elles reçoivent de 800 à 2 000 mm de précipitations annuelles. Six d'entre elles sont incluses dans des sites Natura 2000 et 6 dans des espaces protégés (réserves naturelles, parcs nationaux, RBD).

### Une démarche à affiner

Ce travail de sélection des unités conservatoires doit être complété, à partir de 2007, sur différents points :

- définir avec précision les unités de gestion qui constitueront

la zone centrale (le noyau) d'une part, la zone périphérique ou zone tampon (qui doit assurer le relatif isolement du noyau du point de vue des pollutions génétiques sous forme de flux de pollen provenant d'individus non autochtones issus de reboisement) d'autre part ;

- caractériser les habitats naturels présents dans ces unités conservatoires afin de vérifier si ce réseau couvre, en l'état, la gamme des habitats naturels présents en France (encadré) ; dans la négative, des unités conservatoires complémentaires pourraient être recherchées ;

- mieux quantifier le nombre d'arbres reproducteurs dans la zone centrale de chaque unité conservatoire afin d'éviter d'avoir une base génétique trop étroite ; seuls les cas de milieux naturellement réduits en surface (tourbières, zones à sol gelé, marges méridionales) bénéficieraient d'un seuil minimum de semenciers plus faible ;

- compléter les données sur l'historique de chaque unité et sur l'origine des boisements riverains, afin d'éviter le plus possible tout risque de sélection de peuplements non autochtones ou mixtes (autochtones et allochtones) et identifier d'éventuelles fluctuations passées des effectifs de reproducteurs ;

- définir une charte de gestion des unités conservatoires qui combine traitements sylvicoles et conservation dynamique de la diversité génétique des peuplements en tenant compte de la forte intensité des flux de pollen et de graines et de la faible structuration spatiale de la diversité observée au sein des peuplements d'épicéa commun (Leonardi et al. 1996).

Enfin, la sélection d'unités conservatoires hors zones d'autochtone (Massif Central, Pyrénées) n'est pas exclue. Des boisements de seconde génération, manifestement bien adaptés à des conditions pédoclimatiques différentes de celles de l'aire naturelle, peuvent en effet représenter un potentiel adaptatif intéressant et à ce titre constituer des ressources génétiques originales.

### Et la conservation *ex situ* ?

Il n'existe pas de véritable programme de conservation *ex situ* des ressources génétiques françaises d'épicéa commun. Cependant, les collections de clones INRA et AFOCEL gérées dans le cadre des programmes d'amélioration génétique et de création variétale conduits dans les années 1970-1990, représentent un échantillon de ces ressources qui participe à la conservation des ressources génétiques (Arbez, 1987).

Par ailleurs, un ensemble de 68 clones, copies végétatives greffées d'épicéas columnnaires (photo) repérés en 1975-76 dans 14 forêts du Jura, du Doubs et de l'Ain entre 1 200 et 1 400 m d'altitude, est planté sur 8 hectares dans le Lot. Ce dispositif constitue une source de graines unique de ce phénotype très particulier également présent dans les unités conservatoires de Haute Joux et du Massacre. Enfin, le verger à graines « Chapois », ensemble de 62 descendances d'arbres sélectionnés en peuplement sur la base de la densité du bois et de la tardiveté du débourrement, et installé dans le Lot sur 9 hectares, représente désormais la seule source de graines de ce peuplement quasiment disparu.



F. Plancheron, ONF

*Au centre, épicéa à port columnnaire en forêt de La Pesse*

#### Françoise PLANCHERON

ONF – DT Rhône-Alpes  
francoise.plancheron@onf.fr

#### Alain VALADON

ONF – Conservatoire génétique des  
arbres forestiers Orléans  
valadon@onf.fr

#### Bruno FADY

Unité des recherches forestières  
méditerranéennes  
INRA Avignon  
fady@avignon.inra.fr

### Bibliographie

ACHERE V., FAVRE J.M., BERNARD G., JEANDROZ S., 2005. Genomic organization of molecular differentiation in Norway spruce (*Picea abies*). *Molecular Ecology*, vol. 14, n° 10, pp. 3191-3201

ARBEZ M., 1987. Les ressources génétiques forestières en France. Tome 1 : Les conifères. Paris : INRA-BRG. 236 p.

BALSEMIN E., COLLIN E., 2004. Conservation in situ des ressources génétiques des arbres forestiers en France métropolitaine. *Ingénieries*, n°40, pp. 51-60

BARTOLI M., 2003. La dynamique naturelle de l'épicéa (*Picea abies* (L.) Karts.) dans les Pyrénées françaises. *Acta Botanica Barcinonensia*, n°49, pp. 281-290

BUCCI G., VENDRAMIN G.G., 2000. Delineation of genetic zones in the european Norway spruce natural range: preliminary evidence. *Molecular Ecology*, vol. 9, n° 7, pp.923-934

COLLIGNON A.M., FAVRE J.M., 2000. Contribution to the postglacial history at the western margin of *Picea abies* natural area using RAPD markers. *Annals of Botany*, vol. 85, n° 6, pp. 713-722

COLLIGNON A.M., VAN DE SYPE H., FAVRE J.M., 2002. Geographical variation in random amplified polymorphic DNA and quantitative traits in Norway spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 32, n° 2, pp. 266-282

IFN, 2006. La forêt française : les résultats de la campagne de levé 2005. Nogent-sur-Vernisson : IFN. 113 p.

JEANDROZ S., COLLIGNON A.M., FAVRE J.M., 2004. RAPD and mtDNA variation among autochthonous and planted populations of *Picea abies* from the Vosges mountains (France) in reference to other French populations. *Forest Ecology and Management*, vol. 197, n° 1-3pp. 225-229

LEONARDI S., RADDI S., BORGHETTI M., 1996. Spatial autocorrelation of allozyme traits in a Norway spruce (*Picea abies*) population. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 26, n° 1, pp. 63-71

RAVAZZI C., 2002. Late Quaternary history of spruce in southern Europe. *Review of Palaeobotany & Palynology*, vol. 120, n° 1, pp.131-177

SCOTTI I., VENDRAMIN G.G., MATTEOTTI L.S., SCARPONI C., SARI-GORLA M., 2000. Postglacial recolonization routes for *Picea abies* K. in Italy as suggested by the analysis of sequence-characterized amplified region (SCAR) markers. *Molecular Ecology*, vol. 9, n° 6, pp. 699-708

SKROPPA T., 2003. EUFORGEN Technical guideline for genetic conservation and use for Norway spruce (*Picea abies*). Rome : International Plant Genetic Resources Institute. 6 p.

VAN DER KNAAP W.O., VAN LEEUWEN J.F.N., FINSINGER W., GOBET E., PINI R., *et al.*, 2005. Migration and population expansion of *Abies*, *Fagus*, *Picea* and *Quercus* since 15000 years across the Alps, based on pollen-percentage threshold values. *Quaternary Science Review*, n°24, pp. 645-680

Pour en savoir plus sur les réseaux de conservation de ressources génétiques forestières, consulter :

- les sites du CGAF et de la DT Auvergne-Limousin sur Intraforêt ONF

- le site du Bureau des Ressources Génétiques (BRG) : <http://www.brg.prd.fr/>
- le site d'EUFORGEN : <http://www.biodiversityinternational.org/networks/euforgen/>