

Valoriser et conserver le Pin de Salzmann en France

par Bruno FADY, Patrice BRAHIC, Daniel CAMBON, Olivier GILG,
Franck REI, Anne ROIG, Jack ROYER, Jean THÉVENET et Norbert TURION

Voici un travail que l'on attendait depuis longtemps. Il est le résultat d'une collaboration entre plusieurs organismes. Nous n'avons publié que très peu sur le pin de Salzmann dans notre revue, ce texte d'actualité vient donc, à point nommé, donner l'état des connaissances disponibles sur cette essence, dans les domaines écologique, sylvicole et de diversité génétique. Il fait aussi état des risques qui menacent cette ressource française originale, caractéristique de la forêt méditerranéenne et indique quelles sont les stratégies actuelles employées pour sauvegarder et utiliser durablement les populations naturelles.

Introduction

Le pin noir, taxonomie et écologie

Les forêts de pin noir, *Pinus nigra* Arnold, couvrent plus de 3,5 millions d'hectares autour de la Méditerranée, depuis l'Afrique du Nord jusqu'en Crimée, et dans toute l'Europe méridionale (Cf. Fig. 1, ISAJEV *et al.* 2004). Son aire de répartition est discontinue et, de ce fait, le pin noir est considéré comme une espèce collective, composée de six sous-espèces principales (QUÉZEL et MÉDAIL 2003) :

– *Pinus nigra mauretunica* (Maire et Peyerimh.) Heywood, n'occupe que quelques hectares dans les montagnes du Rif au Maroc et du Djurdjura en Algérie ;

– *Pinus nigra salzmanni* (Dunal) Franco (synonymes : *P. n. clusiana*, *P. n. pyrenaica*), le pin de Salzmann, couvre une large aire de répartition en Espagne (plus de 350 000 ha, notamment en Andalousie, en Catalogne et dans les Pyrénées) alors qu'il est beaucoup plus discret en France, formant des populations isolées dans les Pyrénées-Orientales et dans les Cévennes (au sens large) ;

– *Pinus nigra laricio* (Poiret), le pin laricio, est naturel en Corse (pin laricio de Corse) où il couvre 22 000 ha, mais aussi en Sicile et en Calabre (pin laricio de Calabre) ;

– *Pinus nigra nigra* (synonymes : *P.n. austriaca* Höss, *P.n. nigricans* Host), le pin noir d'Autriche est rencontré depuis les Appenins italiens jusqu'au nord de la Grèce, en passant par les Alpes juliennes et les montagnes des Balkans. Le pin noir d'Autriche couvre plus de 800 000 ha ;

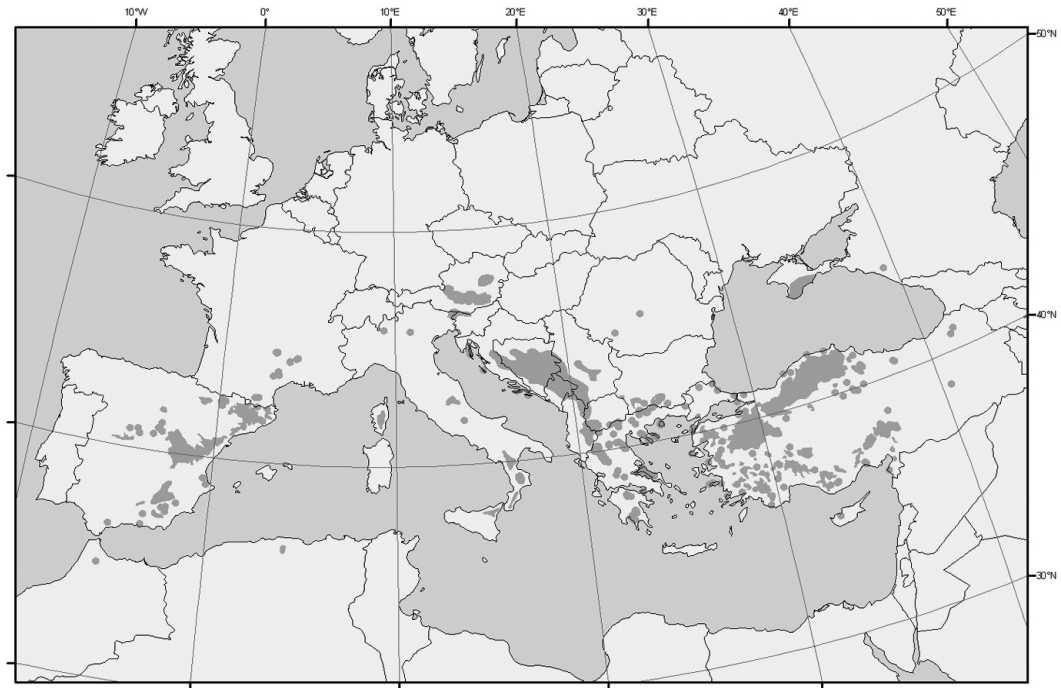


Fig. 1 :
Aire de répartition naturelle du pin noir sur le pourtour méditerranéen (d'après Euforgen).

This distribution map, showing the natural distribution area of *Pinus nigra* was compiled by members of the EUFORGEN Networks and was published in: Isajev, V., B. Fady, H. Semerci and V. Andonovski. 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use of European black pine (*Pinus nigra*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages

First published online on 26 March 2005 - Updated on 30 July 2008

0 250 500 1,000 Km

– *Pinus nigra dalmatica* (Vis.) Franco, se rencontre sur quelques îles de la côte dalmate en Croatie et sur le revers sud des Alpes dinariques ;

– *Pinus nigra pallasiana* (Lamb.), le pin de Pallas, aussi connu sous le nom de pin de Crimée, se rencontre essentiellement en Grèce et en Turquie (où il occupe 2,5 millions d'ha, soit 8 % de la couverture forestière totale de ce pays). Il forme aussi de petits peuplements à Chypre sur les monts du Trohodos, ainsi qu'en Crimée.

Photo 1 :
Forêt de Saint-Guilhem-le-Désert
Photo ONF



Les premiers fossiles qui puissent être rattachés à un pin ressemblant au type *Pinus nigra* remontent au Miocène, il y a environ 20 millions d'années. *Pinus laricioides* Menzel était alors largement distribué au bord de la future Méditerranée (PALAMAREV 1987). Les premiers cônes fossiles de pin noir se rattachant à la sous-espèce *salzmanni* apparaissent dans les sédiments pliocènes de l'Hérault (ROMAN-AMAT 1984). Ce sont probablement les alternances climatiques glaciaires et interglaciaires du Quaternaire qui sont responsables de l'aire discontinue actuelle de cette espèce répandue, sans toutefois provoquer l'apparition de barrières à la reproduction, toutes les sous-espèces de pin noir étant inter-fertiles en conditions expérimentales. Plusieurs études de génétique des populations, utilisant des marqueurs génétiques aussi divers que la morphologie foliaire (BORZAN & IDZOJIC 1996), les composés secondaires comme les terpènes (BOJOVIC *et al* 2005, GERBER *et al* 1995, RAFII *et al* 1996) et les flavonoïdes (LAURANSON-BROYER et LEBRETON 1995), les isozymes (NIKOLIC & TUCIK 1983) et les microsatellites (AFZAL-RAFII et DODD 2007), ont confirmé l'origine commune relativement récente de toutes les sous-espèces de pin noir. Ces études montrent aussi que le pin noir de Pallas, le pin noir d'Autriche et le pin noir dalmate sont peu différenciés, alors que le pin laricio, le pin de Salzmann et le pin noir d'Afrique du

Nord en sont bien distincts. La diversité génétique (mesurée par les marqueurs moléculaires) est importante, de même que l'est sa variabilité phénotypique pour des caractères de hauteur, branchaison, résistance à la sécheresse, au froid et aux parasites (ISAJEV *et al.* 2004). Cette très grande diversité adaptative est la raison pour laquelle le pin noir a été largement employé dans les reboisements en France et en Europe au cours des XIX^e et XX^e siècles, et reste une espèce prisée des forestiers dans le cadre des projets de restauration écologique et de reboisement. Ainsi, si le pin de Salzman a lui aussi été utilisé en reboisement (CALAS 1900), ce sont surtout les pins laricio et d'Autriche qui constituent l'essentiel des boisements artificiels de pin noir en France.

La répartition naturelle du pin de Salzman en France est relativement limitée, relique d'une aire post-glaciaire sans doute bien plus étendue (VERNET *et al.* 2004), et aussi malmenée par les activités traditionnelles humaines que sont le pâturage et l'éco-buage (voir VERNET 2006 pour les effets de l'incendie au cours de l'Holocène). La surface couverte actuellement par le pin de Salzman en Languedoc-Roussillon est estimée à 5 360 ha en 1998 (IFN). La surface indiquée par CALAS en 1900, était de 2 500 ha environ. Les estimations de DEBAZAC (1963) et QUÉZEL et BARBERO (1988) se situent aux alentours de 3 000 ha. La différence entre ces diverses valeurs est sans doute liée aux méthodes d'estimation et, de fait, malgré un intérêt potentiel en reboisement lié à sa rusticité, ce sont plutôt des menaces de disparition qui pèsent sur le pin de Salzman. Ces menaces sont de deux ordres. La première concerne la disparition de son habitat par l'incendie, notamment en Cévennes où il occupe une zone à risques. La seconde concerne les flux de gènes en provenance des boisements de pins noirs (pin noir d'Autriche et pin laricio) très nombreux qui entourent les peuplements naturels de pin de Salzman, et qui risquent de provoquer des hybridations. Ce risque est important : on estime à 500 000 ha les boisements à base de pin noir d'Autriche effectués au XIX^e siècle (ces boisements couvrent actuellement plus de 150 000 ha), et à environ 50 000 ha les boisements en pin laricio effectués dans la seconde moitié du XX^e siècle (ROMAN-AMAT 1984).

L'existence d'hybrides naturels entre pin noir et d'autres pins a été mentionnée par divers auteurs sur la base de caractères morphologiques (par exemple VIDAKOVIC 1977

pour les hybrides pin noir X pin sylvestre). Cet auteur a aussi montré, par pollinisation contrôlée, que l'hybridation entre ces deux espèces était bien possible, ce qui a été confirmé par analyse terpénique (BORZAN & IDZOJIC 1996). Par ailleurs, des expériences de pollinisation contrôlée conduites dans la fin des années 1960 à l'INRA Bordeaux (mais jamais publiées) ont permis l'obtention d'hybrides entre pin laricio de Corse (parent femelle) et pin laricio de Calabre, pin noir d'Autriche, pin de Salzman et pin de Pallas (parents mâles). Les croisements hybrides laricio X Salzman avaient donné autant de graines que les croisements laricio X laricio. Les hybrides laricio X Salzman, mesurés à l'âge de 10 ans dans trois sites expérimentaux différents, avaient des hauteurs totales significativement plus grandes que celles de leur parent Salzman (ARBEZ 1980). A ce jour cependant, aucune preuve convaincante de la production d'hybrides intraspécifiques de pins noirs en milieu naturel n'existe dans la littérature, mais le risque potentiel reste important (du fait de l'importance des reboisements en pin noir) et doit être mesuré précisément.

Enjeux de conservation et d'utilisation pour le pin de Salzman

Le Pin de Salzman représente un enjeu européen majeur, dans le sens où il constitue un habitat prioritaire de la directive Habitats¹ : « Pinèdes (sub-)méditerranéennes de pins noirs endémiques : Pin de Salzman ». Il représente aussi un enjeu national et régional pour son intérêt patrimonial et écologique (voir aussi les Orientations régionales forestières [ORF 1998] Languedoc-Roussillon et la Stratégie régionale pour la biodiversité). Cependant, en France, le pin de Salzman est une des dernières espèces, réglementées par le code forestier, pour laquelle on ne sait toujours pas s'il existe ou non une ressource génétique non hybridée, susceptible d'être conservée, mais aussi récoltée et diffusée auprès des sylviculteurs (certification des matériels forestiers de reproduction [MFR], cf. encadré page suivante). Le pin de Salzman est déconsidéré par les forestiers français du fait de sa faible croissance par rapport au pin laricio et au pin noir d'Autriche et du fait de ses branches fastigiées lui donnant un port en boule (ROMAN-AMAT 1984). Or, du fait de ses exigences écologiques et de sa rusticité, ce pin noir pourrait être particulièrement

1 - D. 92/43 CEE
du 21 mai 1992

- 2 - <http://agriculture.gouv.fr/sections/thematiques/foret-bois/graines-et-plants-forestiers/espagne/>
- 3 - <http://natura2000.ecologie.gouv.fr/habitats/cahiers.html>
- 4 - http://www.brg.prd.fr/brg/pages/les_rg_en_france/rgv_arbresForestiers.php
- 5 - <http://textes.droit.org/JORF/2008/06/05/0130/0039/>
- 6 - Ministère de l'Agriculture et de la Pêche / Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires (DGPAAT) / Service de la forêt, de la ruralité et du cheval (SFRC) / Sous-direction de la forêt et du bois

intéressant pour les forestiers dans le cadre des changements climatiques.

La situation française est bien différente de la situation espagnole. En Espagne, le pin de Salzmann couvre environ 350 000 ha répartis en 10 régions de provenance. En avril 1999, les semences pour la production de MFR de la catégorie sélectionnée étaient récoltées dans 25 peuplements classés couvrant 14 897 ha (CATALAN *et al* 1991). La liste des peuplements classés peut être consultée sur Internet².

Rien n'indique que la ressource actuelle en pin noir de Salzmann soit, effectivement, du pin noir de Salzmann partout dans son aire de distribution française. En effet, les pins noirs sont réputés pouvoir s'hybrider entre eux, et des surfaces considérables ont été plantées en divers pins noirs (notamment pin laricio et pin noir d'Autriche) depuis les débuts de la politique de restauration des terrains de montagne (RTM) en France. Le marqueur individuel le plus sûr de l'autochtonie est actuellement l'âge. Un arbre de plus de 140 ans sera né avant 1870 et donc avant les débuts de la RTM dans la région. Au niveau populationnel, la génétique pourra être d'une aide précieuse, permettant de préciser le degré d'originalité des populations françaises de pin de Salzmann.

Les modes de gestion recommandés dans les cahiers d'habitats du réseau Natura

2000³ concernant les peuplements de pin de Salzmann sont :

- gestion *in situ* (ouverture des peuplements pour favoriser la régénération naturelle, gestion sylvicole classique, élimination des pins noirs introduits et progressivement, tous les pins "jeunes" à proximité...);
- conservation *ex situ* (récolte conservatoire de graines, vergers – graines).

Ces pratiques ne pourront efficacement être mises en place sans une connaissance approfondie de la constitution des peuplements et de leur biologie de la reproduction (risques d'hybridation, d'introgession par d'autres espèces de pins). Les risques importants liés aux incendies et aux changements climatiques confèrent une certaine urgence à la mise en place de ce dispositif. Le pin de Salzmann est ainsi une des essences prioritaires identifiées par la Commission nationale pour la conservation des ressources génétiques forestières (CRGF), pour laquelle un réseau de conservation *in situ*, composé d'unités conservatoires gérées de manière à préserver la diversité génétique, doit être installé (voir le site de la CRGF pour une explication de la politique de conservation qui y est menée⁴).

A noter que depuis le 5 mai 2008, l'arrêté « relatif aux conditions d'inscription sur le registre national de matériels de base destinés à la conservation *in situ* de ressources génétiques forestières d'intérêt national » officialise l'existence des unités conservatoires comme une catégorie à part⁵.

Aspects réglementaires concernant les matériels forestiers de reproduction (MFR)

Situation actuelle du pin de Salzmann en France

A ce jour, il n'existe qu'une seule région de provenance pour le pin de Salzmann (PCL901-région méditerranéenne) qui couvre l'ensemble de la zone sous influence méditerranéenne (Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Drôme et Ardèche). Aucun peuplement n'a encore été sélectionné (étiquette verte) en raison d'incertitudes sur la pureté (autochtonie des arbres en place, risques de pollution génétique par hybridation) des peuplements proposés. En France, la catégorie identifiée (étiquette jaune) n'est pas autorisée pour cette essence, à la commercialisation à l'utilisateur final.

Les conseils d'utilisation des MFR (Cemagref) sont consultables sur le site internet du MAP à l'adresse suivante :

<http://agriculture.gouv.fr/sections/thematiques/foret-bois/graines-et-plants-forestiers/>

L'arrêté préfectoral régional Languedoc-Roussillon (n° 080183 du 14/5/2008) portant fixation des listes d'espèces et de matériels forestiers de reproduction éligibles aux aides de l'Etat pour les projets d'investissements forestiers de production, précise que les plantations de pin de Salzmann ne seront éligibles qu'après la parution des résultats d'études génétiques en cours, qui permettront une meilleure connaissance de l'essence et le classement de peuplements porte-graines.

Objectifs des projets de conservation et valorisation du pin de Salzmann en France

Afin de mettre en place au plus vite des politiques de gestion conservatoires et d'utilisation des ressources appropriées, un programme pluri-annuel a été mis en place à l'initiative de la Direction régionale de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt du Languedoc-Roussillon, de l'Office national des forêts et avec l'aval de la Commission des ressources génétiques forestières et le soutien de la DGPAAT⁶ et la participation financière de l'Etat et des mécènes GUIGOZ et IKEA. Nous détaillons ci-dessous les grandes lignes de ce programme, et en soulignons les attendus, les premiers résultats et les perspectives. Ce programme consiste en :

- le recensement des zones de peuplements sur lesquels il est, a priori, indispen-

sable d'intervenir sur la base de la littérature disponible (Cf. bibliographie) et de l'expertise de terrain des différents services gestionnaires ;

- la recherche des individus autochtones, afin de procéder à leur récolte pour clonage par greffage dans un objectif de conservation *ex situ*, devant permettre la constitution d'une première collection nationale préalable à l'installation de futurs vergers à graines ;

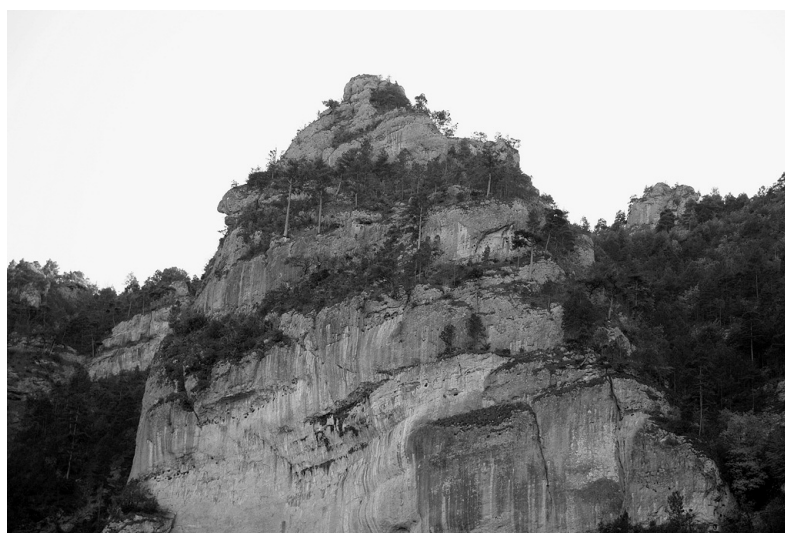
- la mobilisation proprement dite des individus par greffage et leur installation dans des sites conservatoires, pouvant aussi être utilisés pour la production de graines ;

- le génotypage des échantillons récoltés afin de caractériser l'originalité, la variabilité et la structuration génétique des pins de Salzman français, dans un objectif de gestion conservatoire (choix des peuplements) et d'utilisation des ressources (choix des régions de provenances et des peuplements classés) *in situ* ;

- le génotypage des graines produites dans différents peuplements et sous différentes conditions écologiques, afin de caractériser le système de reproduction et les risques de « pollution génétique » par hybridation avec d'autres pins noirs, voire d'autres espèces de pin.

Prospection et identification des individus autochtones

Il existe une littérature conséquente et un savoir local important, notamment auprès des services gestionnaires de la forêt publique et privée, relatif à la présence de boisements à pins de Salzman en France



(CALAS 1900 ; QUÉZEL & BARBÉRO 1988 ; TANGHE 1991 ; VAUTRIN & ROYER 1998). De même, la présence d'arbres introduits et autochtones peut être déduite de ces documents et savoirs. Quatre grandes régions de présence avérée du pin de Salzman ont été retenues pour le projet :

- Saint-Guilhem et Carlencas dans le piémont des Cévennes (Hérault),
- les Cévennes proprement dites (Gard, Ardèche, avec notamment les forêts de Bannes et Malbosc),
- les confins des Cévennes avec le col d'Uglas (Gard) et les Gorges du Tarn (Lozère),
- le Conflent (Pyrénées-Orientales).

Les peuplements contenus dans ces régions sont de taille inégale, avec seulement quelques individus isolés ou en petits bosquets, dont l'effectif est inférieur à 100 (comme dans les gorges du Tarn, Cf. photo 2), jusqu'à des peuplements de grande taille

Photo 2 :

Le peuplement de pin de Salzman des gorges du Tarn. Un accès difficile.

Photo ONF

| Peuplement | Département | Surface | Type de forêt | Effectif prévu | Effectif récolté en 2008 | Caractéristique du peuplement |
|---|-------------|---------|---------------------|----------------|--------------------------|--|
| Saint-Guilhem | 34 | 500 ha | Domaniale | 300 | 88 | Forte densité, risque d'incendie |
| Conflent (La Garouille, Escaro, Vernet) | 66 | 500 ha | Domaniale | 100 | 62 | Très nombreux boisements en pins noirs |
| Ardèche (Malbosc, Banne, Eyrole) | 07 | 500 ha | Communale et privée | 300 | 44 | Forte présence de pin maritime |
| Col d'Uglas | 30 | 50 ha | Privée | 50 | 30 | Très peu de vieux individus |
| Gorges du Tarn | 48 | 100 ha | Communale et privée | 50 | 19 | Très isolé, faible densité |
| Total | | | | 800 | 243 | |

Tab. I :

Liste des peuplements, effectif prévu, effectif déjà récolté.



Photo 3 :
Carotte prélevée sur
un vieux pin de Salzmann
à Saint-Guilhem
Photo ONF

comme à St-Guilhem-le-Désert (Cf. photo 1), qui couvrent plusieurs centaines d'hectares. Ces peuplements ont été retenus du fait de leur pertinence en termes de contrastes écologiques, de degré d'isolement, et/ou de risques écologiques et génétiques (Cf. Tab. I).

Dans chacun de ces sites, les arbres phénotypiquement identifiables comme, a priori, âgés de plus de 140 ans — de larges plaques d'écorce sur le tronc et un houppier formant la table sont de biens meilleurs prédicteurs d'un âge supérieur à 100 ans que le diamètre du tronc — ont été systématiquement échantillonnés au collet au moyen d'une tarière de Presler, repérés par étiquetage et géoréférencés (GPS de précision Trimble). Les

carottes obtenues (Cf. photo 3) ont été analysées au laboratoire et un âge donné à chaque échantillon en comptant le nombre de cernes annuels sous loupe binoculaire.

Un total de 2435 individus a été tariéré en 2008, dont 243 avaient un âge supérieur à 140 ans. Ils ont donc été retenus comme devant fournir des greffons pour la conservation *ex situ* et le géotypage. Plus de 85% des individus récoltés avaient moins de 200 ans, et moins de 5% avaient plus de 260 ans. L'arbre le plus âgé que nous ayons trouvé avait 304 ans et provenait de St-Guilhem. Le tableau I fait le bilan de l'effectif d'échantillonnage prévu sur le long terme et celui réalisé en 2008.

Collecte des échantillons et greffage

La méthode choisie pour la mobilisation des pins de Salzmann autochtones, en collection *ex situ*, est le greffage. La collecte d'échantillons pour le greffage s'effectue en grimpant aux arbres (Cf. photo 4). Les greffons récoltés sur de vieux arbres sont souvent très petits du fait de la faible croissance annuelle de ces arbres, ce qui rend par la suite le greffage techniquement difficile et la reprise aléatoire. Aussi, il a été choisi de récolter 15 greffons par arbre afin d'obtenir de bonnes chances d'avoir au moins une greffe réussie par arbre échantillonné. La démultiplication des copies par arbre récolté peut se faire ensuite par un système de greffes en cascade, en pépinière, les années suivantes. La technique de greffage choisie est la greffe classique en placage. Pour les plus petits rameaux, un greffage des bourgeons est aussi possible.

La première campagne de greffages, au printemps 2008, n'a permis de mobiliser que 10% des arbres récoltés, confirmant la réelle difficulté du programme et la nécessité de sa longue durée, tout en précisant les causes d'échec. La technique, expérimentée en 2008 (Cf. photo 5), a donc été améliorée en 2009 et sera utilisée en routine à partir de 2010 à la pépinière de l'État aux Milles, près d'Aix-en-Provence. Les étapes importantes à respecter sont : maintien de la chaîne du froid lors de la récolte des greffons qui doit être faite pendant la période de dormance hivernale (janvier-février), diamètre compatible des porte-greffes avec les greffons, période de greffage dès la montée de sève des porte-



Photo 4 :
La récolte de greffons
se fait en grimpant
aux arbres.
Ici dans le Conflent
Photo ONF

greffes en mars avant les fortes chaleurs printanières, contrôle absolu de l'humidité aux niveaux racinaire et aérien.

Caractérisation du pin de Salzman par génotypage

L'objectif suivi pour cette analyse de la diversité génétique (haplotypique) était double. Tout d'abord, il s'agissait de mesurer la diversité et la structuration (différenciation) du pin noir à l'échelle de l'aire de répartition naturelle de toutes les sous-espèces. En utilisant cette mesure comme référence, on pouvait alors espérer mesurer comparativement la différenciation présente chez les pins de Salzman, en particulier celle présente entre les populations françaises de l'espèce. Une différenciation proche ou semblable à celle observée dans l'ensemble de l'aire de répartition, validerait l'idée de pools génétiques différents et, au-delà, justifierait la mise en place de régions de provenances différentes, puis de collections de sauvegarde structurées en fonction de la différenciation. Le deuxième objectif était l'identification d'haplotypes particuliers, liés à des populations particulières (haplotypes privés), permettant une identification des populations.

Nous avons pu collecter et extraire l'ADN total de 634 individus appartenant aux diverses espèces de pins noirs. Le protocole d'extraction d'ADN suit celui de FADY *et al.* (2008). En utilisant cinq microsattellites chloroplastiques (Pt1254, Pt15169, Pt30204, Pt71936, Pt87268) amplifiés en suivant le protocole de CHEDDADI *et al.* (2008), nous sommes arrivés aux conclusions suivantes.

Notre échantillon contient un total de 229 haplotypes, soit un haplotype pour trois individus en moyenne, ce qui est assez typique de ce genre de marqueur moléculaire (un haplotype est une combinaison individuelle des cinq marqueurs différents). Cent soixante et onze (171) de ces haplotypes ne se trouvent que dans un seul groupe de populations (haplotypes privés), dont 16 pour le groupe « ouest » (*P. n. laricio* et *P. n. mauritanica*), 31 pour le groupe « centre » (*P. n. nigra*), 48 pour le groupe des Salzman français, 23 pour le groupe des Salzman espagnols et 53 pour le groupe « est » (*P. n. pallasiana*). La plupart de ces haplotypes est en fréquence très faible dans chacun des groupes (de 0,4 et 5%). Les haplotypes plus fréquents sont en général partagés par plu-



Photo 5 :
Greffage réussi.
Le greffon s'allonge
au dessous du point
de greffage.
Photo Pépinière de l'Etat
d'Aix-en-Provence

sieurs groupes. Ainsi, il est envisageable d'arriver, dans certains cas, à obtenir un diagnostic fiable sur l'identification de la sous-espèce, voire de l'appartenance d'un lot d'individus à un groupe de populations données, par la méthode des haplotypes privés. Le pouvoir discriminant de cette approche pour le Salzman est discuté plus loin dans le texte. Pour affiner le diagnostic, il serait judicieux de tester d'autres approches, soit par l'utilisation d'un nouveau jeu de marqueurs microsattellites, soit par l'utilisation de séquence de type code-barre. Cette approche est basée sur le séquençage de gènes qui doivent être variables entre unités taxonomiques, mais invariants au sein de ces unités taxonomiques. Une telle approche pourrait ainsi permettre de distinguer les sous-espèces de pins noirs et d'y rattacher des individus dont on ignore l'origine.

La richesse haplotypique (le nombre d'haplotypes possédés par un groupe) n'est pas significativement différente entre les cinq groupes géographiques, en particulier celle des Salzman français et espagnols. La différenciation globale entre populations, en revanche, est significative (11% de la variabilité génétique totale est due au fait que les

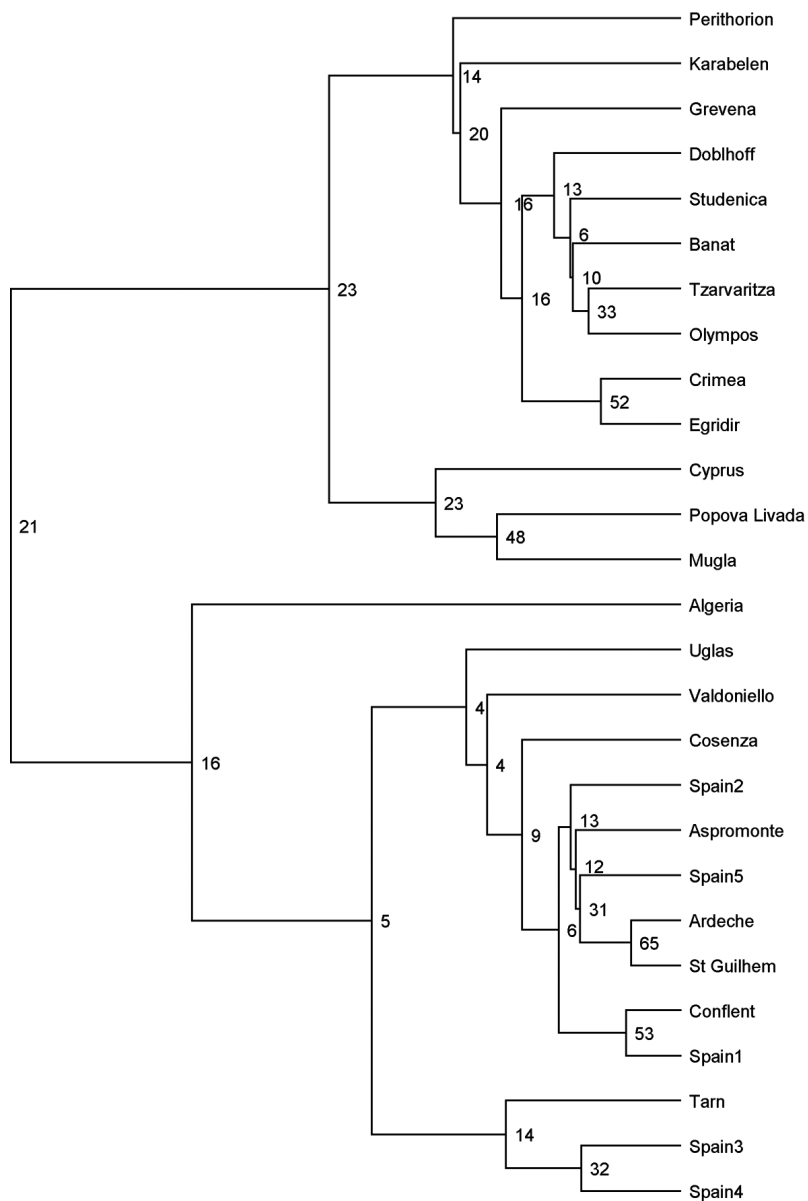


Fig. 2 :
Arbre phylogénétique du pin noir construit à partir des distances génétiques entre populations (Nei 1973)

populations sont génétiquement différentes). La différenciation entre groupes géographiques est, elle aussi, significative, mais plus faible que la différenciation entre populations d'une même région. Le fait de regrouper tous les Salzman français et espagnols en un seul groupe (4 groupes géographiques au lieu de 5 au total) ne change pas les valeurs de différenciation. La différenciation entre les groupes *salzmanni* espagnols et français est non significative, alors que la différenciation entre populations dans chacun des groupes est significative. Ainsi, les pins de Salzman espagnols et français se rattachent bien à un même sous-ensemble, mais présentant des populations bien différenciées.

L'arbre phylogénétique de la figure 2 permet une visualisation en deux dimensions de la différenciation existant entre chaque cou-

ple de populations, bien que sa topographie soit peu robuste (la plupart des valeurs de tests de robustesse sont inférieures au seuil de significativité de 50%). Il indique l'existence de deux groupes, l'un oriental, composé des populations des sous-espèces *nigra* et *pallasiana*, et l'autre, occidental, des populations des sous-espèces *laricio*, *mauretanica* et *salzmanni*. L'objectif de ce rapport n'étant pas de revoir la taxonomie des pins noirs, seuls le statut des pins de Salzman français sera discuté. Il est à noter que les seuls groupes vraiment robustes sont le groupe Cévennes (St-Guilhem et Ardèche) et un groupe rapprochant les populations du Conflent à une population espagnole, Spain1, provenant de Catalogne.

L'échantillon de pins de Salzman français analysés, s'élève donc à 237 individus génotypés. Un total de 83 haplotypes différents a été trouvé, soit un haplotype pour trois individus en moyenne. Cinquante-neuf de ces haplotypes ne se trouvent que dans une seule population (haplotypes privés), dont 14 pour l'Ardèche et 27 pour St-Guilhem. Des haplotypes spécifiques de groupes de populations sont aussi identifiables, et sont repris dans le tableau II. Il semble indiscutable qu'ils puissent correctement diagnostiquer les populations de petite taille du Tarn et du Col d'Uglas, étant présents en fréquences élevées dans ces populations et pas dans les autres. Certains haplotypes sont aussi clairement rattachés au Conflent et jamais présents ailleurs. En revanche, des haplotypes diagnostic pour St-Guilhem et l'Ardèche sont plus rares et à considérer avec circonspection du fait de la grande diversité haplotypique de ces populations cévenoles. La diversité haplotypique est plus forte dans les Cévennes (St-Guilhem et Ardèche) que dans le Conflent. Les populations isolées du Tarn et du col d'Uglas ont les plus faibles diversités, sans doute en lien avec leur faible effectif (Cf. Tab. I). Ces différences entre groupes sont significatives.

La différenciation totale entre populations françaises de pin de Salzman est significative. Le jeu de données obtenu peut être réparti en trois régions, correspondant à des proximités géographiques et une similarité de diversité génique intra-population (Cf. Tab. I) : St-Guilhem et Ardèche (Cévennes *sensu lato*) ; Gorges du Tarn et col d'Uglas ; Conflent. La diversité haplotypique totale se répartit alors comme suit : individus (91%), populations d'une même région (1%) et régions (8%). La différenciation entre popu-

lations d'une même région est donc beaucoup plus faible (mais cependant encore significative) que la différenciation entre régions. Cette différenciation inter-régionale est due en grande partie au groupe Tarn-Uglas. Lorsque seuls les groupes Cévennes et Conflent sont comparés, la différenciation n'est plus que de 3% (significatif, $p < 0,01$) et la différenciation entre populations d'une même région n'est plus significative.

Conclusions

Le programme de conservation et de valorisation du pin de Salzmann français a démarré, et bien démarré. Les quatre grandes zones françaises contenant du pin de Salzmann ont pu être explorées (St-Guilhem, Ardèche, Tarn et Uglas, Conflent). Sur 293 arbres présélectionnés, 244 arbres répondaient au critère d'âge supérieur à 140 ans, indiquant que les critères phénotypiques de terrain retenus pour la pré-sélection (écorce sous forme de larges plaques, cime tabulaire) sont de bonne qualité. La proportion d'arbres âgés par peuplement est généralement très faible et demande un temps considérable de repérage. Cette opération de repérage, cartographie et récolte d'échantillons sur arbres âgés, se poursuivra dans les années à venir. Un objectif de 800 individus autochtones à sauvegarder est atteignable, dont 300 individus pour la zone de St-Guilhem. De tous les habitats à pin de

| Code population | Région | Pays | Sous-espèce | Groupe | N |
|-----------------|---------------------|----------|-------------|---------|----|
| Banat | Transylvanie | Roumanie | Nigra | Centre | 15 |
| Doblhoff | Basse Autriche | Autriche | Nigra | Centre | 16 |
| Perithorion | Macédoine | Grèce | Nigra | Centre | 16 |
| Popova-Livada | Kosovo | Serbie | Nigra | Centre | 15 |
| Studenica | Kosovo | Serbie | Nigra | Centre | 15 |
| Tzarvaritza | Kustendil | Bulgarie | Nigra | Centre | 16 |
| Crimea | Crimée | Ukraine | Pallasiana | Est | 15 |
| Cyprus | Trohodos | Chypre | Pallasiana | Est | 38 |
| Egridir | Antalya | Turquie | Pallasiana | Est | 14 |
| Grevena | Macédoine | Grèce | Pallasiana | Est | 16 |
| Karabelen | Uludag | Turquie | Pallasiana | Est | 15 |
| Mugla | Mugla | Turquie | Pallasiana | Est | 15 |
| Olympos | Pieria | Grèce | Pallasiana | Est | 16 |
| Ardeche | Cévennes | France | Salzmanni | France | 43 |
| Conflent | Pyénées | France | Salzmanni | France | 60 |
| St-Guilhem | Cévennes | France | Salzmanni | France | 85 |
| Tarn | Lozère | France | Salzmanni | France | 19 |
| Uglas | Gard | France | Salzmanni | France | 30 |
| Spain1 | Catalogne | Espagne | Salzmanni | Espagne | 18 |
| Spain2 | Cordillère centrale | Espagne | Salzmanni | Espagne | 19 |
| Spain3 | Andalousie | Espagne | Salzmanni | Espagne | 19 |
| Spain4 | Andalousie | Espagne | Salzmanni | Espagne | 18 |
| Spain5 | Cordillère centrale | Espagne | Salzmanni | Espagne | 15 |
| Algeria | Djurdjura | Algérie | Mauretunica | Ouest | 41 |
| Aspromonte | Calabre | Italie | Laricio | Ouest | 14 |
| Cosenza | Calabre | Italie | Laricio | Ouest | 16 |
| Valdoniello | Corse | France | Laricio | Ouest | 15 |

NB : la notion de groupe correspond à un rattachement géographique de plusieurs populations.

Salzmann en France, St-Guilhem est le plus grand, le plus diversifié, celui contenant le plus d'arbres très âgés (l'arbre le plus âgé que nous ayons identifié, 304 ans, provient

Tab. II :

Echantillonnage de la diversité génétique du pin noir dans l'ensemble de son aire de répartition. Voir texte pour la définition des sous-espèces. N : effectif par population.

| N° | Ardèche | St-Guilhem | Tarn | Uglas | Garouille | Escaro | Vernet | Présence dans d'autres populations |
|-----|---------|------------|-------|-------|-----------|--------|--------|------------------------------------|
| H16 | 0,000 | 0,000 | 0,211 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Salzmann Espagne |
| H18 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,333 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Néant |
| H22 | 0,000 | 0,012 | 0,000 | 0,000 | 0,154 | 0,222 | 0,241 | Salzmann Espagne, Algérie |
| H23 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,077 | 0,056 | 0,034 | Italie, Grèce |
| H24 | 0,023 | 0,012 | 0,000 | 0,133 | 0,077 | 0,000 | 0,000 | Néant |
| H30 | 0,000 | 0,012 | 0,105 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Salzmann Espagne |
| H34 | 0,000 | 0,012 | 0,263 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,034 | Néant |
| H35 | 0,093 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,056 | 0,000 | Salzmann Espagne |
| H46 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,033 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Néant |
| H47 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,033 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Néant |
| H48 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,033 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Salzmann Espagne |
| H51 | 0,000 | 0,059 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Grèce, Turquie, Crimée |
| H52 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,033 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Néant |
| H55 | 0,000 | 0,082 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Néant |
| H61 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,154 | 0,056 | 0,138 | Néant |
| H66 | 0,047 | 0,035 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,056 | 0,069 | Salzmann Espagne |
| H75 | 0,000 | 0,094 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Grèce, ex-Yougoslavie |
| H80 | 0,047 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | Néant |

Tab. III :

Liste des haplotypes pouvant avoir une valeur diagnostic de régions et leur fréquence dans les populations. N° correspond au numéro de code de l'haplotype. Garouille, Escaro et Vernet sont trois populations du Conflent.

Bruno FADY
Anne ROIG
Institut national
de la recherche
agronomique (INRA),
UR629, Unité
de recherche
Ecologie des forêts
méditerranéennes
Avignon

Patrice BRAHIC
Direction
départementale
de l'agriculture
et de la forêt (DDAF)
des Bouches-
du-Rhône,
pépinière de l'Etat
Aix-en-Provence

Daniel CAMBON
Office national
des forêts (ONF)
Direction territoriale
Méditerranée
Montpellier

Olivier GILG
Franck REI
Jean THÉVENET
Norbert TURION
INRA, UE348
Unité expérimentale
forestière méditerranéenne, Avignon

Jack ROYER
Direction régionale
de l'alimentation,
de l'agriculture
et de la forêt (DRAAF)
Languedoc Roussillon,
Montpellier

Auteur correspondant :
Bruno.Fady@
avignon.inra.fr

de St-Guilhem), mais aussi sans doute le plus vulnérable, notamment du fait du risque d'incendies et de sa situation face aux changements climatiques.

Les échantillons récoltés seront greffés au rythme de 200 à 300 arbres par an, soit 2 à 3000 greffages, avec un objectif de succès de l'ordre de 20%. Pour atteindre une vingtaine de copies par clone à l'horizon 2011, des greffes en cascade seront entreprises.

Le génotypage effectué dans cette étude permet d'envisager trois conclusions différentes. Tout d'abord, certains haplotypes sont diagnostics. S'ils sont détectés, ils permettront d'identifier sans ambiguïté l'appartenance des individus qui les portent à certaines populations, notamment celles du Tarn et du col d'Uglas. De même, il paraît envisageable de pouvoir distinguer un lot d'individus provenant du Conflent. A ce stade, nous ne disposons cependant pas d'un marqueur ADN permettant de diagnostiquer de manière certaine un pin de Salzmann par rapport aux autres pins noirs. L'approche code-barre (séquences ADN de locus connus) ou une approche multi-locus utilisant les microsatellites nucléaires (nSSR) en complément des microsatellites chloroplastiques (cpSSR) sont des pistes qui seront investiguées.

Ensuite, la différenciation entre populations françaises de pin de Salzmann est forte, du même ordre de grandeur que celle que l'on peut mesurer au niveau de l'ensemble de l'aire de répartition du pin noir. Il semble se distinguer trois, voire quatre régions pour le pin de Salzmann en France. La région la plus originale est St-Guilhem – Ardèche (Cévennes), avec une grande richesse haplotypique (en fait, la plus élevée de tout le jeu de données) et de nombreux haplotypes privés. La région du Conflent est moins riche, mais significativement différenciée. Ces deux régions contiennent des ressources importantes en termes de surface et d'individus pour la récolte de graines. Elles devraient donc être traitées comme deux régions de provenances différentes. Dans le cadre d'une concertation avec nos voisins espagnols, le Conflent pourrait être considéré comme appartenant à une même région de provenance que certains autres peuplements de Catalogne espagnole. Par ailleurs, avant de choisir les peuplements classés dans le cadre de cette démarche, il conviendra de s'assurer que les flux de gènes en provenance de plantations de pin laricio et/ou de pin noir sont limités. Gorges du Tarn et Col

d'Uglas, présentant une diversité plus faible, liée à leur situation d'isolement, contiennent des haplotypes originaux en proportion forte (pouvant permettre leur identification). Du fait de leur faible effectif ou de leur accès difficile, il ne paraît pas justifié de les inclure dans une démarche de classement de peuplements porte-graines en vue d'une utilisation rapide. En revanche, ils représentent des peuplements originaux pour la conservation.

Enfin, en matière de stratégie de conservation et valorisation, but ultime de la démarche, la priorité de la démarche de sauvegarde doit aller aux populations de petite taille (Tarn, Uglas) et à St-Guilhem (grande diversité génétique). Par ailleurs, les quatre régions finalement prospectées (Cévennes, Conflent, gorges du Tarn, col d'Uglas) devront être considérées séparément pour la constitution d'une collection, si celle-ci a le double objectif (i) de sauvegarde de la ressource génétique du pin de Salzmann en France (collection *ex situ*) et (ii) d'utilisation de cette ressource pour le reboisement (verger à graines). Cependant, en l'absence de tests permettant de mettre en valeur une adaptation locale marquée, on pourra aussi vouloir créer un site contenant l'ensemble des clones sélectionnés, représentative de la ressource française, dans le cadre de reboisements hors des zones d'autochtonie du pin de Salzmann

Bibliographie

- Afzal-Rafii Z., Dodd R.S., 2007. Chloroplast DNA supports a hypothesis of glacial refugia over postglacial recolonization in disjunct populations of black pine (*Pinus nigra*) in western Europe. *Molecular Ecology*, 16, 723-736.
- Arbez M., 1980. Intraspecific hybridizations in European black pines (*Pinus nigra* Arn.). Rapport interne INRA.
- Bojovic S., Jurc M., Drazic D., Pavlovic P., Mitrovic M., Djurdjevic L., Dodd R.S., Afzal-Rafii Z., Barbero M., 2005. Origin identification of *Pinus nigra* populations in southwestern Europe using terpene composition variations. *Trees – Structure and function*, 19(5), 531-538
- Borzan Z., Idzajtovic M., 1996. Discrimination between European black pine (*Pinus nigra* Arn.), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and their F1 and F2 hybrids by discriminant analysis. Unapredenje proizvodnje biomase sumskih ekosustava, Sveuciliste u Zagreb, 23-36.
- Calas J., 1900. *Le pin laricio de Salzmann*. Imprimerie nationale, 50 p.

- Catalan, G., Gil P., Gal, R., Martin S., Agundez D., et Alia R. (1991) Regiones de procedencia de *Pinus nigra* Arn. Subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco en Espana, ICONA. Madrid.
- Cheddadi R., Fady B., François L., Hajar L., Suc J.P., Huang K., Demarteau M., Vendramin G.G., 2009. Putative glacial refugia of *Cedrus atlantica* from Quaternary pollen records and modern genetic diversity. *Journal of Biogeography*, sous presse (doi:10.1111/j.1365-2699.2008.02063.x).
- Debazac E.F., 1963. L'aire spontanée du pin de Salzmann en France. *Rev. For. Fr.* 10, 768-784.
- Fady B., Lefèvre F., Vendramin G.G., Ambert A., Régnier C., Bariteau M., 2008. Genetic consequences of past climate and human impact on eastern Mediterranean *Cedrus libani* forests. Implications for their conservation. *Conservation Genetics*, 9(1), 85-95. (DOI: 10.1007/s10592-007-9310-6).
- Gerber S, Baradat P., Marpeau A., Arbez M., 1995. Geographic variation in terpene composition of *Pinus nigra* Arn. *Forest Genetics*, 2(1), 1-10.
- Isajev V., Fady B., Semerci H., Andonovski V., 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black pine (*Pinus nigra*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Lauranson-Broyer J., Lebreton P., 1995. Flavonic chemosystematics of the specific complex *Pinus nigra* Arn. In « *Population genetics and genetic conservation of forest trees* », P. Baradat, W.T. Adams, G. Müller-Starck edit., SPB Academic Publishing, Amsterdam, 181-188.
- Nei M, 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 70:3321-3323.
- Nikolic D., Tucik N., 1983. Isoenzyme variation within and among populations of European black pines (*Pinus nigra* Arnold). *Silvae Genetica* 32(3-4):80-89.
- Palamarev E., 1987. Paleobotanical evidences of the Tertiary history and origin of the Mediterranean sclerophyll dendroflora. *Pl. Syst. Evol.*, 162: 93-107
- Quézel P., Barbéro M., 1988. Signification écologique des peuplements naturels de Pin de Salzmann en France. *Ecol. médit.*, XIV (1-2), 41-63.
- Quézel P., Médail F., 2003. *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Collection Environnement, Elsevier.
- Rafii Z. R., Dodd R. S., Zavarin E., 1996. Genetic diversity in foliar terpenoids among natural populations of European Black pine. *Biochemical Systematics and Ecology*, 24 (4), 325-339.
- Rameau J. C., Chevallier H., Bartoli M., Gourc J., 2001. *Cahiers d'habitats Natura 2000 – Tome 1 : Habitats forestiers*. La Documentation française. Vol. 1 339 p. Vol. 2 423 p.+ CD
- Regato P., Gamisans J., Gruber M., 1995. A syn-taxonomical study of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* forests in the Iberian peninsula. *Phytocoenologia*, 25 (4), 561-578.
- Roman-Amat B., 1984. Contribution à l'exploration et à la valorisation de la variabilité intraspécifique et individuelle du pin laricio de Corse, *Pinus nigra* ssp laricio var *corsicana* Loud. Thèse de docteur – ingénieur, Université Paris Sud Orsay.
- Tanghe C., 1991. Ecologie et croissance du pin de Salzmann en France. Mémoire 3^e année ENITEF. Cemagref.
- Vautrin M.-A., Royer J., 1998. Le pin de Salzmann (*Pinus nigra* Arn. ssp *clusiana* Clem). Etude préalable à la mise en place d'un réseau de conservation des ressources génétiques et au classement des peuplements. Cemagref, Nogent-sur-Vernisson. 8 p. et annexes.
- Vendramin G.G., Lelli L., Rossi P., Morgante M., 1996. A set of primers for the amplification of 20 chloroplast microsatellites in Pinaceae. *Mol Ecol* 5, 111-114.
- Vernet J.L., Meter A, Zeraïa L., 2004. Eco-histoire de la forêt de *Pinus nigra* Arnold ssp. *Salzmannii* (Dunal) Franco de Saint-Guilhem-le-Désert (Hérault, France). In : « *Forêt, archéologie et environnement* », J.L. Dupouey, E. Dambrine, C. Dardignac & M. Georges-Leroy eds, Office national des forêts, Institut national de la recherche agronomique et Direction régionale des affaires culturelles de Lorraine, 14 - 16 décembre 2004, Nancy, France.
- Vernet J.L., 2006. History of the *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* forest in the Sub-Mediterranean mountains (Grands Causses, Saint-Guilhem-le-Désert, southern Massif Central, France) based on charcoal from limestone and dolomitic deposits. *Veget Hist Archaeobot* 16, 23-42
- Vidakovic M., 1977. Some morphological characteristics of *Pinus X nigrosylvis* (*P. nigra* X *P. sylvestris*). *Analiza Sumarstvo* 8(2), 15 -27
- Vidakovic M., 1974. Genetics of European black pine (*Pinus nigra* Arn.). *Annales Forestales*, 6(3), Zagreb.

Résumé

Le pin de Salzmann (*Pinus nigra salzmannii* (Dunal) Franco) est l'un des taxons forestiers parmi les plus rares et les plus menacés de France et, à ce titre, son habitat est visé comme étant prioritaire par la directive européenne Habitats. Cet arbre remarquable, qui existe aussi en Espagne, est la plus xérophile des sous-espèces de pin noir. Elle est doublement menacée dans son aire d'origine française dans les Cévennes et les Pyrénées-Orientales. Son aire de répartition, composée de peuplements en général de petite taille, ne couvre pas plus de 5000 ha environ dans des zones fréquemment parcourues par les incendies. Ses peuplements sont insérés dans un immense réseau de boisements artificiels de pin noir d'Autriche et de pin laricio, avec de nombreux risques de pollutions génétiques. Dans cet article, nous faisons tout d'abord le point sur la taxonomie, l'écologie et l'histoire évolutive du complexe d'espèce *Pinus nigra* et y précisons la place du pin noir de Salzmann. Nous détaillons aussi la législation en vigueur pour la gestion conservatoire et l'utilisation des ressources du pin noir de Salzmann. Ensuite, nous précisons notre stratégie pour mettre en place un programme ambitieux de conservation (*in situ*)

et *ex situ*) et de mise en valeur de cette espèce patrimoniale, associant l'Office national des forêts (ONF), le service régional en charge de la forêt en Languedoc-Roussillon (DRAAF LR), la Pépinière de l'Etat (DDAF) d'Aix-en-Provence et l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) d'Avignon. Nos premiers résultats montrent une différenciation significative entre les peuplements des Cévennes et ceux des Pyrénées, justifiant de la création de deux régions de provenances. Le peuplement de St-Guilhem-le-Désert, le plus grand des peuplements de pin de Salzman en France et présentant une grande diversité génétique, est un bon candidat à la fois pour le classement comme peuplement porte-graines et comme peuplement conservatoire. Les peuplements isolés et originaux du Col d'Uglas et des gorges du Tarn méritent protection. Enfin, pour une bonne représentativité de la collection *ex situ*, des greffons devront être récoltés dans tous les peuplements prospectés en s'assurant de l'autochtonie des individus collectés (individus âgés de plus de 150 ans, existant avant le début des grands reboisements des années 1860).

Summary

Profitable use and conservation of the Salzman Pine in France

Pinus nigra salzmanni (Dunal) Franco is one of the rarest and most threatened forest trees in France and for this reason its habitat has been included in the Habitats Directive of the European Union. This remarkable tree, also present in Spain, is the most drought-resistant of all black pines. It is threatened in its French natural habitat in the Pyrenees and the Cevennes for two main reasons: firstly, its distribution area is made up of relatively small stands which cover no more than 5,000 ha in zones frequently swept by wildfire. Secondly, these stands are enclosed within a vast network of reforested plantations of *Pinus nigra laricio* and *P. nigra austriaca*, two subspecies likely to hybridize with the native *P. nigra salzmanni*. In this article, we describe the taxonomy, the ecology and the evolutionary history of the *Pinus nigra* species complex, highlighting the particular situation of *P. nigra salzmanni*. We also describe the current legislation for conserving and using the genetic resources of this black pine. We then detail the strategy we will use to conserve (*in situ* and *ex situ*) and exploit this species of France's natural heritage in an ambitious program associating the French National Forest Service (ONF), the Regional Forestry Service of Languedoc-Roussillon (DRAAF LR), the State Nursery at Aix-en-Provence and the National Agronomic Research Institute (INRA) in Avignon. Our first results have revealed that differences between the Cevennes and Pyrenees stands are significant to such a degree that the two provenances should be kept separate in sourcing seed collection. The stand at St Guilhem-le-Désert, which is both the largest French *P. nigra salzmanni* forest and the population with the largest genetic diversity, is a likely candidate as both seed stand and gene conservation unit. The small and isolated Col d'Uglas and Tarn stands merit protection. Finally, in constituting the *ex situ* collection, care should be taken to make sure that all stands are sampled and that the individual specimens used are native trees (individuals over 150 years old, growing before the first major reforestation programmes of the 1860s).

Riassunto

Valorizzare e conservare il pino di Salzman in Francia

Il pino di Salzman (*Pinus nigra salzmanni* (Dunal) Franco) è l'uno dei tassi forestali tra i più rari e i più minacciati di Francia e, a questo titolo, il suo habitat è mirato come essendo prioritario dalla direttiva europea Habitat. Questo albero notevole, che esiste anche in Spagna, è la più xerofila delle sottospecie di pino nero. È doppiamente minacciata nella sua area di origine francese nelle Cévennes e nei Pirenei orientali. La sua area di ripartizione, composta di popolamenti in generale di grandezza piccola non copre più di 5000 ha circa nelle zone spesso percorse dagli incendi. I suoi popolamenti sono inseriti in un'immensa rete di imboschimenti artificiali di pino nero di Austria e di pino laricio, con numerosi rischi di inquinamenti genetici. In questo articolo, particolareggiamo anche la legislazione in vigore per la gestione conservatoria e l'utilizzazione delle risorse del pino nero di Salzman. Dopo, precisiamo la nostra strategia per mettere in posto un programma ambizioso di conservazione (*in situ* e *ex situ*) e di messa in valore di questa specie patrimoniale, associando l'ufficio nazionale delle foreste (ONF), il servizio regionale incaricato delle foreste in Linguadoca-Rossiglione (DRAAF LR), il vivaio dello Stato (DDAF) di Aix-en-Provence e l'istituto nazionale di ricerca agronomica (INRA) di Avignone. I nostri primi risultati mostrano una differenziazione significativa tra i popolamenti delle Cévennes e quelli dei Pirenei, giustificando la creazione di due regioni di provenienze. Il popolamento di Saint-Guilhem-le-Désert, il più grande dei popolamenti di pino di Salzman in Francia e che presenta una grande diversità genetica, è un buon candidato nello stesso tempo per la classifica come popolamento porta-seme e come popolamento conservatorio. I popolamenti isolati e originali del passo di Uglas e delle gole del Tarn meritano protezione. Infine per una buona rappresentatività della collezione *ex-situ* marze dovranno essere raccolte in tutti i popolamenti esplorati assicurandosi dell'autoctonia degli individui raccolti (individui anziani di più di 150 anni, esistendo prima dell'inizio dei grandi rimboschimenti degli anni 1860).