

JB
HS1
2024

Le
Journal
de
Botanique

JOURNÉE D'ÉTUDES DU 27 JANVIER 2023
LES ESSENCES EXOTIQUES EN FORÊT

2024-Hors-Série 1.



Revue à parution bimestrielle

Version numérique
ISSN 2741-4884

Version imprimée (annuelle)
ISSN 1280-8202
Dépôt légal à parution

Revue éditée par la Société botanique de France (SBF)
Association type Loi 1901, créée en 1854
et reconnue d'utilité publique le 17 août 1875

Présidente de la SBF

Elisabeth DODINET

Secrétaire générale

Agnès ARTIGES

Rédactrice : Florence LE STRAT

Comité de rédaction : Florence LE STRAT, Michel BOTINEAU

Relecteurs : Michel BOTINEAU (Plantes médicinales), Michel BOUDRIE (Ptéridophytes), Bruno de FOUCAULT (Phytosociologie), Nicolas GEORGES, Guilhan PARADIS (Flore méditerranéenne), Guillaume FRIED (Plantes invasives), André CHARPIN (Histoire des botanistes).

Abonnement à la version numérique et vente des numéros imprimés

Abonnement inclus dans la cotisation annuelle des adhérents SBF

Abonnement pour les institutions (format numérique et numéro annuel imprimé)

Numéros imprimés : 25 € (Institution 45 €)

Vous pouvez désormais vous abonner et adhérer en ligne sur notre site

<http://societebotaniquedefrance.fr>

Gestion des abonnements et vente au numéro

Mme Huguette Santos-Ricard,

Trésorière de la S.B.F.

6 place de l'Église, 65120 Betpouey

Correspondance :

Pour toute correspondance concernant la publication et l'envoi des manuscrits :

publicationJB@societebotaniquedefrance.fr

En couverture :

Forêt auvergnate en automne. Photographie Florence Le Strat

JOURNÉE D'ÉTUDES
LES ESSENCES EXOTIQUES EN FORÊT
27 JANVIER 2023

Dans la suite de son travail de sensibilisation, qui a déjà conduit à la publication d'un livre blanc sur le sujet en octobre 2021, la **Société botanique de France** a organisé avec le **Groupe d'Histoire des Forêts françaises** (GHFF) une journée d'études sur les espèces exotiques en forêt le vendredi 27 janvier 2023.

L'événement s'est tenu dans le grand amphithéâtre de la Société Nationale d'Horticulture de France, au 84 rue de Grenelle, 75007 Paris. Il a rassemblé environ 110 participants.

Comité d'organisation

Agnès ARTIGES, Secrétaire générale de la Société botanique de France
Jérôme BURIDANT, Professeur des Universités en Géographie, UMR CNRS 7058 EDYSAN,
Université de Picardie Jules Verne
Guillaume DECOCQ, Professeur des Universités en Sciences végétales, UMR CNRS 7058
EDYSAN, Université de Picardie Jules Verne

Comité scientifique

Paul ARNOULD, Professeur des Universités émérite en Géographie, École Normale Supérieure de
Lyon
Jérôme BURIDANT, Professeur des Universités en Géographie, UMR CNRS 7058 EDYSAN,
Université de Picardie Jules Verne
Guillaume DECOCQ, Professeur des Universités en Sciences végétales, UMR CNRS 7058
EDYSAN, Université de Picardie Jules Verne
Marc GALOCHET, Professeur des Universités en Géographie, Université de Valenciennes (UPHF)
Marc-André SELOSSE, Professeur en Écologie, Muséum national d'Histoire Naturelle de Paris.

AVANT-PROPOS

Pourquoi une Journée d'étude sur « les essences exotiques en forêt » ?

Adapter la forêt française aux changements climatiques est devenue une priorité politique. Il s'agit de conserver la surface boisée, en évitant que les dépérissements observés n'aboutissent au remplacement des forêts par d'autres types de végétation, mais aussi de préserver la production de bois afin que les filières économiques qui en dépendent puissent continuer à se développer.

Un des leviers actionnés par les pouvoirs publics pour accroître la résilience forestière consiste à modifier la composition en essences des forêts actuelles, jugées — peut-être un peu hâtivement — « inadaptées » aux climats actuels et futurs. Sont en particulier visées des essences (variétés ou espèces) naturellement plus tolérantes vis-à-vis des stress hydriques et des hautes températures, dont beaucoup sont exotiques. C'est une des principales orientations retenues dans les schémas (e.g. SRGS - Schémas régionaux de Gestion sylvicole) et plans d'aménagement, notamment dans les récents Programmes régionaux de la forêt et du bois (PRFB), déclinaisons régionales du Programme national (PNFB) 2016-2026 prévu par la Loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt. Le récent « Plan de relance » de l'État vise à accélérer la mise en œuvre de cette politique.

Le recours aux essences exotiques n'est pas nouveau en France : les premières introductions remontent à plus de 2000 ans, comme dans le cas du châtaignier ou du noyer. Mais les premiers essais de plantations forestières « en grand » eurent lieu au XVI^e siècle, sous le règne de François Ier ; ce furent aussi les premiers échecs et, de surcroît, les premières introductions accidentelles d'insectes exotiques, ravageurs des pins. Depuis, les introductions se sont multipliées, avec plus ou moins de succès, voire de franches déconvenues. Aujourd'hui, plus de la moitié des essences forestières de France métropolitaine sont d'origine exotique ; cette proportion est amenée à croître encore avec les politiques encourageant l'introduction de nouvelles essences exotiques, venant pour la plupart d'autres continents. Or, beaucoup de ces essences exotiques n'ont pas ou peu été évaluées préalablement à la décision de leur introduction « en masse » dans les forêts françaises. De manière quasi imprévisible, celle-ci peut pourtant se solder par l'élimination de l'essence introduite (échec d'acclimatation) comme par son acclimatation et sa dissémination, parfois très importante (invasion biologique). Elle peut aussi véhiculer d'autres organismes en provenance de la même aire d'origine — donc exotiques eux-aussi —, qui sont alors accidentellement introduits avec elle, notamment des parasites ; la crise actuelle de la chalarose du frêne est là pour nous le rappeler. Elle peut encore avoir des effets néfastes sur la biodiversité indigène, déjà bien malmenée, lorsque les nouvelles conditions environnementales qu'elle crée — surtout lorsqu'elle est utilisée en plantations monospécifiques — éliminent nombre d'espèces végétales, animales, fongiques ou microbienne, avec souvent des altérations majeures du fonctionnement des écosystèmes forestiers. Enfin, certaines espèces exotiques peuvent aggraver les dégâts induits par des perturbations comme les tempêtes ou les incendies de forêt ; le cas des plantations d'eucalyptus dans les forêts méditerranéennes est à cet égard particulièrement illustratif.

Le « livre blanc », publié en novembre 2021 par la Société botanique de France (<https://societebotaniquedefrance.fr/livre-blanc-sur-lintroduction-dessences-exotiques-en-foret/>), alertait sur les risques associés aux essences exotiques en forêt et appelait

notamment à une analyse historique et réflexive sur les expériences passées en matière d'introduction d'essences exotiques en forêt. Dans cette perspective, la Société botanique de France (SBF) a sollicité le Groupe d'Histoire des Forêts Françaises (GHFF) pour organiser une Journée d'études commune, sur cette question des essences exotiques en forêt, des bénéfiques et des risques associés à leur plantation, de leur histoire d'utilisation, des motivations et des fondements scientifiques, sociaux et économiques. Cette Journée s'est tenue le vendredi 27 janvier 2023, dans l'amphithéâtre de la Société nationale d'horticulture de France (SNHF) à Paris et les pages qui suivent reprennent les principaux travaux qui ont été présentés à cette occasion, tout en retranscrivant les débats qu'ils suscitèrent.

Ces Actes de la Journée d'étude ne suivent pas le format habituel des articles publiés dans le *Journal de Botanique*. En effet, tous les manuscrits soumis au *Journal* font ordinairement l'objet d'une expertise scientifique par les pairs avant publication, de manière à valider le fond et la forme de l'article, en particulier la conformité des propos tenus avec l'état actuel des connaissances scientifiques. Lors de la préparation de ces Actes, il est très vite apparu deux limites à cette ligne éditoriale. La première, c'est que la Journée d'étude a été délibérément conçue comme une rencontre entre scientifiques, gestionnaires et décideurs ; il était dès lors difficile d'exiger de la part de communicants issus du monde professionnel la même rigueur scientifique que pour les chercheurs. La seconde, c'est que même lorsqu'ils sont scientifiquement imprécis, approximatifs ou erronés, les propos tenus dans certaines communications présentent une réelle valeur —et un matériel d'étude intéressant les sciences sociales— puisqu'ils reflètent, d'une part, le cadre cognitif et le bagage de connaissances avec lesquels la réflexion présentée a été construite, d'autre part, le défaut d'appropriation ou la sélection des connaissances scientifiques par les gestionnaires et les décideurs. Dans ce contexte, il a été décidé de publier les textes fournis par les auteurs dans leur intégralité, sans autre altération que des corrections orthographiques et grammaticales. Pour les mêmes raisons, les échanges (commentaires, questions-réponses, intégralité de la table ronde) ont été retranscrits intégralement et fidèlement à partir des enregistrements audio-vidéos de la *Journée*, d'où la syntaxe peu orthodoxe des parties de texte correspondantes.

Guillaume DECOCQ

Vice-Président de la Société botanique de France

Sommaire Hors-Série 1 - 2024

SESSION 1 : A propos de quelques exemples concrets

Président de séance : Jérôme BURIDANT

Introduction Session 1
par Jérôme BURIDANT 6

Exotiques et autochtones en forêt de protection : le cas des pins noirs en France
par Caroline SCOTTI-SAINTAGNE et Bruno FADY 8

Le *Robinia pseudoacacia* en forêt : chronique d'une naturalisation contestée
par Zoé GINTER 14

Histoire et bilan de l'introduction du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*
Manetti) dans les forêts françaises
par François COURBET, Jacques BLONDEL, Thomas BOIVIN, Bernard
BOUTTE & Daniel MOUSAIN 20

Les exotiques dans les archives de la Restauration des terrains de montagne
(RTM)
par Marie FEKKAR 39

TABLE RONDE

Regards croisés sur la question de l'exotisme en forêt 50
Animateur : Guillaume DECOCQ

SESSION 2 : Insertion des essences exotiques en forêt

Président de séance : Serge MULLER

Introduction Session 2
par Serge MULLER 61

La science forestière française et la question des essences dites exotiques : le
grand affrontement (1820-1914)
par Jean-Yves PUYO 64

L'arbre (et la forêt) comme écosystème : les alliés microscopiques des arbres
natifs et exotiques
par Marc-André SELOSSE 80

Migration assistée d'essences exotiques faisant partie du complexe d'espèces
avec les essences en place et susceptibles d'assurer une continuité écologique
au sein de l'écosystème forestier
par Médéric AUBRY, Xavier BARTET et Brigitte MUSCH 84

Evaluation de l'importance et de la dynamique des espèces ligneuses
exotiques et invasives dans les forêts et les habitats forestiers français à partir
des statistiques de l'inventaire forestier national
par Jean-Daniel BONTEMPS & Ingrid BONHEME 95

CONCLUSIONS DE LA JOURNEE

Grand témoin : Thierry GAUQUELIN 123



An aerial photograph of a steep, rocky mountain slope. The terrain is rugged, with large, light-colored rock outcrops and numerous cracks. Sparse vegetation, including small green shrubs and several tall, thin evergreen trees, is scattered across the slope. The overall scene is one of a high-altitude or semi-arid environment.

SESSION 1

A propos de quelques exemples concrets

Introduction à la session 1

A propos de quelques exemples concrets

par Jérôme BURIDANT

Cette première session est intitulée « À propos de quelques exemples concrets ». Elle est consacrée à des études de cas, l'objectif avant la table ronde et les débats, étant de se trouver un peu plus de profondeur de temps, de croiser botanique, écologie, histoire forestière, et géographie historique, pour essayer de partir de cas concrets afin d'avoir des éléments de réflexion pour la seconde session. Si on se place sur le plan de la science historique, on s'aperçoit que la connaissance des essences exotiques en forêt reste encore très lacunaire, très partielle.

Très peu d'historiens ont travaillé sur les essences exotiques en forêt, la plupart des travaux étant dus à des géographes, comme par exemple, Jean Robert Pitte, qui a effectué un travail considérable sur le châtaignier. Pourquoi ? Il y a plusieurs raisons. D'abord, parce que l'identification des sources concernant le sujet reste encore incomplète, mériterait vraiment des approfondissements et reste encore difficile. Il faut rappeler que la matrice de la connaissance historique, ce sont les sources et les sources de première main, l'interprétation, la critique de la source. Or, les sources médiévales ne sont pas celles de l'époque moderne, ne sont pas celles de l'époque contemporaine. C'est donc des méthodologies différentes qu'il faut mettre en œuvre pour tracer une histoire de longue durée. Tout n'est pas encore fait et il reste encore des marges de manœuvre, le danger pour le moment étant de travailler sur des ouvrages de seconde main, avec un risque de cécité ou de sur-interprétation de la source. Il est vraiment important de travailler sous un angle pluridisciplinaire, pour croiser des regards de géographe, d'écologues, d'historiens, pour bien interpréter des sources qui sont précisément difficiles à interpréter.

L'autre problème, c'est que les historiens se sont davantage intéressés au voyage des plantes plus qu'à l'introduction des espèces exotiques en forêt. Je prends par exemple Andrée Corvol, qui a beaucoup travaillé sur la forêt. Elle a écrit plusieurs ouvrages sur le voyage des plantes, les conditions des découvertes, l'introduction de ces plantes dans des jardins botaniques, dans des parcs, qui sont beaucoup mieux connus et qui ont des sources qui sont mieux identifiées. En pleine forêt, les textes sont plus limités, ils sont beaucoup plus lourds à dépouiller. On a par exemple de bonnes indications sur le platane, les plantes méditerranéennes, le marronnier d'Inde qui, franchement, n'ont pas connu de réel succès en forêt. On a un besoin accru de croiser les données historiques avec d'autres données, par exemple génétiques, pour essayer de conforter des hypothèses qui apparaissent dans les sources. L'histoire des essences exotiques en forêt est une histoire récente, qui a rarement plus de deux à trois siècles, hormis pour quelques essences, comme le châtaignier ou le noyer. Les raisons l'introduction assez tardive de la plupart des essences exotiques en forêt sont nombreuses et souvent des raisons techniques. La première raison, c'est que le voyage des plantes et notamment le voyage des plantes par mer, reste encore très mal maîtrisé avant le milieu du XVIII^e

siècle. L'ouvrage de Duhamel du Monceau indique sur le Transport par mer des arbres, des plantes vivaces et des semences date de 1752 ; c'est une rupture majeure dans les conditions de transport des plantes, mettant fin à beaucoup d'échecs.

L'autre raison, c'est que les techniques de plantation en pleine forêt sont maîtrisées seulement à la fin du règne de Louis XIV, dans les années 1710-1715. On voit apparaître dans ces années, notamment dans le grand parc de Versailles, des cahiers des charges de plantations, qui sont désormais normalisés, et qui permettent un réel progrès des plantations en forêt, en limitant les échecs. À partir du milieu du XVIII^e siècle, notamment dans les années 1770, on maîtrise bien mieux les plantations forestières : en forêt de Compiègne, on a planté beaucoup de feuillus à partir des années 1770, avec un véritable succès. On peut citer aussi au même moment l'implantation du pin noir d'Autriche en Champagne, autour de Châlons. Désormais on sait faire et on pourrait imaginer qu'à partir du milieu du XVIII^e siècle ou au XIX^e siècle, l'introduction d'essences très dynamiques a pu être un argument pour éviter des échecs en terme de plantation, je pense par exemple au robinier faux-acacia. L'introduction des essences exotiques en forêt depuis le milieu du XVIII^e siècle est désormais un phénomène important qui est le produit de plusieurs histoires, à la fois technique (germination, acclimatation production de plants en masse) et économique. Il faut penser que du XVIII^e siècle jusqu'au milieu du XIX^e siècle, on est aussi dans une crise d'approvisionnement en bois avec une augmentation considérable des prix. Il y a aussi le phénomène d'exode rural et d'abandon des terres agricoles à partir des années 1835-1840, qui s'accompagne d'une politique de restauration des terrains de montagne à partir du milieu du XIX^e siècle, et de politiques de défense du littoral. Il faut aussi intégrer une histoire de la perception et des représentations ; par exemple, la mode de l'exotisme à partir de l'époque pré-romantique ou romantique. On découvre successivement l'Amérique du l'Amérique, l'Afrique du Nord, l'Asie et toutes ces histoires parallèles, il faut les prendre en compte pour comprendre les conditions d'implantation des essences exotiques en forêt. Toute cette histoire de moyenne durée ou de longue durée va induire de nombreuses questions. D'abord, quelles sont les sources qui restent à travailler ? Comment analyser l'archive, pour dépasser la bibliographie et les source de seconde main ? Comment a évolué cette perception des essences exotiques ? Notre regard sur les exotiques est le fruit à la fois de connaissances scientifiques et d'une perception actuelle, mais la perception du passé a pu être différente. Comment ont évolué ces perceptions et comment ont évolué les usages. Quels sont les enseignements de l'histoire et donc quels sont les impacts de telle ou telle espèce sur le long terme, en termes de biodiversité, de problèmes phytosanitaires, d'hybridation ? Quels sont les retours d'expérience que l'on peut avoir sur le terrain sur un, deux ou trois siècles ? Des études de cas sur des sujets bien circonscrits sont absolument nécessaires, et cette première session permettra d'y contribuer.

Exotiques et autochtones en forêt de protection : le cas des pins noirs en France

Exotic and native species in protection forests: the case of black pines in France

par Caroline SCOTTI-SAINTAGNE & Bruno FADY
INRAE, Ecologie des Forêts Méditerranéennes (URFM), Avignon, France
Mail : caroline.scotti-saintagne@inrae.fr ; bruno.fady@inrae.fr

RESUME. *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco 1943 (le pin de Salzmann ou pin des Cévennes) est l'une des sous-espèces du pin noir européen (*Pinus nigra* J.F.Arnold, 1785). En France, où il atteint la limite septentrionale de son aire de répartition, son habitat est reconnu comme prioritaire en Europe en vertu de la directive Habitats 92/43/CEE du Conseil européen.

Les populations naturelles de pin de Salzmann sont souvent entourées de grandes plantations composées d'autres sous-espèces de pin noir (essentiellement *Pinus nigra* subsp. *nigra* Arnold, le pin noir d'Autriche, et *Pinus nigra* subsp. *laricio* Palib. ex Maire, 1928, le pin laricio de Corse). Ces exotiques sont des sources potentielles de pollen hybridogène du fait de l'absence de barrière à la reproduction entre ces sous-espèces.

Dans cet article, nous décrivons les étapes entreprises pour la mise en œuvre d'un programme intégré de conservation de la diversité génétique du pin de Salzmann en France. En plus du maintien du potentiel évolutif par la conservation *in situ* de la diversité génétique, nous proposons sa sauvegarde par une approche *ex situ*. Nous confirmons que le pin de Salzmann est une lignée génétique originale au sein des sous-espèces de pin noir et nous identifions cinq groupes génétiques qui devront servir de base à la conservation génétique *in situ* en France. En maximisant la diversité génétique globale tout en maintenant la diversité dans et entre les populations, nous identifions des arbres indigènes et non hybridés qui constitueront la base de la collection *ex situ* représentative de la diversité française.

Nous pensons que cette stratégie combinée peut facilement s'appliquer à toutes les espèces sociales d'arbres forestiers, que leur aire de distribution soit fragmentée ou non, et en particulier en zone marginale. Nous encourageons les gestionnaires à adopter cette stratégie.

MOTS-CLES. *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* ; gestion durable ; diversité génétique ; différenciation ; conservation *in situ* ; conservation *ex situ* ; hybridation.

ABSTRACT. *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco 1943 (Salzmann's pine or Cevennes pine) is one of the subspecies of the European black pine (*Pinus nigra* J.F.Arnold, 1785). In France, where it reaches the northern limit of its range, its habitat is recognized as a priority habitat in Europe under the European Council's Habitats Directive 92/43/EEC. Natural populations of Salzmann's pine are often surrounded by large plantations of other black pine subspecies (mainly *Pinus nigra* subsp. *nigra* Arnold, the Austrian black pine, and *Pinus nigra* subsp. *laricio* Palib. ex Maire, 1928, the Corsican black pine). These exotics are potential sources of hybridizing pollen, as there is no barrier to reproduction between these subspecies.

In this article, we describe the steps taken to implement an integrated program to conserve the genetic diversity of Salzmann's pine in France. In addition to maintaining evolutionary potential through *in situ* conservation of genetic diversity, we propose safeguarding it through an *ex situ* approach. We confirm that Salzmann's pine is an original genetic lineage within the black pine subspecies, and identify five genetic groups to serve as a basis for *in situ* genetic conservation in France. By maximizing overall genetic diversity while maintaining diversity within and among populations, we

identify native, non-hybridized trees that will form the basis of an *ex situ* collection representative of genetic diversity in France.

We believe that this combined strategy can easily be applied to all social forest tree species, whether their range is fragmented or not, and particularly in marginal areas. We encourage managers to adopt this strategy.

KEY-WORDS. *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*; sustainable management; genetic diversity; differentiation; *in situ* conservation; *ex situ* conservation; hybridization.

Pinus nigra subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco 1943 (le pin de Salzmann ou pin des Cévennes) est l'une des sous-espèces du pin noir européen (*Pinus nigra* J.F. Arnold, 1785). Si le pin de Salzmann est assez répandu dans la péninsule ibérique, il est rare dans son aire de répartition française, dans les Cévennes et les Pyrénées orientales. En France, où il atteint la limite septentrionale de son aire de répartition, son habitat a été réduit au fil du temps, à priori en raison de l'augmentation de la sécheresse et des incendies au cours de la deuxième partie de l'Holocène, ainsi que de l'agriculture, du pâturage et des coupes pour l'industrie minière au cours des derniers siècles. Il est actuellement (et de plus en plus) menacé par les incendies de forêt à mesure que le climat se réchauffe depuis le début de l'ère industrielle. Ainsi, les forêts de pin de Salzmann sont reconnues comme un habitat prioritaire en Europe en vertu de la directive Habitats 92/43/CEE du Conseil européen.

Les populations naturelles de pin de Salzmann sont souvent entourées de grandes plantations composées d'autres sous-espèces de pin noir (essentiellement *Pinus nigra* subsp. *nigra* Arnold, le pin noir d'Autriche, et *Pinus nigra* subsp. *laricio* Palib. ex Maire, 1928, le pin laricio de Corse) qui ont été utilisées depuis le milieu du XIX^e siècle dans le cadre de la politique de restauration des terrains de montagne, pour la mise en valeur des terres agricoles, le contrôle de l'érosion et la production de bois (Combes 1989). La surface occupée par le pin de Salzmann en France est estimée à 5 000 ha tandis que les plantations de pin noir d'Autriche et de pin laricio atteignent une superficie estimée à environ 300 000 ha. Aujourd'hui dans un contexte de changement global, les qualités intrinsèques du pin de

Salzmann (rusticité, résistance à la sécheresse, résistance à certains bio-agresseurs) sont recherchées ainsi que sa bonne productivité lorsqu'il est planté dans des sols fertiles. Depuis 2010, les demandes de plants forestiers de pin laricio ont baissé en raison de la maladie des bandes rouges alors que la demande en pin de Salzmann a été multipliée par vingt. Néanmoins, les introductions de pins noirs exotiques restent élevées ce qui contribue à la fermeture des milieux et des paysages, ayant pour conséquence d'aggraver les risques d'incendie.

La divergence entre les lignées de pin noir est récente et datée de la fin du Pléistocène - début de l'Holocène. Ce laps de temps est court à l'échelle des générations et n'a pas été suffisant pour la mise en place de barrières zygotique ou gamétique à la fécondation entre sous-espèces. L'hybridation avec le pin laricio et le pin noir d'Autriche est donc possible et reconnue comme une menace supplémentaire pour les populations autochtones de pin de Salzmann en France. C'est pourquoi il est demandé de ne pas planter de pins noirs exotiques dans un rayon de 1 km autour de peuplements autochtones de pins de Salzmann. En ce qui concerne les plantations du passé et la gestion de leur descendance en partie hybridée, les gestionnaires sont assez démunis et doivent avoir recours à des expertises génétiques à base de marqueurs moléculaires ; en effet, il est souvent impossible de reconnaître les hybrides sur la base de critères morphologiques.

En réponses à ces menaces, nous décrivons dans notre présentation les étapes entreprises pour le développement et la mise en œuvre d'un programme global de conservation de la diversité génétique du pin de Salzmann en

France. La diversité génétique est essentielle à l'évolution. La sélection naturelle agit sur la diversité génétique pour adapter les populations aux changements environnementaux. La diversité génétique est donc un objectif reconnu de conservation et d'utilisation durable dans le texte de la Convention sur la diversité biologique (CDB) des Nations unies de 1992.

La première étape du maintien du potentiel évolutif doit être la conservation *in situ* de la diversité génétique, où la sélection naturelle peut modifier les optimums phénotypiques au fur et à mesure des changements environnementaux. Lorsque les menaces sont élevées et que les populations sont petites, la stratégie *in situ* doit être renforcée par une approche *ex situ*, dans laquelle un échantillon génétiquement représentatif du taxon cible est sauvegardé dans au moins un environnement favorable. Le pin de Salzmann est une espèce d'arbre forestier relativement rare, dont l'habitat est menacé mais qui possède encore des forêts de taille importante où la régénération naturelle est possible et

encouragée par les organismes de gestion. Cette double stratégie lui convient donc bien.

Nous avons confirmé que le pin de Salzmann est une lignée génétique originale au sein des sous-espèces de pin noir d'Europe occidentale et méditerranéenne. En échantillonnant la diversité autochtone en France en considérant que les très vieux arbres ne devaient pas avoir été plantés, nous avons identifié cinq groupes génétiques qui peuvent servir de base à la conservation génétique *in situ*. En maximisant la diversité génétique globale tout en maintenant la diversité parmi les populations, nous avons identifié des arbres indigènes et non hybridés qui peuvent constituer la base d'une collection *ex situ* représentative de la diversité française.

Nous pensons que cette stratégie combinée peut facilement s'appliquer à toutes les espèces sociales d'arbres forestiers, que leur aire de distribution soit fragmentée ou non, et en particulier en zone marginale. Nous encourageons les gestionnaires à adopter cette stratégie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bois Mag, 2014. N°132.

Cahiers d'habitats, Natura 2000, tome 1, 2001 (recommandations pour la protection du pin de Salzmann).

Calas , 1900 - *Restauration et conservation des terrains en montagne. Le Pin laricio de Salzmann*. Exposition Universelle internationale 1900. Edition broché 2018.

Caudullo G., Welk E., San-Miguel-Ayán J., 2017 - Chorological maps for the main European woody species. *Data in Brief* **12**, 662-666. DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.007. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5113945>.

Combes F., 1989 - Restauration des terrains en montagne. Du rêve à la réalité. *Revue Forestière Française* **41(2)**:91-106.

Debazac J.-F., 1963 - L'aire spontanée du pin de Salzmann en France. *Revue forestière française*, **10** : 768-784. 10.4267/2042/24499. hal-03386142.

Durand E., 1893 - Note sur le pin de Salzmann, *Bulletin de la Société Botanique de France*, **40**:10, CCXXVIII-CCXXX, DOI: 10.1080/00378941.1893.10830557.

Fady B, Brahic P, Cambon D, Giovannelli G, Musch B, Thévenet J, Turion N (2016) Le Pin de Salzmann (*Pinus nigra* Arnold ssp. *salzmanni* (Dunal) Franco), un patrimoine naturel vivant à protéger et valoriser. *Causses et Cévennes* **121**: 336-341. <https://hal.inrae.fr/hal-02630610v1>.

Fady B., 2008. *Compte rendu scientifique final du partenaire INRA. Programme global de conservation des populations françaises de pin de Salzmann. 2008 – 2017*. Convention ONF / INRA Avignon / CGAF / Pépinière Aix-les-Milles.

- Giovannelli G, Roig A, Spanu I, Vendramin GG, Fady B (2017) A New Set of Nuclear Microsatellites for an Ecologically and Economically Important Conifer: the European Black Pine (*Pinus nigra* Arn.). *Plant Molecular Biology Reporter* **35**:379–388.
- Giovannelli G., 2018. Histoire évolutive et diversité adaptative du pin noir, *Pinus nigra* Arn., à l'échelle de son aire de répartition. Thèse de doctorat soutenue à Aix-Marseille le 27 avril 2017.
- Hoban S, Bruford M, Jackson JDU, *et al.*, 2020 - Genetic diversity targets and indicators in the CBD post-2020 Global Biodiversity Framework must be improved. *Biological Conservation* 248:108654. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108654>.
- Isajev V, Fady B, Semerci H, Andonowski V. 2005 - *Technical guidelines for genetic conservation and use of European black pine (Pinus nigra)*. EUFORGEN, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- IUCN, 2016 - IUCN World Conservation Congress 2016 , recommendation 104: WCC-2016-Rec-104-EN. Integrating autochthonous forest genetic diversity into protected area conservation objectives.
- IUCN, 2021 - IUCN World Conservation Congress 2020, recommendation 109: WCC-2020-Res-093-EN. A call for increased consideration of genetic diversity in IUCN planning and actions.
- Koskela J, Lefèvre F, Schüler S, *et al.*, 2013 - Translating conservation genetics into management: pan-European minimum requirements for dynamic conservation units of forest tree genetic diversity. *Biological Conservation* **157**:39–49.
- Kremer A., Ronce O., Robledo-Arnuncio J.J., Guillaume F., Bohrer G., Nathan R., Bridle J.R., Gomulkiewicz R., Klein E.K., Ritland K., Kuparinen A., Gerber S., Schueler S., 2012 - Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change. *Ecology Letters* **15**: 378-392. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01746.x>
- Perret S., Jordan Bello, Michel Chartier M., Christian Ginisty, Céline Meredieu, *et al.*, 2021 - Maladie des bandes rouges : le pin laricio souffre mais ne rompt pas !. *Forêt Entreprise* **259** : 42-49.
- Quézel P., Barbero M., 1988 - Signification phytoécologique et phytosociologique des peuplements naturels de Pin de Salzmann en France. *Ecologia mediterranea* **14(1-2)** : 41-63.
- Robledo-Arnuncio J., Gil L., 2005 - Patterns of pollen dispersal in a small population of *Pinus sylvestris* L. revealed by total-exclusion paternity analysis. *Heredity* **94** : 13–22 <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800542>.
- Robledo-Arnuncio J.J., 2011 - Wind pollination over mesoscale distances: an investigation with Scots pine. *New Phytologist*, **190**: 222-233. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03588.x>
- Roiron P, Chabal L, Figueiral I, Terral JF, Ali A.A., 2013 - Palaeobiogeography of *Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco in the north-western Mediterranean Basin: a review based on macroremains. *Review of Palaeobotany and Palynology* **194**:1-11.
- Saladin B., Leslie A.B., Wüest R.O. *et al.*, 2017 - Fossils matter: improved estimates of divergence times in *Pinus* reveal older diversification. *BMC Evol Biol* **17** :95.
- Scotti-Saintagne C, Fady B, Giovannelli G, Turion N (2018) Le pin de Salzmann : une espèce à protéger. *La Garance Voyageuse* **123**:7-12. <https://hal.inrae.fr/hal-01894847v1>.
- Scotti-Saintagne C, Giovannelli G, Scotti I, Roig A, Spanu I, Vendramin GG, Guibal F, Fady B (2019) Recent, late-Pleistocene fragmentation shaped the phylogeographic structure of the European black pine (*Pinus nigra* Arnold). *Tree Genetics and Genomes* **15**: 76 (<https://doi.org/10.1007/s11295-019-1381-2>).
- Scotti-Saintagne C., Giovannelli G., Scotti I. *et al.*, 2019 - Recent, Late Pleistocene fragmentation shaped the phylogeographic structure of the European black pine (*Pinus nigra* Arnold). *Tree Genetics & Genomes* **15**, 76. <https://doi.org/10.1007/s11295-019-1381-2>.
- Timbal J., Turrel M., Ducrey M., 1985 - Les facteurs de productivité du Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *nigricans* Host. *austriaca* Hoss.Novak) dans les Alpes du Sud. *Ann.Sci.For.* **42(3)** :265-282.

Williams CG., 2010 - Long-distance pine pollen still germinates after meso-scale dispersal. *Am J Bot.* **97(5)** : 846-55. doi: 10.3732/ajb.0900255. Epub 2010 Mar 26. PMID: 21622450.

Documents en ligne

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

https://especiestreales.com/P_Pnigra.html

https://ifc.cnpf.fr/sites/socle/files/cnpf-old/498095_pin_laricio_1.pdf

<https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>

<https://www.euforgen.org/>

TRANSCRIPTIONS DES QUESTIONS-REponses

Brigitte Musch (ONF) : Avec les taux d'erreur sur les phénotypes, il n'est pas évident de repérer les espèces parentes ou les hybrides. Comment faire, sur le terrain, pour, par exemple, favoriser le Pin de Salzman et ses croisements si l'on ne sait pas les distinguer des autres espèces ?

Bruno Fady : Le diagnostic phénotypique ne fonctionne pas dans des conditions atypiques. Les tests ont été effectués avec des régénérations naturelles sur un plateau et non dans un milieu forestier. Le diagnostic phénotypique ne permet pas alors de distinguer les espèces sans une grosse marge d'erreur. Par contre, dans le cas de populations naturelles avec une faible dispersion du pollen et des graines, à côté des parents, le diagnostic phénotypique est bien meilleur. Dans le cadre d'une expertise pour le bois d'Abeau, zone Natura 2000 en Ardèche, le diagnostic d'un collègue forestier de l'ONF comportait seulement 2 erreurs sur 100 arbres. Dans des conditions typiquement forestières, si l'on veut supprimer des individus ressemblant à des Laricio ou des pins noirs d'Autriche pour protéger le pin noir de Salzman, la marge d'erreur est faible.

Myriam Legay (AgroParisTech) : Ma question porte sur les impacts génétiques : si les hybrides ont un risque de maladaptation, on peut se dire qu'ils vont être éliminés, est-ce que c'est grave ?

Bruno Fady : C'est vrai que la sélection naturelle fait son boulot en général. Si par exemple il y a une très forte année de sécheresse et que les hybrides sont moins bien adaptés, ils vont disparaître. Par contre quand ce sont des problèmes qui peuvent arriver dans plus longtemps, la réponse est moins évidente. L'autre point qu'il faut souligner, c'est que le rapport de force entre le pin de Salzman et les deux autres est extrêmement déséquilibré. Le pin de Salzman, c'est 5000 ha en France ; si on fait la somme des pins Laricio et des pins noirs, on est à quelque chose comme 300 000 ha. Donc en fait on a une contribution pollinique venant des Laricio et des pins noirs d'Autriche qui est énorme par rapport à la capacité. On a un vrai risque de création d'hybrides qui ne seraient pas forcément contre-sélectionnés parce que les critères de contre-sélection n'existent pas au moment où ils arrivent. Donc, est-ce que c'est grave ? Je dirais qu'il y a quand même un risque important du fait de cette balance inéquitable entre les deux, particulièrement dans les endroits où on veut protéger le pin de Salzman, parce que c'est une ressource autochtone, patrimoniale, intéressante à protéger : c'est bien ça l'enjeu.

Erwin Ulrich (ONF) : Vous nous avez très bien présenté tous les risques qui sont liés à l'introduction des différents pins noirs, mais je suppose qu'il y a aussi des avantages. Est-ce que vous pouvez nous en citer quelques-uns ? Par ailleurs, vous avez parlé de la probabilité que certains écotypes disparaissent, peut-être que c'est faux ce que je vais dire, mais je suppose que dans le temps certains écotypes vont disparaître, mais d'autres peuvent apparaître si on se place dans une longue trajectoire en lien avec le changement climatique aussi : est-ce vrai ou pas ?

Bruno Fady : Le pin noir d'Autriche est un formidable pionnier qui a « fait le job » quand il a été introduit au moment de la Restauration des Terrains en Montagne (ci-après RTM), et pour stabiliser tout un tas de terrains, notamment les terrains marneux, etc. On peut prendre l'exemple du Mont Ventoux qui est notre laboratoire de terrain favori où il a favorisé le retour des espèces autochtones, que sont le sapin pectiné et le hêtre. Donc il a très clairement des avantages. La situation dans laquelle on se place, est celle dans laquelle on a une ressource autochtone à protéger parce qu'elle disparaît et, Caroline l'a dit, c'est à la fois à cause des pins noirs mais aussi à cause de l'extension du pin maritime pour tout un tas de raisons, et ce patrimoine il nous faut le protéger. On ne le connaît pas très bien. On a un certain nombre d'indications qui montrent qu'il est effectivement plus résistant à des conditions de climat qui deviennent défavorables par rapport aux deux autres. Il a des facultés de résistance à certaines maladies, donc il ne faut pas se priver de pouvoir conserver ce patrimoine qui peut nous servir, actuellement et dans le futur.

Hervé Le Bouler (Forêt de Chantilly, Institut de France) : On a en forêt de Chantilly une chênaie qui est dépérissante. On a pour projet d'aller vers une chênaie-pinède en mélange, mais le pin sylvestre apparaît comme à peu près certainement condamné à terme. On ne veut pas être totalement dépendants du pin maritime, donc on envisage de faire de l'introduction de pin noir. Ma question est : faut-il aller vers une approche monospécifique, par exemple en visant des populations de pin noir espagnol ou est-ce qu'on doit faire une « salade » en mélangeant les pins noirs du bassin méditerranéen ?

Bruno Fady : J'ai beaucoup de mal avec les modèles de niche parce que, effectivement, on est dans des projections où on ne maîtrise absolument rien en termes de climat futur. On sait que ça va changer, mais à quel degré, on n'en sait rien. Étant généticien, moi j'ai bien envie aussi de laisser sa place à la sélection naturelle et puis de voir ce qui va arriver. Après, s'il faut introduire des choses et les faire venir, le généticien aime bien le mélange. C'est quand même une assurance de résilience plus forte que si on introduit des choses avec peu de diversité. Et puis en tant que fan du pin de Salzmann, je pense que c'est un bon plan de l'introduire. L'autre chose que je pourrais dire, c'est quand on fait des introductions, documentons-les, gardons les données, partageons les données, faisons que ça se sache et faisons des suivis sur le long terme.

Caroline Scotti-Saintagne : Si je ne me trompe pas, sur la Causse Méjean on introduit le pin de Salzmann dans les plantations de pin noir d'Autriche qui sont en train de dépérir. C'est-à-dire qu'il y a l'aspect inverse : quand on n'est pas en zone de protection du pin de Salzmann, on peut le planter dans les plantations de pin noir d'Autriche ou de Laricio pour augmenter leur rusticité ou leur résistance à certaines maladies. Donc c'est intéressant de les mélanger quand on n'est pas en zone de protection.

Le *Robinia pseudoacacia* en forêt : de l'exotique prisée à l'invasive contestée

par Zoé GINTER
Université de Tours, UMR CITERES

RESUME. Le *Robinia pseudoacacia* est une espèce à la croisée des chemins. Introduit de l'Amérique du Nord comme objet d'ornement au début du XVII^e siècle, l'arbre a connu plusieurs phases d'exhortation et d'oubli relatif. L'acacia (dans son usage vernaculaire) est l'objet d'une appropriation sur le temps long qui accompagne une dynamique de naturalisation de l'arbre, dont le caractère allochtone et envahissant est aujourd'hui de plus en plus invoqué. Comment le robinier, longtemps étalon d'une « conquête de la naturalisation » et plébiscité des programmes de reboisement, est-il devenu indésirable ? De l'exotique prisée à l'invasive contestée, en passant par l'usurpateur de la flore indigène, ce texte synthétise la fabrique des différents statuts de l'espèce depuis son introduction.

MOTS-CLES. Robinier ; géohistoire ; acclimatation ; naturalisation ; indésirable.

ABSTRACT. *Robinia pseudoacacia* is a species at a crossroads. Introduced from North America to France as an ornamental at the beginning of the 17th century, this tree went through several phases of exhortation and relative oblivion. Over the long-term as it was becoming naturalized, Acacia (the French vernacular name of Black locust) has been progressively appropriated by people while its non-native, invasive status is of increasing concern. How has the Black locust, for a long time considered a standard of a “conquest of naturalization” and popular in reforestation programs, become an undesirable pest? From the prized exotic to through the usurper of the native flora to the contested invasive, I here summarize the making of its different statuses since its introduction.

KEY-WORDS. *Robinia pseudoacacia* ; acclimatization ; naturalization ; undesirable.

INTRODUCTION

Le *Robinia pseudoacacia* est sans conteste une exotique singulière. L'espèce est héliophile, pionnière, assez frugale. Bien qu'elle préfère les terres légères et drainées, sa plasticité lui permet de croître dans presque tous types de sol. L'arbre se reproduit principalement par drageonnements racinaires et rejets de souches abondants pour former des bosquets (ou clones) d'arbres interconnectés par un système racinaire commun (Cierjacks et al., 2013). Par sa capacité à fixer l'azote atmosphérique, il lui est reproché une modification des écosystèmes dans lesquels il est établi ainsi que la colonisation d'habitats, le

plus souvent des milieux ouverts et des sites dits perturbés (Pyšek et al., 2012).

Mais ce qualificatif « invasif » est relativement récent, tout autant que la volonté de gestion, voire d'éradication, qui l'accompagne. Les sciences sociales insistent sur le fait que les processus « invasifs » sont ancrés dans les milieux et les sociétés dans lesquels ils opèrent (Tassin et Kull, 2015). Comment le Robinier, longtemps étalon d'une « conquête de la naturalisation » (de Kirwan, 1872 ; 23) et plébiscité des programmes de reboisement, est-il devenu indésirable pour certains ? De l'exotique prisée à l'invasive contestée, en passant par l'usurpateur de la flore indigène, ce texte propose de retracer la

fabrique des différents statuts de l'espèce depuis son introduction. Nos résultats s'appuient principalement sur des documents d'archives du XVII^e au XX^e siècle. Des entretiens semi directifs permettent une ouverture sur la façon dont la qualification de l'espèce est aujourd'hui contestée.

DE L'EXOTIQUE PRISE AU SYMBOLE D'UN RENOUVEAU

Originaire des Appalaches et introduit en France au début du XVII^e siècle, le robinier est d'abord apprécié pour ses qualités ornementales. La floraison qui a habituellement lieu en mai ou juin est remarquable et l'arbre se pare de fleurs blanches odorantes. Les feuilles sont alternes, composées et imparipennées et l'écorce est crevassée (figure 1). Les drageons et les jeunes branches sont munis d'épines. D'où le nom d'acacia attribué dans un premier temps, du fait de sa ressemblance au genre. Il a été reclassé par Carl von Linné qui lui attribue le nom de *Robinia pseudoacacia*, en hommage à Jean Robin. Ce dernier, arboriste d'Henri IV aurait planté les premiers spécimens à Paris. Mais les premiers temps du robinier en Europe restent discutés, et mêmes incertains (Ginter & Hautdidier, 2022).

Paris a été le centre de distribution le plus important de robiniers. Le XVII^e siècle est par ailleurs marqué d'une passion pour l'horticulture, et les plantes - exotiques et rares - deviennent des marqueurs de distinction sociale. L'exotique qualifie alors des curiosités, bizarres ou incroyables, venant de pays lointains (Bonneval, 2014). Les écrits de Pierre Morin illustrent la rapidité avec laquelle « l'acacia de l'Amérique » s'est répandu dans les cercles de riches propriétaires et de concepteurs de jardins (Morin, 1658). Séduits par l'élégance de l'arbre et le raffinement qu'il incarne, les jardiniers ont délibérément enrichi les paysages parisiens de robiniers. Un temps, le robinier incarne donc une exotique prisée et symbolise l'élégance, non sans déconvenues. Cet engouement ornemental a rapidement été suivi d'une dépréciation de l'arbre qui se voit progressivement reprocher des défauts

esthétiques - un houppier troué ou des branches irrégulièrement espacées – au point d'être délaissé. Marque de ce désintérêt, l'espèce est quasiment absente de la littérature jusqu'au milieu du XVIII^e siècle.



Figure 1. Feuillage et écorce du *Robinia pseudoacacia*, (Ginter, 2021).

Un net regain d'intérêt est manifeste, encouragé par d'influents agronomes, agriculteurs et forestiers. D'arbre ornemental à la mode, le robinier devient progressivement une ressource qui mérite d'être travaillée et fait l'objet d'expérimentations variées. Des auteurs de renom, comme Jussieu, Médecin ou Duhamel du Monceau, vantent les mérites de sa culture et cette redécouverte a probablement encouragé une nouvelle vague de plantations en dehors de la capitale. La publicisation des « qualités utiles » du bois marque un tournant, à une époque où les usages proto-industriels du bois se développent. De nombreuses expériences, sur l'ensemble du territoire métropolitain, sont relatées en vue d'encourager des reproductions. Ces récits présentent souvent l'espèce et ses capacités dans un discours emphatique. Le langage éloquent et stylisé, alors employé, vise à convaincre aussi bien les savants que le grand

public. Ces représentations élogieuses du robinier, fertile et symbole de renouveau, ont nourri à la fois les efforts de plantation et l'attachement affectif à l'arbre tout au long du XIX^e siècle. À titre d'exemple, ces propos de Pierre Antelme, sont emblématiques de cette phase d'exhortation :

On se verra forcé de remercier la divine Providence de nous avoir fourni un végétal d'une fécondité semblable, d'un usage général, et d'une utilité aussi grande (...) Un jour viendra que l'acacia sera apprécié à toute sa valeur : alors nos cours d'eau, nos montagnes, nos coteaux substantiels, se peupleront de cet arbre précieux, devant fournir le plus utile comme le meilleur des bois de service. (Antelme ; 1853 ; 475-478)

Le robinier, se voit accorder une place de choix dans les arboretums, mais aussi dans les pépinières dédiées à l'acclimatation d'espèces exotiques. Cet âge d'or du robinier coïncide avec une mode des espèces exotiques, notamment marquée par l'hégémonie des essences nord-américaines dans les programmes de reboisement (Brassart et Pépy, 2022 ; Corvol, 2005).

DE L'ARBRE CONQUERANT A L'USURPATEUR DE LA FLORE INDIGENE

L'arbre trouve sa place dans les politiques forestières et agricoles interventionnistes du XIX^e siècle (Ginter & Hautdidier, 2022) et ses promoteurs n'ont pas hésité à louer ses avantages et performances afin de lui décerner le titre d'autochtone. Le but est atteint, si bien que l'arbre devient l'étalon d'une naturalisation réussie. À partir de la fin du XIX^e siècle, les écrits consultés insistent d'ailleurs sur son origine allochtone, comme si celle-ci avait été oubliée. Longtemps, la polyvalence et la flexibilité écologique du robinier sont célébrées. Sa croissance rapide et sa capacité reproductrice ont soutenu les efforts de plantation massifs, notamment afin d'augmenter la valeur des terres. L'espèce est présentée comme « vigoureuse » et « résistante ».

On le voit, le robinier pullule partout où il est installé. Cette faculté envahissante en fait

un arbre de choix pour repeupler économiquement et avec profit les terrains incultes et les friches stériles (Inconnu, 1925 : 30-31).

Les termes sont labiles et les catégorisations évoluent dans le temps. Dans de nombreux écrits, la capacité colonisatrice de l'espèce est vantée. Sans être niée, elle est aussi considérée comme le revers de la médaille. Dans ce cadre, le portrait dessiné du robinier est celui d'une espèce non sociable, mauvaise voisine pour les autres cultures. En effet, ce sont ses usagers (propriétaires fonciers, agriculteurs, viticulteurs) qui les premiers ont reproché à l'espèce son caractère envahissant. Ces critiques portent tout d'abord sur les nuisances vis-à-vis d'autres cultures plus lucratives, en cas de colonisation des terres voisines.

Essence vagabonde et gourmande dont le voisinage est on ne peut plus nuisible à la vigne (Gloriod, 1896 : 74)

Dans les sols où il réussit, le robinier est un rude envahisseur : malheur aux champs cultivés qui l'avoisinent ! (...) ses racines traçantes affameront le champ voisin, et, si on les laisse faire, le transformeront bientôt en un fourré impénétrable (Hast, 1877 : 292)

Dès le XIX^e siècle quelques reproches s'élèvent donc quant à aux capacités colonisatrices de l'espèce que l'on dit « vagabonde » ou encore « gourmande ». Pour autant, ces qualificatifs ne sont jamais rattachés à son origine allochtone. Ces voix restent atomisées face aux discours dominants qui voient dans le robinier une essence d'avenir pour les programmes de reboisement (Ginter et Hautdidier, 2022). C'est également chez l'administration forestière que les racines de ce discours s'entendent, au gré des réticences exprimées au sujet des espèces exotiques. S'il ne s'agit pas d'un rejet frontal de l'espèce ; on note plutôt une distanciation. Dans les années 1990, les robineraies n'occupent que 0,1 % de la surface des forêts publiques (contre 1,3 % chez les privés).

UNE ESPECE EXOTIQUE ENVAHISSANTE CONTESTEE

En 2007, la Conférence ministérielle paneuropéenne sur la protection des forêts en Europe (MCPFE) lui décerne même le titre d'espèce ligneuse envahissante la plus problématique en Europe. C'est surtout à partir des années 2010, à la faveur d'une mobilisation des acteurs naturalistes, que le robinier intègre la catégorie d'espèce exotique envahissante indésirable ; peu après la publicisation du terme. Les boisements où le robinier est majoritaire sont alors considérés comme ayant peu d'intérêt écologique. Il est reproché à l'arbre la fixation de l'azote qui favorise les espèces nitrophiles telles que l'ortie ou le sureau noir et donc de former des communautés végétales spécifiques. Cette flore peut être considérée comme « banale » ; une mauvaise diversité (Larrère & Larrère, 2015).

On va retrouver ce qu'on appelle des plantes de pissotières, c'était à dire des plantes qui vont pousser dans les endroits qui sont riches en azote, des rosiers, de l'ortie, ce genre d'espèce (Entretien, Conservatoire Botanique)

Le vocabulaire employé est chargé : on parle de « mutilation », de « détérioration », on dit de l'arbre qu'il est « intolérant », « nuisible ». Le robinier intègre régulièrement la catégorie des « espèces exotiques envahissantes » bien qu'il ne soit pas toujours institutionnellement reconnu comme tel. En 2016, le *règlement d'exécution 2016/1141* de l'Union Européenne adopte une liste des espèces exotiques envahissantes préoccupantes pour lesquelles les pays membres devront mettre en œuvre des mesures concertées de prévention, de détection précoce et d'éradication rapide. Le robinier, d'abord proposé, n'y sera finalement pas inscrit. La pression exercée par certains États membres de l'UE, et particulièrement l'opposition farouche de la Hongrie, a été décisive (figure 2). La Hongrie, où le robinier couvre d'un quart des forêts du pays, accueille la plus grande surface de robinier en dehors de son aire d'origine. L'arbre est aussi largement mis à contribution pour la production de miel.

En France, des « guides espèce » sont publiés par des organismes gestionnaires d'espaces naturels ou des associations naturalistes et incluent des recommandations sur la gestion de l'espèce, devenue indésirable dans certains milieux.



Figure 2. Le député hongrois Glattfelder tenant une branche de robinier en réaction aux volontés de l'Union Européenne d'inscrire l'arbre sur la liste des espèces exotiques envahissantes (24.hu, 2016).

Mais le robinier est sans conteste une espèce à conflit d'usage. Par-là, nous signifions les tensions qui existent à la fois autour de la catégorisation du robinier comme « espèce exotique envahissante » et autour de sa gestion. À ce titre, l'inscription du robinier sur les listes est vécue comme une épée de Damoclès par les forestiers, qui appréhendent les impacts d'une telle catégorisation. Des contres offensifs du monde forestier s'organisent à plusieurs échelles et visent à requalifier l'espèce : le robinier est « dynamique », ou « vigoureux », plutôt que « invasif », il « enrichit » ou « améliore » les sols plutôt qu'il les « modifie ». Loin du schéma binaire promotion/éradication du robinier, les acteurs rencontrés n'hésitent pas à questionner les conceptions essentialisantes de l'espèce.

CONCLUSION

La longue histoire d'introduction du *Robinia pseudocacia*, de sa dynamique d'occupation de l'espace, aux phases de mise en valeur et de désintérêt relatif, invite à questionner les lectures intemporelles ou ahistoriques de la dynamique des espèces

exotiques. L'analyse de la fabrique discursive du robinier comme « désirable », « conquérant », ou encore « nuisible » montre finalement la labilité des termes et des représentations qui sont attachées à l'arbre, dans le temps et selon les acteurs, mais aussi que les trajectoires de

l'espèce sont dépendantes de son appropriation par les sociétés humaines. Le robinier est ainsi une illustration des contradictions et paradoxes des manières de catégoriser, lister et rationaliser les savoirs sur le vivant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Antelme P., 1854 - *Traité d'agriculture élémentaire, pratique et raisonnée*, Tome 1, Marc Aurel, Valence, 510 p.
- Brassart L. et Pépy E.A., 2022 - L'acclimatation des arbres nord-américains en France (v. 1730-v. 1815) : des enjeux scientifiques aux politiques de développement du territoire , *Dix-huitième siècle*, **54**, n° 1 : 349-376.
- Cierjacks A. et al., 2013 - Biological Flora of the British Isles: *Robinia pseudoacacia*, *Journal of Ecology*, **101**, n° 6 : 1623–40.
- Corvol A., 2005 - *Les Arbres voyageurs*, Paris, Robert Laffont, 348 p.
- Ginter Z. et Hautdidier B., 2022 - The 'gift of the new world': Retelling the trajectories of black Locust in France, *Journal of Historical Geography*, **78**, 115-125.
- Gloriod E., 1896 - Sur la variation des couleurs de quelques cépages, *La Vigne américaine : sa culture, son avenir en Europe*, **3** : 73-78
- Hast L., 1877 - Le robinier faux-acacia, *Le Nord-est agricole et horticole*, Tome II, n° 43 : 291-294
- Inconnu, 1925 - Le reboisement de notre Bigorre, *En cournè det houéc : journal des cours d'adultes du département des Hautes-Pyrénées*, **2**, 32 p.
- de Kirwan C., 1872 - *Flore Forestière : Illustrée Arbres et Arbustes Du Centre de l'Europe*, J. Rothschild, Paris, 61 p.
- Larrère C. et Larrère R., 2015 - Autochtonie, solidarité, naturalité, In *Penser et agir avec la nature*, La Découverte, pp. 109-142.
- Pyšek P. et al., 2012 - Plant invasions in the Czech Republic: Current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats. *Preslia*, **84** : 575–629.
- Tassin J. et Kull C.A., 2015 - Facing the broader dimensions of biological invasions, *Land Use Policy*, **42**, Supplement C : 165-169.

TRANSCRIPTIONS DES QUESTIONS-REponses

Yann Dumas (INRAE Nogent-sur-Vernisson) : Vous semblez avoir mis en doute la date qu'on a tous en tête pour l'introduction de 1601. Je me suis intéressé à plusieurs introductions d'espèces exotiques et effectivement souvent on découvre que ce qui est écrit est faux et donc j'aimerais bien en savoir un peu plus sur le cas du robinier.

Zoé Ginter : Le temps étant compté on ne pourra pas refaire toute la généalogie, mais c'est vrai que cette date de 1601 revient souvent et je crois d'ailleurs que pour le robinier qui est au Jardin des Plantes, c'est aussi une revendication qui est faite. Ce qui me permet, pas uniquement moi mais également d'autres historiens qui se sont intéressés à cette question, c'est que à la fois Jean Robin et son fils ont rédigé des ouvrages à partir de 1619 dans lesquels ils recensent l'intégralité des espèces qui ont été introduites et le robinier, à ce moment-là, n'apparaît pas. La première mention qu'on trouve à ma connaissance du robinier en France, date de 1635. Après, est-ce que c'est Robin, ça aussi c'est une vraie question. Il y a souvent le botaniste anglais John Tradescant qui revient, c'est probablement aussi lui. En tout cas, on est un peu plus sûr sur la première partie du voyage depuis la Virginie puisqu'on

sait que Tradescant avait investi dans la compagnie de Virginie pour ramener des plants. Il y a eu une rencontre entre les Robin et Tradescant en 1625, qui semblerait pouvoir être en tout cas une bonne fenêtre pour l'échange des graines, mais ça reste des hypothèses. Un autre élément c'est qu'en 1629 Tradescant rédige un ouvrage, dans lequel il liste toutes les espèces nouvellement introduites et dans laquelle le robinier n'apparaît pas, ce qui suggère qu'il est déjà présent dans les jardins britanniques.

Myriam Legay (AgroParisTech) : Vous avez évoqué un encouragement de la plantation en contexte forestier au XIX^e siècle. Est-ce que vous pourriez nous donner un peu plus d'éléments sur le type de contexte ou de situation dans lesquels l'espèce était proposée pour des plantations forestières ?

Zoé Ginter : Il y en a eu plusieurs. On en voit notamment beaucoup dans la forêt privée. Le robinier a pu être un temps proposé dans le cadre de la RTM par exemple, avec bien évidemment des échecs en raison de l'altitude. Il y a eu énormément d'échecs au niveau des implantations de robinier, ce qui fait aussi que progressivement, sans être abandonné par l'administration forestière, celle-ci va plutôt lui accorder un statut un peu accessoire, avec notamment des plantations massives pour le maintien des talus, la consolidation des berges, etc. Dans le cas de la RTM, par exemple dans les Pyrénées, le robinier sera planté en piémont.

Anonyme (forestier) : Une anecdote tout d'abord : dans le très beau livre d'Alain Corbin sur Les émotions suscitées par l'arbre de l'Antiquité à nos jours, il repère l'émotion suscitée chez Stendhal dans son livre *De l'amour* par un buisson d'acacia. C'est un très beau passage où le buisson d'acacia a déchiré la robe de l'amoureuse à l'occasion d'un rendez-vous. Ensuite, il y a eu des termes très sévères utilisés récemment à propos de l'envahissement de l'acacia. Je suis personnellement confronté, comme beaucoup de forestiers, à l'envahissement de l'acacia, que j'ai, d'une certaine façon, contenu, mais il y a un autre envahissement contre lequel je n'ai pas pu faire grand-chose, c'est celui du chêne rouge d'Amérique. Nous avons été confrontés à l'introduction du chêne rouge d'Amérique vers 1890 dans notre forêt ; les 3 ha plantés en 1890 sont aujourd'hui devenus 40 ha et l'envahissement est presque irrêtable. Il me semble que la dégradation du sol dans certaines parties de la forêt, notamment suite au dépérissement du châtaignier et du chêne pédonculé, conjuguée au réchauffement climatique, est propice à l'espèce envahissante. Est-ce que les nombreux spécialistes de l'envahissement présents ici peuvent me dire dans quelle mesure la faiblesse du sol favorise la propagation des espèces envahissantes ?

Brigitte Musch (ONF) : Est-ce que c'est la faiblesse du sol ou plutôt la faiblesse des autres espèces devenues dépérissantes qui favorisent l'envahissement ?

Elisabeth Dodinet (SBF) : Les sols c'est le parent pauvre des études dans ce domaine-là et il y a vraiment beaucoup à faire en termes de recherche, parce que c'est une composante essentielle, aussi bien pour les envahissements et les acclimatations que pour la résilience des écosystèmes. C'est quelque chose qu'on sous-estime totalement.

Histoire et bilan de l'introduction du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les forêts françaises

par François COURBET ¹, Jacques BLONDEL ², Thomas BOIVIN ³, Bernard BOUTTE ⁴
& Daniel MOUSAIN ⁵

¹ Ingénieur de recherche INRAE. Unité de Recherches Écologie des Forêts méditerranéennes. Domaine Saint Paul. 228, route de l'Aérodrome. Site Agroparc - CS 40509 - 84914 Avignon Cedex 9.

francois.courbet@inrae.fr

² Directeur de recherche émérite. CEFE-CNRS - Montpellier. jac.blondel@wanadoo.fr

³ Chargé de recherche INRAE. Unité de Recherches Écologie des Forêts méditerranéennes. Domaine Saint Paul. 228, route de l'Aérodrome. Site Agroparc - CS 40509 - 84914 Avignon Cedex 9.

thomas.boivin@inrae.fr

⁴ Département de la santé des forêts. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. Expert-référent national "santé des forêts". Unité de Recherches Écologie des Forêts méditerranéennes INRAE. Domaine Saint Paul. 228, route de l'Aérodrome. Site Agroparc - CS 40509 - 84914 Avignon Cedex 9

Bernard.Boutte@Agriculture.gouv.fr

⁵ Directeur de recherche INRAE (e.r.), INRAE - Montpellier. daniel.mousain@orange.fr

RESUME. Le genre *Cedrus* a disparu d'Europe vers 500 000 BP lors de l'apparition de cycles marqués par de fortes différences thermiques entre périodes glaciaires et interglaciaires. Originaire des montagnes d'Afrique du Nord, le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) a été ensuite introduit au milieu du XIX^e siècle dans les forêts françaises. Remarqué lors la colonisation de l'Algérie, il a fait partie des espèces utilisées pour lutter contre l'érosion et les crues torrentielles lors de l'entrée en vigueur des lois sur la Restauration des Terrains en Montagne (RTM). Son extension actuelle (20 000 ha essentiellement dans le quart sud-est de la France) est due à ses capacités de régénération naturelle et surtout à l'action des forestiers qui l'ont planté pour produire du bois de qualité.

Ces objectifs de reconstitution forestière et de production ont été atteints y compris dans des milieux méditerranéens à fortes contraintes environnementales.

L'adaptation d'une espèce ne s'évalue pas par ses seules performances mais doit aussi se juger à travers sa capacité à constituer des écosystèmes stables, équilibrés diversifiés et résilients. La biodiversité est un composant déterminant à cet égard. Des inventaires d'espèces de plusieurs groupes taxonomiques (oiseaux, insectes, champignons, flore) réalisés dans les cédraies françaises et dans les pays du Maghreb ont permis de comparer une partie de la biodiversité de l'aire d'introduction avec celle de l'aire d'origine. Les espèces associées au cèdre, potentiellement dangereuses (ravageurs) ou bénéfiques (champignons mycorhiziens) ont été particulièrement suivies. La biodiversité des cédraies françaises est globalement riche et semble dépendre surtout de la structure des peuplements (mélange, degré d'ouverture, irrégularité). Des associations avec des champignons mycorhiziens plus ou moins spécifiques du cèdre ont été observées.

Cent soixante ans après les premières introductions, le cèdre en France reste exempt de problème phytosanitaire grave et jusqu'à présent les dégâts des populations de ravageurs sont plutôt contenus. Espèce post-pionnière, elle colonise les taillis de chênes, vert ou pubescent, surtout sur sol calcaire, mais cette progression est très lente. Son introduction n'a pas été accompagnée de celle d'espèces nocives pour les forêts autochtones. En laboratoire le cèdre s'est révélé peu inflammable. Les observations de terrain confirment que les cédraies sont peu combustibles.

La perception et l'acceptation du cèdre sont très variables selon la catégorie d'utilisateurs concernée et la vision, souvent partielle et partielle, que chacun peut avoir du rôle et de la place de la forêt dans la société.

Compte tenu de ses caractéristiques, le cèdre est une des espèces envisagées pour répondre au double défi posé par le changement climatique : atténuation et adaptation.

MOTS-CLES. Reboisement, production, changement climatique.

ABSTRACT. The *Cedrus* genus disappeared from Europe circa 500,000 BP when cycles marked by great thermal differences between glacial and interglacial periods appeared. Native to the mountains of North Africa, the Atlas cedar was introduced in the middle of the 19th century in the French forests. Noticed during the colonization of Algeria, it was one of the species used to prevent erosion and torrential floods when the laws on the Restoration of Mountain Land (RTM) came into force. Its current extension (20,000 ha essentially in the south-east quarter of France) is due to its natural regeneration capacities especially to the action of foresters who planted it to produce quality timber.

These objectives of forest reconstitution and production have been achieved even in Mediterranean environments with strong environmental constraints.

The adaptation of a species cannot be evaluated solely by its performance but must also be judged by its ability to create stable, balanced, diverse and resilient ecosystems. Biodiversity is a determining component in this respect. Species inventories of several taxonomic groups (birds, insects, fungi, flora) carried out in French cedar forests and in the Maghreb countries have made it possible to compare part of the biodiversity of the area of introduction with that of the area of origin. Species associated with cedar, potentially dangerous (pests) or beneficial (mycorrhizal fungi) were particularly monitored. The biodiversity of French cedar forests is globally rich and seems to depend mainly on the structure of the stands (mixture, degree of openness, irregularity). Associations with mycorrhizal fungi more or less specific to cedar have been observed.

One hundred and sixty years after the first introductions, the Atlas cedar remains free of serious diseases in France. Until now, the damage of pest populations is rather contained. As a post-pioneer species, it colonizes the coppices of oaks (Holm oak *Quercus ilex* and Downy oak *Q. pubescens*), especially on calcareous soil, but this progression is very slow. Its introduction has not been accompanied by the introduction of harmful species for native forests. In the laboratory, cedar has been shown to have low flammability. Field observations confirm that cedar forests are not very combustible.

The perception and acceptance of cedar vary greatly depending on the category of user concerned and the often partial and biased vision that each person may have of the role and place of the forest in society.

Given its characteristics, the Atlas cedar is one of the species considered to meet the dual challenge of climate change: mitigation and adaptation.

KEY-WORDS. Reforestation, production, climate change.

Faire le bilan de l'introduction d'une espèce d'arbre en forêt n'est pas une tâche aisée. Les domaines à couvrir sont nombreux et les connaissances acquises forcément partielles. Il est d'abord important de replacer cette entreprise dans son contexte historique. Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ? Autant de questions essentielles à se poser pour analyser

et comprendre les enjeux d'une action passée. Faire le bilan c'est ensuite l'aborder sur le plan économique, écologique et sociologique de la manière la plus objective possible, sachant que le regard de la société sur ces questions a évolué au cours du temps et varie selon les groupes sociétaux.

À tous égards, il est intéressant de se pencher sur le cas du Cèdre de l'Atlas sur lequel on dispose d'un certain recul et qui fait partie des espèces sur lesquelles les forestiers comptent pour adapter les forêts au changement climatique et atténuer celui-ci par le stockage du carbone dans les arbres et les produits de la filière (Courbet *et al.*, 2012). L'histoire de cette espèce en France est assez bien connue et documentée (Cointat, 1996). De nombreuses connaissances existent aussi sur l'adaptation du cèdre à son environnement, la biodiversité et la santé des cédraies, l'utilisation et la valorisation de son bois. Les publications sont facilement accessibles. On se contentera donc dans cet article de rappeler les points les plus marquants dans chaque domaine en renvoyant le lecteur aux publications concernées pour plus de détails. Parmi elles, trois numéros spéciaux récents de la revue *Forêt méditerranéenne* (Forêt méditerranéenne, 2021a, 2021b et 2021c) ont été consacrés au cèdre. Il nous a paru toutefois utile et complémentaire de développer ici les aspects ayant trait à la fonge, en particulier ectomycorhizienne, sur laquelle il n'existe pas de référence récente.

Historique et caractéristiques du Cèdre de l'Atlas en France

Le Cèdre de l'Atlas était présent en Europe du Sud au Pléistocène jusqu'à ce que l'alternance plus marquée des périodes glaciaires et interglaciaires le fasse reculer progressivement puis disparaître d'Europe (800 000-500 000 BP) pour se cantonner exclusivement à l'Afrique du Nord (de Beaulieu, 2021). L'aire naturelle actuelle du Cèdre de l'Atlas se situe dans les montagnes d'Algérie et du Maroc. La colonisation de l'Algérie par la France en 1830 marque le début de son utilisation dans les forêts françaises. D'abord installé sur des surfaces limitées ou des parcs boisés dans les années 1840, les années 1860 marquent une étape clé avec son introduction dans certains massifs forestiers du Vaucluse et de l'Aude, dans le cadre de l'application des lois sur la restauration des

terrains en montagne (RTM) pour lutter contre l'érosion et la déforestation. La régénération naturelle issue de ces peuplements pionniers et surtout les plantations réalisées des années 1950 aux années 1990 sous l'impulsion du Fonds forestier national et des fonds européens ont conduit le cèdre à occuper environ 20 000 ha en tant qu'espèce prépondérante, essentiellement dans le quart sud-est (chiffres IFN 1991-2003 ; Ladier *et al.*, 2021a) (figure 1). Les reboisements ont ensuite beaucoup ralenti. La surface actuelle de cèdre en France est constituée à 85% de plantations.

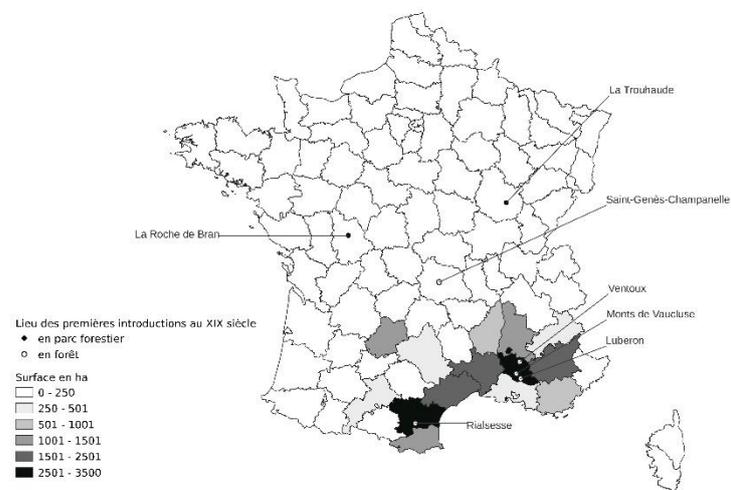


Figure 1. Localisation des premières introductions de Cèdre de l'Atlas et répartition en France, par département (source IGN). Données de l'Inventaire Forestier National 1991-2003. Formations boisées de production. Cèdre prépondérant. Remarque : nous n'avons pas distingué les départements avec moins de 250 ha de Cèdre. Ces surfaces ne sont couvertes que par 1 ou 2 points d'inventaire et sont donc entachées d'une grande imprécision.

Dynamique naturelle

Le Cèdre de l'Atlas, tolérant une certaine ombre, est plutôt considéré comme une espèce post-pionnière contrairement par exemple au Pin d'Alep qui colonise rapidement les milieux ouverts. À partir de 40 ans, âge constaté de reproduction efficace en forêt, le Cèdre peut s'étendre par régénération naturelle avec des résultats très variables selon les conditions. Les plus fortes progressions se constatent sur sol calcaire dans le taillis de chêne, surtout de chêne pubescent, régulièrement recépé où la concurrence aux semis est moins forte (figure

2). Dans ce cas et sous le double effet de la gravité et du fort mistral, on peut observer quelques rares semis à plusieurs centaines de mètres des arbres semenciers. Ainsi, sur le versant sud du Mont Ventoux (Vaucluse) le Cèdre est passé de quelques dizaines à quelques centaines d'hectares en 150 ans. Cette progression, initialement plus rapide s'est ensuite ralentie. Inversement, la régénération peut être complètement absente lorsque les conditions ne sont pas favorables à la dissémination des graines et l'installation des semis (pente ascendante, forte concurrence de la végétation...). Au Mont Ventoux le cèdre n'a pratiquement pas progressé en altitude, exception faite des plantations. À noter que la désarticulation des cônes de cèdre, préalable indispensable à la libération des graines et à la régénération naturelle, est obtenue par l'alternance des périodes de gel-dégel. Des périodes de sécheresse atmosphérique succédant à des périodes d'humidité ne permettent pas l'éclatement des cônes (Toth, 1978). Sous climat trop doux (trop basse altitude, climat océanique...) on observe souvent que les graines pourrissent dans les cônes restés en place.



Figure 2. Extension naturelle du Cèdre de l'Atlas au Petit Luberon (Vaucluse). Photographie F. Courbet.

Autécologie

En France, le Cèdre de l'Atlas est surtout présent dans l'étage supraméditerranéen. Sa zone climatique de prédilection correspond bien à celle du Chêne pubescent (Ladier *et al.*,

2021b). Même si les meilleures croissances se rencontrent sur roche mère siliceuse, le cèdre peut pousser aussi très bien sur roche mère calcaire. Il se satisfait d'une large gamme de pH mais il faut éviter les sols trop acides et pauvres, ainsi que les sols superficiels à trop forte teneur en calcaire actif. Au Mont Ventoux, sa capacité à favoriser une bonne activité biologique dans les sols est jugée moins bonne que celle du chêne pubescent mais meilleure que celle du Pin noir d'Autriche. La morphologie et la composition chimique de ses aiguilles conduisent à une litière plus dégradable, moins acide et à rapport C/N plus faible que celle du pin noir. L'humus est de type moder calcique (Nègre *et al.*, 1972 ; Thinon, 1978).

Le Cèdre régule plutôt mal sa transpiration et tient sa faculté de résistance à la sécheresse de ses capacités à puiser l'eau en profondeur. Il faut donc éviter, lors de plantations, les sols qui présentent des obstacles à la pénétration racinaire : dalle non fracturée, alios, podzol, horizon hydromorphe, argileux ou trop compact...Il se satisfait par contre des sols fortement chargés en éléments grossiers disjoints : cailloux, pierres, blocs (Ladier *et al.*, 2021b).

Comportement en cas d'incendie

Des mesures réalisées en laboratoire ont permis de tester l'inflammabilité des rameaux aoûtés de l'année. Elle est qualifiée de faible à modérée, la note obtenue ne dépassant pas 2 sur une échelle de 0 à 5 (Valette, 1990).

La sensibilité du Cèdre de l'Atlas aux incendies doit aussi et surtout être évaluée au travers de la combustibilité des peuplements. Sur le terrain, les cédraies brûlent peu. D'une part parce qu'elles se situent le plus souvent dans une zone climatique peu exposée au risque d'incendie. Ensuite parce qu'elles se révèlent assez peu combustibles. La litière des cèdres, faite d'aiguilles courtes, est compacte et peu inflammable. De plus, les peuplements adultes, quand ils sont fermés, ne laissent pas passer beaucoup de lumière et ont donc un sous-bois moins développé que celui des pins par exemple. Ceci crée une discontinuité

verticale de la végétation moins propice à la propagation du feu (Rigolot, 2021) (figure 3).



Figure 3. En haut : vue aérienne d'une plantation de cèdres et pins après le passage du feu (2007, Gard). Le feu a contourné et davantage épargné les cèdres en vert plus clair que les pins voisins en vert plus foncé (photo IGN). L'explication vient de la moindre combustibilité de la litière de cèdre, faite d'aiguilles plus courtes et donc plus compacte que celle des pins, et du sous-bois moins développé sous les cèdres (en bas à gauche) que sous les pins (en bas à droite) dont le couvert laisse passer plus de lumière (photographies F. Courbet).

Production et utilisation du bois

Selon les milieux, la productivité du Cèdre de l'Atlas s'étage de 4 à 16 m³/ha/an au terme d'exploitabilité des peuplements, établi sur la base du diamètre moyen par l'ONF. Les arbres ayant poussé en peuplement sont en général droits, bien conformés même si on peut déplorer un élagage naturel déficient. Le bois de cèdre est apte à la plupart des usages. Son intérêt réside aussi dans la durabilité de son duramen, prisé pour l'utilisation en extérieur (mobilier urbain, bardage). De nombreuses publications attestent des propriétés fongicides, antioxydantes et antiseptiques des composés extractibles (Vennetier, 2021). Il est utilisé en charpente malgré sa réputation de fragilité (figure 4). Une étude en cours menée

par la Fibois et le FCBA va déterminer les règles de classement des sciages, notamment pour leur emploi en structure.



Figure 4. Charpente réalisée en cèdres de la forêt de Riassesse (Aude). Photographie B. Boutte.

Biodiversité des cédraies

La biocénose associée à une espèce introduite est un bon indicateur de son adaptation à son nouvel environnement. La présence d'un cortège important d'espèces, généralistes et d'autres préférentiellement associées au cèdre, témoigne en faveur d'un écosystème plutôt équilibré : réalisation des cycles biogéochimiques, mise en place de relations interspécifiques d'ordres trophique, symbiotique, compétitif, coopératif...

On est évidemment très loin de connaître l'intégralité des communautés occupant les cédraies. Une action soutenue par la Délégation générale à la recherche scientifique et technique (DGRST) a permis néanmoins de faire des relevés d'espèces de 1972 à 1978 sur un grand nombre de groupes d'animaux en s'appuyant sur la grande variété de la végétation présente au Mont Ventoux, qui abrite la plus grande cédraie de France (Du Merle, 1978). La reforestation du Mont Ventoux à partir du XIX^e siècle a permis le retour d'une biodiversité d'intérêt, pour laquelle il est difficile de séparer l'effet dû aux reboisements de celui dû à l'espèce utilisée. Tous ces relevés n'ont pas concerné spécifiquement les peuplements de cèdre. Mais certains d'entre eux ont permis de comparer la biodiversité observée dans des cédraies à celles de peuplements dominés par d'autres espèces d'arbres, puisque réalisés dans des milieux et des conditions identiques. Au Maghreb, des

inventaires réalisés de la même façon, permettent d'accéder à la biodiversité des cédraies de l'aire naturelle et de la comparer avec celle observée en France.

Plantes spermatophytes

Ainsi, au Mont Ventoux, dans la série normale supraméditerranéenne du chêne pubescent, le nombre d'espèces spermatophytes (ex phanérogames) relevées sous cèdres est de 68 espèces au total dans 3 relevés (entre 29 et 31 espèces par relevé). L'ordre de grandeur est le même que sous chêne pubescent (70 espèces au total dans 4 relevés, entre 21 et 41 par relevé) (Thinon, 1978).

Coléoptères frondicoles

Mouna *et al.* (1985) ont comparé les espèces de coléoptères frondicoles en France (4 relevés au Mont Ventoux, 1 au Luberon) et au Maroc (3 relevés dans le Moyen-Atlas). La biodiversité constatée est plus importante au Maroc : 107 espèces appartenant à 23 familles y ont été récoltées contre 63 espèces de 21 familles différentes en France. Les espèces récoltées sont assez différentes entre la France et le Maroc puisqu'il n'y a que 7 espèces communes aux deux pays, essentiellement de la famille des Coccinellidae.

Nématodes

Au Mont Ventoux, Scotto La Massèse et Du Merle (1978) ont inventorié la nématofaune du sol par groupe trophique (phytophages, créophages, mycophages, saprophages) sous des peuplements forestiers dominés par différentes espèces (Chêne vert, Chêne pubescent, Pin noir d'Autriche, Cèdre de l'Atlas). On constate une diversité et une densité plus faibles de nématodes sous couvert forestier par rapport aux clairières voisines sauf pour la densité des saprophages où l'effet est inversé. Pour les phytophages, cet appauvrissement est plus marqué pour le Cèdre

et le Pin noir par rapport aux peuplements spontanés et aux reboisements en espèces indigènes.

Oiseaux

De tous les écosystèmes forestiers du Midi méditerranéen, la cédraie, notamment celle du Mont Ventoux qui fut plus particulièrement étudiée sous l'angle de ses peuplements d'oiseaux, s'est avérée être le plus riche en oiseaux, tant en diversité d'espèces qu'en abondance d'individus, et cela pour trois raisons. D'abord, bien que ce Cèdre ait été réintroduit en France, il fait partie du petit groupe d'espèces du genre *Cedrus* qui ont évolué dans les limites du bassin méditerranéen. Ceci lui confère une indiscutable appartenance régionale ayant partagé la même histoire évolutive que les faunes et flores avec lesquelles il a évolué. Ensuite, par la structure de ses peuplements, le Cèdre se prête bien à l'installation de microhabitats favorables à toutes les guildes¹ d'oiseaux forestiers d'Europe qui se déploient du sol à la canopée des grands arbres dans l'espace multistrate de la forêt. Enfin, à condition que le système de sylviculture laisse un peu de liberté à l'installation et à la croissance d'autres espèces, la cédraie est très favorable à la reconstitution d'une « ambiance forestière » avec des mélanges d'espèces caducifoliées (chênes, érables, sorbiers) et de conifères (cèdres, pins et genévriers). Ces trois raisons expliquent qu'on trouve dans la cédraie toutes les guildes, par exemple la guildes des oiseaux des troncs et des écorces (grimpereaux, sittelles), la guildes des insectivores des rameaux (mésanges), celle des polyphages du sol à régime alimentaire très diversifié comme le rougegorge familier et les grives et merles ou encore celle des oiseaux cherchant leur nourriture dans le feuillage des arbres caducifoliés et des buissons comme les fauvettes et les pouillots (Blondel, 2021). Comme on pouvait s'y attendre, la cédraie du Mont Ventoux, est riche en espèces plus

¹ On appelle « guildes » un ensemble d'espèces généralement étroitement apparentés qui se partagent selon

des normes précises de ségrégation une même ressource importante du milieu.

spécialement liées aux conifères comme la Mésange noire *Periparus ater*, le Roitelet huppé *Regulus regulus* ou le Bec-croisé des sapins *Loxia curvirostra* (figure 5). Se superpose enfin à l'ensemble des guildes forestières un cortège d'oiseaux prédateurs comme l'Épervier d'Europe *Accipiter nisus*, l'Autour des palombes *A. gentilis* et la Chouette hulotte *Strix aluco*. La qualité de l'ambiance forestière est attestée en outre par la présence d'un limicole, la Bécasse des bois *Scolopax rusticola*, dont la présence témoigne de la richesse du sol en invertébrés dont cet oiseau se nourrit. Ce qui fait qu'avec 33 espèces régulièrement nicheuses, le peuplement d'oiseaux de la cédraie est le plus riche de tous les peuplements forestiers qui furent inventoriés en France méditerranéenne lors du vaste programme d'inventaire soutenu par la DGRST (Blondel et al. 1978), et de peuplements de conifères répartis le long d'un gradient latitudinal allant des Vosges à l'Afrique du Nord (Tableau 1, Blondel, 1999).

Il faut dire qu'à l'époque où fut réalisé le diagnostic des peuplements d'oiseaux, la cédraie était traitée en futaie jardinée par bouquets avec le maintien des essences compagnes dont l'introduction du Cèdre avait facilité le retour spontané. Ce type de traitement, particulièrement favorable à la biodiversité, est l'une des trois raisons citées plus haut qui expliquent la richesse et la diversité des peuplements (Blondel, 2021).

En conclusion, le bilan qu'on peut faire de l'analyse de ce type de peuplement est qu'il est conforme à l'image classique des avifaunes sylvatiques du Paléarctique occidental. Ce sont des avifaunes riches et diversifiées mais qui ne comportent pas d'éléments qui seraient exclusivement liés à un type particulier d'arbre – aucune espèce n'est spécifiquement liée au cèdre. Dans le cas des cédraies européennes, le peuplement est très proche de celui qu'on trouve dans les forêts de sapins pectinés dès lors que ces derniers se trouvent en mélange avec des chênes ou des hêtres. L'absence d'endémisme local est due à l'histoire qu'ont vécue les ceintures de végétation et leurs faunes associées lors des alternations climatiques du Pléistocène.



Figure 5. Le Bec-croisé des sapins, oiseau des conifères, fréquente la cédraie du Mont Ventoux. Photographie J.-F. Desmet.

Tableau 1. Richesse spécifique (nombre d'espèces) et densité des peuplements d'oiseaux de sept forêts de conifères (Blondel, 1999).

Espèce dominante du peuplement	Cédraie (Ventoux)	Cédraie* (Maroc)	Pin sylvestre (Vosges)	Pin laricio (Corse)	Pin noir (Ventoux)	Pin à crochet (Ventoux)	Pin d'Alep (Alpilles)
Nombre d'espèces	33	34	30	20	19	20	20
Densité (couples/10ha)	80.6	37.5	63.8	50.0	57.9	60.9	27.8

* : les densités de la cédraie du Maroc sont probablement sous-évaluées du fait d'un échantillonnage restreint.

Champignons supérieurs

Depuis les travaux de Maire (1914) et Malençon et Bertault (1970, 1975), la diversité

des champignons supérieurs dans les peuplements de cèdres de l'Atlas au Maroc et en Algérie n'a fait l'objet que de rares études. Toutefois, les inventaires de sporophores

(organes reproducteurs des champignons) dans des cédraies du Maroc (Abourouh, 1995), d'Algérie (Hocine *et al.*, 1996) et du Sud de la France (Mousain, sd) ont souvent accompagné les essais de mycorhization contrôlée du Cèdre, dans les années 1990. La liste non exhaustive des champignons associés au Cèdre en France et en Algérie, établie par Lanier (1994), a montré une richesse en espèces mycorhiziennes quasi identique dans les deux pays, environ 50% de ces espèces étant communes à ceux-ci (Tableau 2).

L'analyse comparée des relevés de sporophores, réalisés de 1996 à 1999 dans 3 cédraies françaises d'Occitanie et 4 cédraies marocaines (3 au Moyen - Atlas et une dans le Rif) (Gauquelin *et al.*, 2022), a indiqué que :

- la richesse spécifique de la fonge des cédraies françaises était généralement supérieure à celle des cédraies marocaines (causes possibles : précipitations plus fortes et plus fréquentes, peuplements plus jeunes, prospections mycologiques plus fréquentes en France qu'au Maroc ?);

- sur les 114 espèces relevées dans ces peuplements, 64 l'ont été exclusivement en France (avec, dans cette étude, seulement 14 espèces communes aux deux pays);
- la part des espèces symbiotiques mycorhiziennes, qui jouent un rôle fonctionnel prépondérant parmi la fonge associée au Cèdre, atteint 45% à 50% des espèces relevées dans les cédraies les plus riches de cette étude, en France comme au Maroc (Tableau 3).

Tableau 2. Nombre d'espèces fongiques associées au Cèdre de l'Atlas (Lanier, 1994).

Type fonctionnel	France	Algérie	Espèces communes
Saprotrophe	16	20	7
Mycorhizien	9	10	5
Parasite	0	4	0

Tableau 3. Nombre d'espèces fongiques associées au Cèdre de l'Atlas, par peuplement et type fonctionnel de champignon en France (Occitanie) et au Maroc (Moyen-Atlas, Rif). Les données obtenues en automne de 1996 à 1999 dans trois peuplements français et quatre peuplements marocains, par D. Mousain, M. Abourouh, H. Boukcim et P. Bertéa, n'ont pas été publiées. Des descriptions complémentaires figurent dans Gauquelin *et al.* (2022).

Type fonctionnel	France (3 peuplements en Occitanie)	Maroc (3 peuplements au Moyen - Atlas et 1 dans le Rif)	Espèces communes
Saprotrophe	7-35	3-13	64 sur 114 espèces exclusivement dans les cédraies françaises. Dans cette étude seulement 14 sont communes aux deux pays.
Mycorhizien	6-10	1-12	
Parasite	0	0-2	
Mycorhizien/saprotrophe	2-5	0-3	
Parasite/saprophyte	0-1	0-2	
Total	15-51	10-28	

De la synthèse bibliographique exhaustive de Nezzar-Hocine *et al.* (1998), nous avons produit le tableau 4 qui indique le nombre d'espèces fongiques présumées ectomycorhiziennes des cédraies de France (Petit Luberon, Mont Ventoux ...), Algérie (Atlas tellien, Djurdjura ...) et Maroc (Moyen - Atlas, Rif ...). Sur les 60 espèces

notées en France, 33 sont trouvées aussi au Maroc ou en Algérie. Ainsi, en France, le Cèdre de l'Atlas a recruté divers symbiotes mycorhiziens, similaires ou non à ceux des pays d'origine, spécifiques ou non du Cèdre, qui ont favorisé son établissement au stade juvénile (Gauquelin *et al.*, 2022). Ce nombre peut être considéré comme minimum du fait

que les sporophores peuvent être invisibles ou absents

Enfin, nous avons amendé la liste des « champignons présumés ectomycorhiziens, spécifiques du cèdre » de Nezzar-Hocine *et al.* (1998) en actualisant leur taxonomie et leur statut probable (mycorhizien ou saprotrophe) : 15 espèces figurent sur cette liste dont 14 au Maroc, 11 en Algérie et 8 en France (Tableau 5). Ces nombres sont en accord avec ceux des cortèges mycorhiziens spécifiques d'espèces natives comme *Quercus robur* (7), *Fagus sylvatica* (7) ou *Betula verrucosa* (8), identifiés dans 4 relevés de la forêt feuillue du Limousin (Le Tacon *et al.*, 1984).

En conclusion de ces études sur la biodiversité des champignons des cédraies, nous soulignons l'importance réelle de la fonge mycorhizienne dans les peuplements de cèdres des pays d'introduction. Ainsi, en France, cette fonge montre un degré de similitude avec celle des pays d'origine, croissant avec les progrès de la connaissance des taxons et la maturité des peuplements. Ce recrutement d'associés mycorhiziens fongiques par l'essence hôte, à partir de diverses sources (semences ou plants provenant des pays d'origine, inoculum issu des cèdres des parcs et jardins ...) est un bon indicateur de l'adaptation du Cèdre à son milieu d'introduction.

Tableau 4. Nombre d'espèces fongiques ectomycorhiziennes de cédraies de France (Petit-Lubéron, Mont Ventoux ...), Algérie (Atlas tellien, Djurdjura ...) et Maroc (Moyen-Atlas, Rif ...), d'après Nezzar-Hocine *et al.* (1998).

Type fonctionnel	France	Algérie	Maroc	Espèces communes
Mycorhizien	60	117	105	33 espèces notées au Maroc ou en Algérie ont été trouvées en France.

Paysage et société

Initialement introduit comme espèce ornementale, le Cèdre de l'Atlas est apprécié pour ses qualités paysagères (Mure, 2021). Alors qu'on reproche souvent aux conifères leur monotonie, le Cèdre jouit d'une bonne cote de popularité auprès du public, qui apprécie sa variété de formes et de nuances de vert. La fréquentation importante des cédraies par les promeneurs justifie d'ailleurs la réalisation d'aménagements touristiques (figure 6) (Derioz, 2021; Salvaudon, 2021).

Si le Cèdre n'est pas confronté à une opposition farouche, son acceptation par les différents corps de la société a varié dans le temps et l'espace, selon les usages et les usagers. Au XIX^e siècle, les premières introductions au Mont Ventoux ont été très mal accueillies par les éleveurs de bétail. Il a ensuite été progressivement admis et apprécié des communes et populations locales, aidé par l'augmentation des revenus tirés de la vente de bois et de la fréquentation touristique. Lorsque

son introduction est ancienne, il est maintenant considéré comme faisant partie du paysage local. De nombreuses cédraies sont aussi très fréquentées par les ramasseurs de champignons. Toutefois, certains chasseurs et ramasseurs de truffe lui reprochent son extension au dépend des taillis de chênes, pourvoyeurs de glands pour le gibier et de truffes.



Figure 6. Aménagement touristique dans la cédraie du Petit Luberon (Vaucluse). Photographie A. Salvaudon.

Tableau 5. Liste des espèces ectomycorhiziennes préférentiellement associées au Cèdre de l'Atlas en Algérie, Maroc et France (d'après Nezzar-Hocine *et al.*, 1998, actualisé par Mousain). Les noms actuels des espèces fongiques sont donnés d'après le site web <https://inpn.mnhn.fr> excepté pour *Cortinarius aurasiacus* Pat., issu de la base <https://www.mycodb.fr>.

Noms actuels des espèces [synonymes éventuels]	Espèce relevée en			Références bibliographiques
	Algérie	Maroc	France	
<i>Cortinarius aurasiacus</i> Pat., 1902 **	? *	oui	non	Malençon et Bertault (1970)
<i>Cortinarius cedretorum</i> Maire, 1914 [<i>Phlegmacium cedretorum</i> (Maire) M.M. Moser (1960)]	oui	oui	oui	Malençon et Bertault (1970), Lanier (1994), Nezzar-Hocine <i>et al.</i> (1996), Bidaud <i>et al.</i> (2004)
<i>Cortinarius herculeus</i> Malençon, 1958	oui	oui	oui	Malençon et Bertault (1970), Nezzar-Hocine <i>et al.</i> (1998), Gauquelin <i>et al.</i> (2022)
<i>Hebeloma eburneum</i> Malençon, 1970	oui	oui	oui	Malençon et Bertault (1970), Nezzar-Hocine <i>et al.</i> (1998), Gauquelin <i>et al.</i> (2022)
<i>Inocybe aurantiifolia</i> Beller, 1979	oui	non	oui	Nezzar-Hocine <i>et al.</i> (1998)
<i>Inocybe orbata</i> Malençon, 1970 [<i>Pseudosperma orbatum</i> (Malençon) Matheny & Esteve-Raventos, 2019]	non	oui	non	Malençon et Bertault (1970)
<i>Inocybe scabelliformis</i> Malençon, 1970	non	oui	non	Malençon et Bertault (1970)
<i>Gautieria trabutii</i> (Chatin) Pat., 1897 [<i>Hymenogaster trabutii</i> Chatin, 1892]	oui	oui	non	Maire (1914), Malençon et Bertault (1970)
<i>Geopora sumneriana</i> (Cooke ex W. Phillips) M. Torre [Sepultaria sumneriana (Cooke ex W. Phillips) M. Torre] **	oui	oui	oui	Malençon et Bertault (1970), Nezzar-Hocine <i>et al.</i> (1996), Gauquelin <i>et al.</i> (2022)
<i>Gomphus crassipes</i> (Kuntze) Maire, 1937	oui	oui	oui	Malençon et Bertault (1975), Neville (2009)
<i>Hygrophorus purpurascens</i> (Alb. & Schwein.) Fr., 1838	oui	oui	non	Malençon et Bertault (1975)
<i>Neournula pouchetii</i> (Berthet & Riousset) Paden, 1972 [Urnula pouchetii Berthet & Riousset, 1965] **	non	oui	oui	Berthet et Riousset (1965), Malençon et Bertault (1970)
<i>Ramaria fennica</i> var. <i>cedretorum</i> (Maire) Schild, 1995 [Ramaria cedretorum (Maire) Malençon, 1958] ***	oui	oui	non	Maire (1914), Malençon et Bertault (1970)
<i>Tricholoma cedrorum</i> Maire, 1914	oui	oui	non	Maire (1914), Malençon et Bertault (1970), Gauquelin <i>et al.</i> (2022)
<i>Tricholoma cedretorum</i> Bon ex A. Riva, 2000 [T. tridentinum var. cedretorum Bon, 1984]	oui	oui	oui	Nezzar-Hocine <i>et al.</i> (1996), Malençon et Bertault (1970), Gauquelin <i>et al.</i> (2022)
Nombre total d'espèces	11	14	8	

*: Malençon et Bertault (1970) s'interrogent pp. 470-473 sur l'identité de l'espèce type de *Cortinarius aurasiacus* Pat. trouvée dans les Aurès (Algérie), car récoltée « exclusivement sous chênes verts ».

** : Les sporophores sont printaniers.

*** : Contrairement à d'anciennes présomptions, il apparaît maintenant que le genre *Ramaria* rassemble de nombreuses espèces mycorhiziennes.

Problématiques sanitaires

Au sein de l'écosystème, les déséquilibres dans les relations de consommation par des insectes ou des champignons parasites nous frappent plus car ils impactent l'état sanitaire des forêts, parfois de façon spectaculaire. C'est pourquoi il est important de faire un bilan sur ce sujet qui passe par le recensement des problèmes phytosanitaires lié aux agents biotiques. C'est le rôle du Département de la santé des forêts du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (DSF) d'exercer cette surveillance. D'abord pour les insectes, puis pour les champignons, nous dresserons la liste des principales espèces s'attaquant au Cèdre de l'Atlas, issues de l'aire d'origine ou de l'aire d'introduction, qui posent des problèmes de santé en France ou susceptibles d'en poser à l'avenir.

L'entomofaune phytophage associée au Cèdre de l'Atlas

Le Cèdre de l'Atlas est connu pour être associé à une entomofaune phytophage relativement diversifiée, couvrant la gamme classique de guildes¹ trophiques chez les insectes forestiers. Ces guildes comprennent des espèces spécialisées sur différents tissus de l'arbre :

- 1) les piqueurs-suceurs, qui se nourrissent dans les vaisseaux conducteurs (phloème) et les contenus cellulaires ;
- 2) les séminiphages, spécialistes des graines ;
- 3) les cambioiphages, qui consomment la couche de bois vivant sous l'écorce ;
- 4) les xylophages, qui consomment indifféremment bois vivant et bois mort ;
- 5) les défoliateurs, qui consomment les aiguilles.

En ce qui concerne les insectes affectant la qualité sanitaire des peuplements de cèdres, on observe un contraste important des niveaux de diversité spécifique entre l'aire d'origine et les peuplements français (Fabre *et al.*, 1999). Dans le massif de l'Atlas (Algérie, Maroc), on compte un peu plus d'une trentaine d'espèces d'insectes phytophages susceptibles d'occasionner des dégâts significatifs, contre douze espèces seulement dans les peuplements français, où ce cortège compte cinq espèces de

l'aire native du Cèdre de l'Atlas, une espèce originaire du Proche-Orient, et six espèces autochtones inféodées à d'autres conifères. Le tableau 6 dresse un inventaire des principales espèces pour lesquelles des problèmes sanitaires ont été signalés dans les cédraies nord-africaines et françaises.

Le contraste de diversité des insectes phytophages entre les peuplements nord-africains et français suggère tout d'abord que l'aire native du Cèdre peut constituer un réservoir d'espèces exotiques envahissantes en France, si l'on en juge par le succès des espèces envahissantes connues actuellement dans la colonisation de la plupart des cédraies françaises. Ceci est cependant conditionné par l'intensité d'échanges de matériel forestier depuis l'Afrique du Nord (graines, plants, jeunes arbres), faible voire nul aujourd'hui. Ceci rend plus probable l'arrivée de nouvelles espèces par expansion naturelle depuis l'Espagne, comme ce fut le cas de la cochenille des aiguilles (*Dynaspidiotus regnieri*) dans la dernière décennie (Germain *et al.*, 2014). Cependant, ce mécanisme constitue un filtre sévère pour de nouvelles introductions. Ceci limite très probablement le nombre d'espèces candidates et explique probablement le faible nombre d'espèces introduites connues actuellement. La processionnaire du cèdre, *Thaumetopoea bonjeani*, est pour l'instant absente du territoire français. Enfin, il est intéressant de noter qu'en France des insectes autochtones sont capables de se reporter sur le Cèdre de l'Atlas lors de phases de pullulations ou en peuplements mélangés avec leurs hôtes principaux autochtones (e.g. cèdres et pins avec la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa*), mais que les populations d'insectes introduites ne se développent actuellement pas, ou très rarement, sur des essences autochtones (Boutte *et al.*, 2022).

Les problèmes sanitaires du Cèdre liés aux insectes phytophages sont bien connus et leur impact est pour l'instant assez limité. La nature et les conséquences des dégâts d'insectes dépendent de la guildes trophique à laquelle ils appartiennent, et on observe globalement peu de mortalité induite chez les arbres adultes.



Figure 7. Quelques champignons ectomycorhiziens préférentiellement associés au Cèdre de l'Atlas en France. En haut *Tricholoma cedretorum* Bon ex A. Riva (forme ocre pâle à droite). Au milieu à gauche : *Cortinarius herculeus* Malençon. Au milieu à droite : *Hebeloma eburneum* Malençon. En bas à gauche : *Neournula pouchetii* (Berthet & Rioussset) Paden. En bas à droite : *Geopora sumneriana* (Cooke ex W. Phillips) M. Torre. Photographies P. Tanchaud (Mycocharentes).

Les aiguilles consommées par les défoliateurs (*Thaumetopoea pytocampa* et *Epinotia cedricida*) sont généralement remplacées au cours de l'année. Autrefois reconnu comme un ravageur majeur des cédraies françaises, le puceron *Cinara laportei* est aujourd'hui parfaitement contrôlé par l'Hyménoptère parasitoïde *Pauesia cedrobii* (figure 8), un prédateur introduit issu de l'aire d'origine du Cèdre et qui a fourni le premier exemple de lutte biologique réussie en Europe dans les écosystèmes forestiers (Fabre et Rabasse, 1987). L'acquisition la plus récente, *Dynaspidiotus reighneri*, n'a pour l'instant pas d'effet connu sur la santé des arbres, malgré son abondance croissante dans les peuplements français. Les scolytes autochtones (*Pityokteines* sp. et *Pityophorus* sp.), inféodés aux sapins, peuvent réaliser leur cycle biologique complet sur des cèdres affaiblis, c'est un phénomène plus fréquent qu'auparavant, peut-être en lien avec une intensification des stress abiotiques chez les cèdres. C'est probablement au stade juvénile que le Cèdre de l'Atlas est le plus affecté par les insectes phytophages. Les Hyménoptères séminiphages (*Megastigmus* sp., figure 9) peuvent consommer jusqu'à 90% des graines d'un individu, sans qu'il soit prouvé que cela constitue un réel frein à sa dynamique de régénération naturelle. Enfin, le Grand charançon du pin (*Hylobius abietis*) peut causer une importante mortalité dans les jeunes plantations, mais sa présence est moins fréquente sur cèdres que sur d'autres conifères.



Figure 8. L'Hyménoptère parasitoïde *Pauesia cedrobii* déposant un œuf dans le corps d'une larve du puceron *Cedrobium laportei*. Photo J.-P. Fabre.

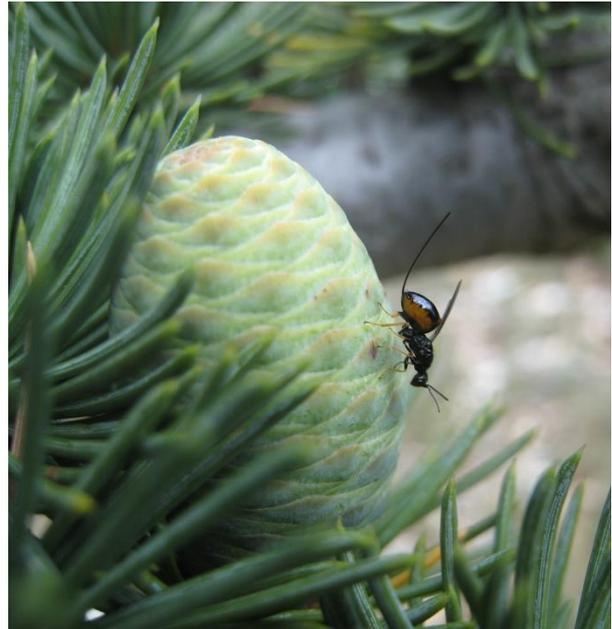


Figure 9. L'Hyménoptère *Megastigmus schimitscheki* est un insecte spécialiste des graines de Cèdre de l'Atlas en France. Cette femelle pond directement dans les graines en développement, en insérant son ovipositeur entre les écailles du jeune cône. Photographie T. Boivin.

Champignons parasites

Ce paragraphe est une synthèse succincte de la bibliographie et des observations du DSF depuis 2007. La plupart des champignons évoqués ici sont présents en France et en Afrique du Nord. Les espèces agressives au Maghreb ne font aucun dégât notable en France. Les principaux dégâts signalés sur le territoire français sont causés par des espèces autochtones et se manifestent surtout sous climat plus océanique que méditerranéen.

- *Phellinus chrysoloma* est l'agent du « Mjej » pourriture annulaire qui affecte le bois de cœur du cèdre et épargne l'aubier (figure 10). Il provoque des dégâts très importants dans le Moyen - Atlas au Maroc en rendant les arbres inaptes à toute transformation (Abourouh et Morelet 1999). En France, il est signalé, sans dégâts, sur Épicéa commun en région Franche-Comté

(https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/43841).

- *Fomitopsis officinalis* : ce pathogène, nommé « Saboune », provoque une pourriture cubique du bois. Moins agressif que *Phellinus chrysoloma* dans l'Atlas marocain, c'est une

espèce rare en Europe, présente sur *Larix* (=le polypore du mélèze) en région alpine.

En France, le Cèdre est peu affecté par les pathogènes dans la zone méditerranéenne ; les conditions climatiques, édaphiques et les antécédents culturels expliquent en grande partie cette observation. En dehors de la zone méditerranéenne, il est soumis à une pression de pathogènes beaucoup plus élevée, notamment des pourridiés :

- l'Armillaire (*Armillaria* spp.), reconnaissable à ses fructifications (figure 11), est un parasite des racines des arbres adultes. Facteur aggravant des dépérissements, il peut

entraîner la mort des sujets atteints. Il est signalé en Algérie et au Maroc, ainsi qu'en France hors de la région méditerranéenne ;

- le Fomes (*Heterobasidion annosum* s.l. (figure 12) est à l'origine de pourritures de racines, de colorations et pourritures de l'aubier. La limitation par le pathogène du fonctionnement du système racinaire de l'arbre provoque des mortalités, notamment sur les jeunes sujets. Les attaques sur Cèdre sont observées à proximité ou sur des parcelles ayant un antécédent culturel de conifères atteints par le pathogène.

Tableau 6. Principales espèces d'insectes phytophages associées à des problèmes sanitaires chez le Cèdre de l'Atlas, leurs aires natives et leurs guildes trophiques.

Gilde trophique	Présence en France			
	Oui			Non
	Afrique du Nord	Proche-Orient	Autochtone	Afrique du Nord
Lépidoptères défoliateurs	<i>Epinotia cedricida</i> *		<i>Thaumetopoea pityocampa</i> , principalement sur pins <i>Choristoneura murinana</i> , principalement sur sapins	<i>Thaumetopoea bonjeani</i> * <i>Acleris undulana</i> * <i>Epinotia algeriensis</i>
Hyménoptères séminiphages	<i>Megastigmus pinsapinis</i> , occasionnellement sur Sapin pectiné	<i>Megastigmus schimitscheki</i> *, occasionnellement sur Sapin pectiné	<i>Megastigmus suspectus</i> , principalement sur sapins	
Coléoptères xylophages			<i>Hylobius abietis</i> , principalement sur autres conifères	<i>Phaenops marmottani</i>
Coléoptères cambioxylophages			<i>Pityokteines</i> sp. et <i>Pityophthorus</i> sp., principalement sur sapins	<i>Cryphalus piceae</i> *
Homoptères piqueurs-suceurs	<i>Cinara cedri</i> <i>Cinara laportei</i> *			
Hémiptères piqueurs-suceurs	<i>Dynaspidiotus regneri</i>			

* : espèces pour lesquelles des dégâts importants sur cèdres ont été observés (*C. piceae* est présent en France, mais pas de dégât connu sur le Cèdre).



Figure 10. Dégâts dus au champignon lignivore *Phellinus chrysoloma* sur Cèdre de l'Atlas au Maroc. Photo F. Courbet.



Figure 11. Sporophores d'Armillaire obscure (*Armillaria ostoyae*). Photo B. Boutte.



Figure 12. Sporophores de Fomes (*Heterobasidion* spp.) au pied d'un cèdre adulte. Photo J.-C. Chabaliier.

Un certain nombre de pathogènes des rameaux et des aiguilles, assez fréquents en France, sont à l'origine ou accompagnent des jaunissements, des rougissements et des chutes d'aiguilles, des nécroses chancreuses, des flétrissements et des mortalités de rameaux apicaux ou latéraux. Le plus commun est le Sphaeropsis des pins (*Diplodia sapinea*), connu pour ses dégâts sur les pins suite à des épisodes de stress hydrique ou des chutes de grêle, sur lesquels il cause des rougissements et/ou dessèchements des houppiers voire la mortalité des arbres atteints. Des champignons des genres *Sclerophoma* spp., *Pestalotiopsis* spp., *Phomopsis* spp., *Botrytis* spp... sont ensuite les plus communément observés.

La maladie des taches brunes des aiguilles des pins est causée par *Lecanosticta acicola*, espèce exotique réglementée sur le plan phytosanitaire. Elle a été détectée sur le Cèdre de l'Atlas pour la première fois en Europe en 2020 dans le Tarn-et-Garonne.

Il convient de rappeler l'inadéquation écologique du Cèdre de l'Atlas aux climats océaniques caractérisés par de l'humidité atmosphérique. L'extension prévue des surfaces reboisées en cèdres de l'Atlas peut faire craindre une augmentation de la prévalence des pathogènes aériens si cette exigence n'est pas prise en compte. L'épidémie de la maladie des bandes rouges des aiguilles (*Dothistroma* spp.) sur les pins laricios en France en est un exemple récent (2015).

CONCLUSION

Le climat sous lequel le Cèdre de l'Atlas s'épanouit dans son aire d'origine correspond en France à celui des moyennes montagnes méditerranéennes. Il va concerner une part grandissante du territoire métropolitain sous l'effet du réchauffement climatique. Compte tenu de la rapidité et de l'importance prévues de cette évolution, les processus naturels (plasticité des peuplements en place, migration par régénération naturelle, évolution génétique, voire épigénétique) risquent fort

d'être insuffisants pour adapter les forêts aux futures conditions environnementales. Dans ce contexte le Cèdre peut jouer un rôle dans l'atténuation du changement climatique par ses capacités de fixation du carbone et de production de bois de qualité en conditions difficiles. Il est aussi une solution possible, parmi d'autres, pour adapter les forêts. De nombreuses études, rappelées ici, ont montré aussi sa capacité à former des écosystèmes stables et équilibrés, biodiversifiés et résistants aux incendies. De plus, il est jusqu'à présent exempt de problème sanitaire grave en France.

La grande diversité spécifique, notamment d'espèces fongiques y compris mycorhiziennes, constatée dans les cédraies est certainement due pour partie au fait que l'espèce, disparue d'Europe relativement récemment sous l'effet des glaciations, a retrouvé un certain nombre d'espèces compagnes avec lesquelles elle avait pu coévoluer sur des temps géologiques longs. Le mélange d'espèces d'arbres et l'irrégularité des peuplements (mélange des classes d'âges)

jouent aussi pour beaucoup dans les résultats observés en matière de biodiversité. Ce point est à prendre en compte si on souhaite orienter la gestion pour l'obtention de cédraies multifonctionnelles.

Ce bilan, plutôt satisfaisant, est issu d'observations réalisées essentiellement en région méditerranéenne. Pour le conserver et dans la perspective d'une extension des zones potentielles d'installation du cèdre en dehors de la région méditerranéenne actuelle, il est aussi indispensable de respecter ses exigences autoécologiques aussi bien climatiques qu'édaphiques. Confronté sous climat plus humide à des champignons parasites auxquels il se révèle sensible, il convient de rester vigilant face aux risques phytosanitaires potentiels posés par certaines espèces, d'insectes ou de champignons, particulièrement virulentes dans son aire naturelle.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Charles Dereix, président de l'association Forêt méditerranéenne qui a initié un important travail de synthèse sur le cèdre paru en 2021 dans la revue éponyme, Philippe Clastre qui a réalisé la carte de la figure 1, Dr Mohamed Abourouh (e.r. CNRF Rabat), Gérard Lévêque et Gérard Martin-Dorel (Société d'horticulture et d'histoire naturelle de l'Hérault), et Elisa Taschen (UMR Eco&Sols, INRAE-Montpellier) pour leur contribution à la rédaction de cet article, de même que Patrice Tanchaud (Mycocharentes) pour la qualité de ses clichés et fiches descriptives de champignons ectomycorhiziens des cédraies.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abourouh M., 1995 - Natural ectomycorrhizae of *Cedrus atlantica* in Morocco. *Cryptogamic Botany*, **4** (5) : 332-340.
- Abourouh M. & Morelet M., 1999 - Les champignons parasites du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord et en France. *Forêt méditerranéenne*, **XX** (4) : 198-202.
- Beaulieu J.L. de, 2021 - Éléments d'histoire du cèdre dans les montagnes méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, **XLII**(3) : 203-206.
- Berthet P. & Rioussel L., 1965 - Un *Urnula* nouveau des cédraies provençales : *Urnula pouchetii* nov. sp. (Discomycètes operculés). *Bulletin de la société linnéenne de Lyon*, **34** (7) : 253-261.
- Bidaud A., Carteret X., Eyssartier G., Moëgne-Loccoz P. & Reumaux P., 2004 - *Atlas des cortinaires*, volume **14**, pl. 521-522, fiche 722. Fédération mycologique Dauphiné-Savoie, Lyon.
- Blondel J., David P., Lepart J. & Romane F., 1978 - L'avifaune du Mont Ventoux, essai de synthèse biogéographique et écologique. In: *La Terre et la Vie*, **32**, Supplément n°1, Écologie du Mont Ventoux, sud de la France : 111-145. <https://doi.org/10.3406/revec.1978.5160>

- Blondel J., 1999 - Peuplements d'oiseaux des cédraies méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, **XX** (4) : 191-197.
- Blondel J., 2021 - Les communautés animales associées au cèdre, l'exemple des oiseaux. *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (3) : 203-208.
- Boutte B., Boivin T., Fernandez-Conradi P., Fabre J.-P., Chalon A. & Parizat M., 2021 - Le cèdre de l'Atlas face aux aléas. Aspects sanitaires. *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (3) : 251-258.
- Candau J.-N., Boivin T. & Chalon A., 2009 - L'impact des insectes parasites des graines sur les capacités de régénération naturelle des peuplements de cèdre de l'Atlas et de sapin pectiné en Languedoc-Roussillon. *Forêt Méditerranéenne*, **XXX** (3) : 239-244.
- Cointat M., 1996 - Le roman du Cèdre. *Revue forestière française*, **XLVIII** (6) : 503-526.
- Courbet F., Lagacherie M., Marty P., Ladier J., Ripert C., Riou-Nivert P., Huard F., Amandier L. & Paillassa É., 2012 - Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations. 32 p.
- Dérior P., 2021 - La forêt des cèdres du Luberon : la mise en tourisme d'une forêt patrimoniale « monumentalisée ». *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (4) : 325-330.
- Du Merle P. (ed), 1978 - Le massif du Ventoux, Vaucluse. Éléments d'une synthèse écologique. *La Terre et la Vie*, **32**, Supplément n°1, Écologie du Mont Ventoux, sud de la France, 314 p.
- Fabre J.-P. & Rabasse J.-M., 1987 - Introduction dans le sud-est de la France d'un parasite : *Pauesia cedrobii* Stary et Leclant (hym. Aphidiidae) du puceron *Cedrobium laportei* Remaudière (Hom. Lachnidae) du cèdre de l'Atlas : *Cedrus atlantica* Manetti. *Entomophaga*, **32** : 127-141.
- Fabre J.-P., Mouna M., Du Merle P., & Benhalima S., 1999 - Le point sur certains ravageurs du cèdre de l'Atlas en Afrique du nord, en France et en Europe. *Forêt méditerranéenne*, **XX** (4) : 203-218.
- Forêt méditerranéenne, 2021a - Spécial « Cèdres » n°1. Diversité génétique des cèdres. Les cèdres méditerranéens du Maghreb et du Proche Orient. *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (2) : 81-188.
- Forêt méditerranéenne, 2021b - Spécial « Cèdres » n°2. Le cèdre de l'Atlas en France. Les cédraies, des peuplements sous gestion. *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (3) : 189-276.
- Forêt méditerranéenne, 2021c - Spécial « Cèdres » n°3. Valorisation des produits du cèdre. Cèdre et cédraie : valeurs esthétiques et représentations. *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (4) : 277-360.
- Gauquelin T., Courbet F. & Dereix C., 2022 - La disputacio de Quillan. Le cèdre de l'Atlas est-il une essence exotique, envahissante et inflammable ? *Forêt méditerranéenne*, **63** (2) : 111-122.
- Germain J.F., Boutte B., Boivin T. & Chalon A., 2014 - Un nouveau parasite dans les forêts de cèdre de l'Atlas : la cochenille des aiguilles *Dynaspidiotus regnieri*. *Forêt méditerranéenne*, **XXXV** (1) : 53-58.
- Ladier J., Courbet F. & Sentenac S., 2021a - Le cèdre de l'Atlas en France : histoire d'un retour. *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (3) : 209-222.
- Ladier J., Courbet F. & Boutte B., 2021b - Quelle place pour le cèdre de l'Atlas dans les forêts françaises ? *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (3) : 235-240.
- Lanier L., 1994 - Les champignons des cédraies en Algérie (étude comparative). *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, **27** spécial (2) : 553-563.
- Le Tacon F., Lamoure D., Guinberteau J. & Fiket C., 1984 - Les symbiotes mycorhiziens de l'Épicéa commun et du Douglas dans le Limousin. *Revue forestière française*, **XXXVI** (4) : 325-338.
- Maire R., 1914 - La flore mycologique des forêts de cèdres de l'Atlas. *Bulletin de la société mycologique de France*, **30** : 199-220.
- Malençon G. & Bertault R., 1970 - *Flore des champignons supérieurs du Maroc*, tome 1. Faculté des sciences, Rabat, 601 p.
- Malençon G. & Bertault R., 1975 - *Flore des champignons supérieurs du Maroc*, tome 2. Institut scientifique chérifien et faculté des sciences, Rabat, 541 p.
- Mouna M, Bigot L. & Fabre J.-P. 1985 - Comparaison des communautés frondicoles des coléoptères du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti) en France (Provence) et au Maroc (Moyen - Atlas). *Vie et Milieu*, **35** (2) : 99-106.

- Mure V., 2021 - Les cèdres au plaisir des hommes. *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (4) : 331-336.
- Nègre R., Ghiglione C.L., Pugnet T., Giraud M. & Bajolle R., 1972 - Évolution de quelques constituants minéraux des feuilles et des litières de Cèdre au Petit Lubéron. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 274 D : 2455-2458.
- Nezzar-Hocine H., Bouteville R.J., Halli-Hargas R. & Chevalier G., 1996 - La macroflore fongique de *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière. I - Inventaire des espèces d'une cédraie du massif du Djurdjura (Algérie) et connaissances actuelles sur les champignons des cédraies. *Cryptogamie Mycologie*, **17** (2) : 85-103.
- Nezzar-Hocine H., Bouteville R.J., Guinberteau J., Perrin R. & Chevalier G., 1998 - La macroflore fongique de *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière. II - Les champignons ectomycorhiziens d'une cédraie du massif du Djurdjura (Algérie). *Cryptogamie Mycologie*, **19** (1-2) : 139-161.
- Neville P., 2009 - Révision du genre *Gomphus* : 619-620. In : Maire J.- C., Moreau P.- A. & Robich G., *Compléments à la flore des champignons supérieurs du Maroc* de G. Malençon et R. Bertault. Confédération européenne de mycologie méditerranéenne, Nice, 775 p., 68 pl.
- Rigolot E., 2021 - La cédraie face au feu de forêt. *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (3) : 259-262.
- Salvaudon A., 2021 - La forêt des cèdres du Petit Luberon. *Forêt méditerranéenne*, **XLII** (4) : 309-324.
- Scotto la Massèse C. & Du Merle P., 1978 - La nématofaune des quelques écosystèmes forestiers du Mont Ventoux. In: *La Terre et la Vie*. Supplément n°1, Écologie du Mont Ventoux, sud de la France : 295-314; doi : <https://doi.org/10.3406/revec.1978.5165>
- Thinon M., 1978 - Quelques aspects floristiques et pédologiques de l'incidence écologique des reboisements du Mont Ventoux. In: *La Terre et la Vie*. Supplément n°1, Écologie du Mont Ventoux, sud de la France : 67-109; doi : <https://doi.org/10.3406/revec.1978.5159>
- Toth J., 1978 - Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le sud de la France. Thèse de docteur-ingénieur de l'Université d'Aix-Marseille III. 136 p.
- Valette J.-C. 1990 - Inflammabilités des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité des formations forestières. *Revue Forestière Française*, **XLII** n° spécial 1990 : 76-92.
- Vennetier M., 2021 - Bibliométrie scientifique des cèdres. *Forêt méditerranéenne*, **XLII**, 3 : 191-202.

TRANSCRIPTIONS DES QUESTIONS-REponses

Charles Dereix (Forêt méditerranéenne) : Je voudrais exprimer un vœu ardent. La Société botanique de France et le Conservatoire botanique méditerranéen ont classé le cèdre de l'Atlas comme une espèce exotique, envahissante et inflammable. Ça nous a beaucoup secoué et dans le prolongement de la publication de trois ouvrages¹, nous avons tenu à Quillan une *disputatio* médiévale et je crois que ce jour-là nous avons montré que sur une question aussi délicate et polémique, on pouvait avoir une discussion apaisée et nous avons conclu cette séance par une position partagée. Le cèdre de l'Atlas n'est pas une essence miracle, bien évidemment, mais c'est une essence qui possède de vraies qualités, notamment dans la perspective du changement climatique et qui amènerait à réviser ce classement un petit peu infamant. En sachant qu'au-delà de l'espèce, il faut penser aux peuplements et aux modes de gestion, il ne serait évidemment pas question de faire des plantations homogènes équiennes comme pour le Douglas ou pour l'épicéa, mais de rechercher des modes de culture, mélangée et irrégulière. A ce moment-là, je crois qu'on pourra dire merci le Cèdre.

¹ *Forêt méditerranéenne*, tome 42 (2021), n° 2, 3 et 4 spécial « Cèdres ». www.foret-mediterraneenne.org/

Yves Poss (forestier retraité) : Je voudrais rappeler que dans les années 1848-1860, avant la loi RTM, il y a eu 2000 ha de terrains de montagne qui ont été plantés dans le département du Puy-de-Dôme avec des essences exotiques diverses et en particulier, un peu de cèdres, qui datent donc d'avant 1850 et pour lesquels subsistent quelques individus. De manière très intéressante pour notre discussion d'aujourd'hui, cette exotique semble avoir été atteinte de manière très sévère par un scolyte qui vient du peuplement de sapins voisin. Donc je trouve intéressant d'évoquer, en parlant d'exotiques, ces peuplements anciens toujours présents, mais très peu étudiés, qui montrent en plus la contamination d'essence à essence.

Serge Muller (MNHN) : Le cèdre de l'Atlas est une espèce exotique en France, je pense qu'on est tous d'accord là-dessus. Est-elle envahissante et dans quel type d'habitat de votre point de vue en fonction des travaux que vous avez pu réaliser ?

François Courbet : C'est une histoire de degré. C'est une espèce qui s'étend naturellement c'est évident, particulièrement sur calcaire où la régénération naturelle peut être relativement abondante. Maintenant il faut relativiser les choses : c'est une espèce dont la maturité sexuelle fait qu'en matière de dissémination, un arbre ne donne pas de semis avant 40 ans. Donc c'est un phénomène relativement lent. À partir de quand dit-on que c'est envahissant ou pas envahissant ? Il y a une certaine dynamique naturelle, qui est très progressive. Par exemple au mont Ventoux par régénération naturelle c'est là où ça s'est le plus étendu naturellement, à partir de quelques dizaines d'hectares on en est à quelques centaines d'hectares maintenant, 160 ans après les premières introductions, et là ce sont encore des peuplements mélangés qu'on a. Donc il y a une progression, mais relativement lente.

Les essences exotiques dans les archives de la Restauration des terrains de montagne (RTM)

par Marie FEKKAR

Chargée d'études documentaires, responsable des fonds de l'Agriculture, département de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'agriculture, Archives nationales

RESUME. Créée par la loi du 28 juillet 1860 suite à plusieurs catastrophes causées par le déboisement et le défrichement à l'excès des terrains de montagne, la politique de la restauration des terrains de montagne (dite aussi RTM) a pour but de stabiliser les sols en recréant un couvert végétal, que ce soit par le ré-engazonnement ou le reboisement. Son action s'inscrit dans le temps long, puisqu'après un « âge d'or » entre 1880 et 1914 et une relative mise en dormance, ses activités sont réactivées à partir des années 1970-1980.

Les travaux de reboisement menés dans ce cadre ont impliqué la plantation d'arbres autochtones, mais aussi d'essences exotiques. L'intégration pleine et entière de ces essences dans la palette du forestier est visible dans les archives relatives à la forêt conservées aux Archives nationales. Outre les dossiers papier conventionnels, le chercheur pourra repérer l'usage de ces essences allogènes dans des versements dits de littérature grise mais aussi dans de riches fonds photographiques.

MOTS-CLES. RTM, restauration, reboisement, montagne, prévention.

ABSTRACT. The mountain ground restoration policy (RTM) was created by the law of the 1860, 28th of July, after several disasters caused by excessive deforestation. The policy's goal was to stabilize the ground by planting trees and laying turf. After a golden age between 1880 and 1914, its actions decreased in the first half of XXth century, but it resumed in the 1970's and 1980's. The afforestation measures used native species but also non-indigenous ones. These allogenic species appear in the archives about forest retained in the Archives nationales of France in many different supports, as paper file, grey literature or photography.

KEY WORDS. Ground restoration, afforestation, forest, mountain, prevention

Les Archives nationales conservent les archives définitives de l'administration centrale de l'État et de ses opérateurs, dont celles du ministère de l'Agriculture. La politique de la restauration des terrains de montagne (dite aussi RTM) y occupe une place particulière en raison de sa longévité et de l'importance qu'elle a pu avoir sur le plan de l'aménagement des environnements montagneux.

Plusieurs lois se sont succédées pour la prescription et la mise en œuvre du reboisement des terrains réputés instables et/ou

dangereux. La première loi, assez coercitive, est votée le 28 juillet 1860 suite à plusieurs catastrophes naturelles affectant les massifs montagneux français. Mal accueillie en raison des contraintes fortes reposant sur les propriétaires des terrains (injonction à l'exécution de travaux de reboisement, expropriations) et sur leurs usagers (diminution des possibilités de pâture, de coupes et de ramassage de bois), elle est toutefois suivie de plusieurs autres lois, plus souples, notamment

celle du 4 avril 1882 qui prévoit, entre autres, une indemnisation en cas d'expropriation¹.

Les travaux de la RTM sont principalement menés entre les années 1880 et 1914, cette période en est considérée comme l'âge d'or. Le début de la Première guerre mondiale marque le déclin de cette politique, mais pas sa disparition complète. Après une activité plus discrète pendant plus d'un demi-siècle, les catastrophes du Val d'Isère (39 morts) et de Passy (71 morts) en 1970 amènent à la réactivation des services RTM au sein de l'Office national des forêts (ONF). La mission de ces services, en réaction à ces funestes événements, est d'abord la protection des personnes.

Le présent article a pour objectif de présenter les différentes sources d'archives de la RTM mentionnant l'utilisation d'essences exotiques pour le reboisement. Il n'a pas vocation à être exhaustif mais propose de dresser un panorama des types de sources utiles au chercheur qui s'intéresserait à l'histoire de l'utilisation des essences allochtones dans le cadre de la politique publique du reboisement des terrains de montagne.

Il s'articulera autour de deux types de versements d'archives : ceux issus des services ayant en charge la restauration des terrains de montagne et la forêt d'une manière générale, et ceux dont les documents sont complémentaires aux premiers.

Les exotiques dans les versements des services RTM et chargés de la forêt

On retiendra trois grandes formes de sources abordant l'utilisation des essences exotiques pour le reboisement des terrains de montagne : la littérature grise, les clichés issus des

campagnes photographiques et les archives plus conventionnelles de type dossier.

Les Archives nationales ont reçu en 2016 un versement d'un ensemble d'ouvrages de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle² rédigés par des inspecteurs et conservateurs des Eaux et Forêts, essentiellement publiés par l'Imprimerie nationale. Ces ouvrages ayant été diffusés de manière restreinte, ils n'ont pas toujours fait l'objet d'un dépôt légal, ce qui explique leur versement dans un service d'archives.

Leur intérêt réside dans la vision large et analytique des méthodes appliquées et des travaux effectués. Ils sont complémentaires aux archives et clichés de la même époque, ces derniers se concentrant sur des périmètres beaucoup plus resserrés.

Parmi ces ouvrages, on peut signaler le **Traité pratique du reboisement et du regazonnement des montagnes** par Prosper Demontzey daté de 1882³. L'auteur signale les essences exotiques comme un outil de reboisement efficace tant que l'on introduit les plants dans des environnements au climat et au terrain similaire à ceux d'origine de l'essence. En outre, ces essences sont présentées en fonction de leur capacité à fixer les sols ou encore à pousser dans des terrains dénudés.

Bernard, en 1927, dans son **Cours de restauration des montagnes**⁴, avance l'argument de la protection des jeunes arbres autochtones par des arbres exotiques. Par exemple, le pin noir permet, selon lui, de protéger les plantations de jeunes sapins. À l'instar de Prosper Demontzey, l'auteur insiste sur l'étude de l'environnement d'origine de l'essence avant d'envisager la plantation des essences allochtones.

¹ Pour davantage de précisions sur l'histoire des différentes lois et règlements RTM, consulter l'introduction aux inventaires des archives photographiques RTM, disponibles sur la salle des inventaires virtuelle des Archives nationales.

² Archives nationales, 20160670 : ministère de l'Agriculture ; Direction générale des eaux et forêts :

collection d'ouvrages relatifs au fonds photographique de restauration des terrains en montagne (RTM) (1870-1931).

³ 20160670/21

⁴ 20160670/9

Enfin, Paul Mougin, dans son article **Le reboisement dans les Alpes méridionales**, extrait de la *Revue de géographie alpine* (1925) ⁵ évoque les migrations des plantes et le fantasme du rétablissement de l'état primitif des terrains de montagne. Selon lui, il est impossible de revenir à cet état et les essences exotiques servent heureusement de « végétaux transitoires ». L'utilisation de ces essences comme outil de préparation à la plantation des essences indigènes revient à plusieurs reprises dans les discours des forestiers.

L'intérêt de cet article réside dans la volonté de démystifier la forêt comme environnement vierge de toute intervention humaine. En cela, il rejoint les idées de Viollet-le-Duc qui envisageait la restauration des monuments comme non pas *l'entretenir ou le réparer, [mais] [...] le rétablir dans un état complet qui peut n'avoir jamais existé à un moment donné* ⁶. Il est en outre intéressant de souligner que Viollet-le-Duc s'était lui-même penché sur les questions d'érosion et de dégradation des montagnes.

Outre ces ouvrages, les Archives nationales conservent les tirages photographiques envoyés à la Direction des forêts du ministère de l'Agriculture. Ces photographies, réalisées par les inspecteurs et sous-inspecteurs des forêts, sont prises dans un but administratif et documentaire. Il s'agit de rendre compte des travaux effectués avec précision. Ainsi, les clichés conservés possèdent des légendes fournies, indiquant le lieu, la date et l'heure de prise de la photographie, la nature, et l'orientation de la plantation ou de l'aménagement effectués.

C'est ainsi que l'on peut identifier de grandes plantations de pins noirs, de pins Laricio ou encore de cèdres. L'état et l'âge des semis et des arbres est souvent indiquée (figures 1 à 4).



Figure 1. 20170381/26 : Département de l'Isère, périmètre du Drac-Bonne, série de Nantes-en-Rattier, peuplement de résineux de 40 ans, 1913. ©Archives nationales.



Figure 2. 20190124/67 : Département de la Haute-Savoie, série d'Annecy : périmètre du Fier, forêt communale d'Annecy. Cèdres en pépinière. ©Archives nationales.

Ces photographies sont réparties dans plusieurs versements correspondants chacun à un ou plusieurs départements⁷, classés ensuite par périmètre et par série (c'est-à-dire par zone d'intervention). Une grande partie de ces clichés a été numérisée et est accessible à partir de la salle des inventaires virtuelle des Archives nationales⁸.

⁵ 20160670/24

⁶ Viollet-Le-Duc Eugène, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française*, Bance-Morel, 1854-1868.

⁷ Par exemple, 20190124 : département de la Haute-Savoie, 20170381 : département de l'Isère.

⁸ <https://www.siv.archives-nationales.culture.gouv.fr/>



Figure 3. 20200055/2, département du Gard, périmètre de la Cèze, série de Malon[-et Elze], Cham de Sessenades [Cessenades]. Coupe de bruyère et genêts (850 m.) reboisée en pin sylvestre et pin laricio de 12-15 ans, 1899. ©Archives nationales.



Figure 4. 20200127/2 : département du Vaucluse, périmètre de la Sorgue, commune de Bédoin, massif de cèdre et de pins sylvestre. Les pins sylvestres sont dévastés par les processionnaires. ©Archives nationales.

La production de ces deux types de documents (littérature grise et photographies) est accompagnée de celle de pièces plus courantes comme de la correspondance ou des rapports. Plusieurs versements peuvent être signalés car donnant un éclairage particulier sur les exotiques dans la RTM.

Le versement 19771615⁹, et en particulier la cote 19771615/11, recèle un grand nombre de courriers et de rapports des inspecteurs des

[siv/cms/content/display.action?uuiid=AccueilRootUuiid&onglet=1](http://www.archives-nationales.fr/siv/cms/content/display.action?uuiid=AccueilRootUuiid&onglet=1)

⁹ Archives nationales, Office national des forêts, archives de la direction générale des Eaux et Forêts :

services départementaux des forêts. Un ensemble de documents d'avril 1881, émanant de plusieurs inspecteurs et conservateurs des Eaux et Forêts, rapportent des essais d'acclimatation du pin noir.

Les inspecteurs de l'Isère, de la Savoie et des Alpes maritimes déplorent une croissance médiocre et la forte mortalité de cette essence, à l'inverse du conservateur des Hautes Alpes qui apprécie sa croissance rapide sur les versants instables situés entre 700 et 1100 m d'altitude.

L'inspecteur des forêts de l'Ardèche apprécie sa croissance rapide à basse altitude, l'engrais et l'ombre qu'il fournit, mais il se demande si cette essence a vocation à former un peuplement définitif ou transitoire.

Ces rapports et notes sont tous du début de l'âge d'or de la RTM. Il est fort probable que des expérimentations aient été lancées au même moment sur consignes de l'administration centrale. Ces rapports sont remarquables de par leur précision : nombre de plants, technique utilisée, type de sol, orientation, date de la plantation, nombre de plants, technique utilisée, type de sol, orientation, date de la plantation, comportement du plant, vulnérabilité ou résistance aux intempéries et aux prédateurs (oiseaux, insectes, champignons) sont soigneusement consignés (figure 5). En outre, la multiplicité des conditions pédoclimatiques représentée dans cette cote permet d'esquisser le comportement et l'usage du pin noir dans les travaux de reboisement.

Outre ces papiers du début de la RTM, on peut aussi signaler le versement 19870397, et notamment l'article 19870397/22¹⁰ qui abrite des documents relatifs à la mise en œuvre de la RTM sur l'île de la Réunion de 1950 à 1979. La valeur de ces archives tient dans l'expression des difficultés, pour les forestiers locaux, de trouver des graines propres au reboisement alors que l'administration centrale

entretient et travaux des forêts, des constructions et de la voierie forestière (1847-1865).

des forêts est plus accoutumée aux climats et environnements métropolitains. En outre, les essences utilisées doivent être rustiques, peu exigeantes, capables à la fois de protéger le sol et de fournir un combustible de qualité pour la distillation du géranium.

La saisine du réseau des forestiers étrangers formés à l'école de Nancy, notamment en poste au Brésil et en Argentine, est conseillée par l'administration centrale (figure 6). Des essais systématiques de plantation des essences exotiques avec variation du couvert, de la densité de plantation, de la qualité du sol, sont effectués dans les années 1950, même s'il est recommandé de préférer les essences locales.

Enfin, la période des années 1980 est représentée par divers documents écrits par André Poncet¹¹ présents dans les cotes 19910097/78¹² et 20170333/92¹³.

La première cote contient des rapports rédigés dans le cadre du groupe de travail sur l'aménagement des bassins versants de montagne de la FAO (Food and agriculture organization). André Poncet défend la plantation d'essences exotiques contre les opinions écologistes car elle permet un reboisement efficace (par exemple, le reboisement des zones méditerranéennes n'aurait pu être réalisé sans le pin noir et le cèdre de l'Atlas). Comme Paul Mougouin avant lui, il avance la disparition ancienne de la sylve climacique puisque la plantation de végétaux allochtones fait partie des outils traditionnels du forestier. Cependant, il affirme la nécessité de faire respecter le cahier des charges du reboisement aux exploitants afin que ce recours reste rationnel et ne soit pas l'origine de critiques fondées.

La seconde cote complète cette vision. Un ensemble de fascicules des années 1980 édités par l'ONF sous le titre *Restauration et*

conservation des terrains en montagne : Exposé des problèmes et bases légales des interventions constituent des outils pratiques pour le forestier confronté aux questions de reboisement. Le sixième fascicule, portant sur la restauration par le génie biologique des terrains dégradés ou érodés, envisage la plantation d'essences exotiques dans un usage transitoire. André Poncet souligne cependant que ces essences ne doivent pas entrer en concurrence avec les variétés locales, l'objectif étant d'obtenir un équilibre entre stabilisation des terrains et conservation de la biodiversité.

Le versement 19910097, outre les documents produits par André Poncet, contient des papiers du Centre technique du génie rural des eaux et forêts (CTGREF). L'article 19910097/83¹⁰ permet de rendre compte de l'importance de l'expérimentation des essences exotiques comme préalable indispensable à leur utilisation à grande échelle. Les méthodes de recueil des données n'ont pas changé depuis le XIX^e siècle puisque l'on retrouve des listes de semis classés par espèces et numéro de lot avec, en regard, la région et les coordonnées GPS de la plantation d'origine. Cependant, le directeur de la station d'amélioration des arbres forestiers de Nancy réaffirme le caractère primordial du semis et de la plantation en conditions réelles pour éprouver les capacités d'adaptation d'une essence donnée. Le fait qu'il appelle chaque station à effectuer elle-même ses propres tests et ne pas se reposer sur ceux effectués à Nancy montre, peut-être, le manque de développement de l'expérimentation systématique sur le terrain.

Enfin, l'article 20080170/182¹¹, montre plus spécifiquement les limites de l'utilisation d'une essence exotique dans le reboisement des terrains de montagne. Un exposé sur les activités de la division protection contre les érosions -études d'impact- du CEMAGREF

des forêts (CGGREF), organisation et travaux de la 6^e section (1947-2006) : missions ponctuelles, restauration des terrains de montagne (1972-1991).

¹⁰ 19910097/83 : CTGREF, 1976-1977 : comités de programme RTM, 1977-1978 ; reboisement en montagne.

¹¹ Archives nationales, 20080170/182 : ministère de l'Agriculture, conseil général du génie rural des eaux et

(Grenoble) auprès de la 4^e section du CGGREF, daté du 9 mars 1983 explique que les peuplements de pins noirs sont trop anciens et demandent à être renouvelés, en outre, ils sont implantés dans des aires présentant des conditions trop extrêmes pour cette essence. Par ailleurs, la mise en œuvre d'une politique de reboisement efficace est freinée par le manque de moyens accordés aux services.

Les archives relatives aux exotiques, produites par les services chargés de la RTM ou plus généralement de la forêt, sont donc importantes en volume et en qualité, notamment sur le plan de la diversité des sujets évoqués. Les versements présentés ci-dessus sont avantageusement complétés par des archives produites par des services extérieurs à la RTM.

Versements complémentaires aux archives produites par les services chargés de la RTM

Les versements et articles non versés par les services chargés de la RTM ou chargés de la forêt sont plus difficiles à identifier mais permettent d'avoir une vision des échanges entre des services dits « supports » et des services techniques.

Un article est particulièrement intéressant pour éclairer les versements cités précédemment.

Par exemple, la cote 19910692/2 (versement de la Direction des affaires financières et économiques, mission analyse et évaluation, archives d'Henry Ollagnon, 1942-1984) comporte une note de Pierre

Mullenbach¹² intitulée **Note concernant le reboisement du Chazelet, Hautes-Alpes, zones d'implantation d'une partie des expérimentations intéressant le problème des reboisements d'altitude** (c. 1975). Ce document mentionne des expérimentations menées sur des essences exotiques (telles que *Abies sibirica*, *Picea jezoensis*, ou encore *Tsuga mertensiana*), nécessaires à la constitution d'un référentiel d'essences pour le reboisement des Alpes du Sud (au contraire des Alpes du Nord pour qui la palette d'essences a déjà été constituée suite à des études des conditions climatiques des Alpes autrichiennes et suisses). Cette note visait probablement à justifier le financement de programmes d'expérimentations par le ministère de l'Agriculture.

CONCLUSION

La politique de la restauration des terrains de montagne, comme toute autre politique forestière, n'a pas proscrit l'utilisation d'essences exotiques, bien au contraire. Il est intéressant de constater que ces essences ne sont pas présentées en opposition aux essences indigènes mais comme complément indispensable, voire comme auxiliaire au retour de végétaux locaux. Toutefois, seule l'expérimentation au sein des différents environnements permet de statuer sur la pertinence de telle ou telle essence.

Le nombre et la variété des archives RTM conservées dans les magasins des Archives nationales montrent de manière élargie l'inclusion de ces essences dans la palette du forestier pour ses actions de reboisement.

¹² Ingénieur chargé d'études au CEMAGREF, division protection contre les érosions.

34 = Conservation

Renseignements sur les Semis et plantations du Pin noir d'Autriche.

Origine-bois de sur les terrains soumis au Régime forestier.	Âge de suppléants.	Relation de l'état de végétation avec l'altitude.	la nature géologique du sol.	la situation.	Causes de destruction de cette essence dans la Région.	Qualité et usage du bois. Comparaison avec les autres essences régionales.	Bonne face pour l'appli- cabilité.	Observations
147 hectares	8 à 15 ans	1 ^{er} Département des Alpes-Maritimes. Généralment supérieur. Entre l'altitude de 600 à 1000 m. et l'alt. maximum de 1800 mètres. L'humidité de l'air et l'égouttement de l'eau sont très nuisibles.	Semble préférer les terrains calcaires marneux, sa croissance est moins rapide sur terrains siliceux.	Le pin noir d'Autriche est très commun dans la région des Alpes-Maritimes. Il est très commun dans les vallées profondes et dans les vallées étroites à altitude moyenne.	La destruction de cette essence est due à la coupe et à l'égouttement de l'eau. Elle est aussi due à l'égouttement de l'eau dans les vallées étroites.	Le pin noir d'Autriche est très commun dans la région des Alpes-Maritimes. Il est très commun dans les vallées profondes et dans les vallées étroites à altitude moyenne.	Le pin noir d'Autriche est très commun dans la région des Alpes-Maritimes. Il est très commun dans les vallées profondes et dans les vallées étroites à altitude moyenne.	
On en a planté 100 hectares à l'altitude de 1000 mètres.	8 ans	2 ^o Département du Var	"	"	"	"	Le pin noir d'Autriche est très commun dans la région des Alpes-Maritimes. Il est très commun dans les vallées profondes et dans les vallées étroites à altitude moyenne.	

*Vu le 30 Avril 1881.
Le Conservateur des Forêts,
L. Boyé*

MINISTÈRE
de l'AGRICULTURE

REPUBLIQUE FRANÇAISE

Direction Générale
des Eaux et Forêts
1 ter, Av. Lowenthal-
Paris VII^e-

Paris, le

31 FEV. 1949

4^e Bureau
2^e Section

AF.4/2-4417

Le Directeur Général des Eaux et Forêts

à Monsieur l'Inspecteur Principal
Chef du Service des Eaux et Forêts
de l'Île de La REUNION.

Objet- La Réunion- Graines d'*Araucaria Augustifolia*
(Pin de Parana) pour essais.

V/Réf: 4-786 du 31 Décembre 1948.

Comme suite à votre demande de graines d'*Araucaria Augustifolia* rappelées ci-dessus en référence, je vous informe qu'il vous appartient de passer commande directement aux fournisseurs éventuels de cette semence, à l'aide des crédits mis à votre disposition pour reboisement des terrains domaniaux de l'Île.

D'après les renseignements que j'ai recueillis, l'*Araucaria Augustifolia* (*A. brasiliensis*) constitue des peuplements importants dans les régions tropicales et subtropicales du Brésil, du Paraguay et du Nord de la République Argentine.

Il ne peut être cultivé sur le territoire métropolitain en dehors du littoral méditerranéen, et il est impossible de s'y procurer des graines de cette espèce.

Il conviendrait de vous adresser, soit au Service forestier du Brésil, soit au Service forestier Argentin et, dans ce dernier pays, plus particulièrement à Monsieur BURESCH-SAGNER-OSWALDO demeurant Tinogasta 2670 à Buenos-Aires, forestier Argentin spécialisé dans la question des graines forestières et ancien stagiaire de l'École Nationale des Eaux et Forêts à Nancy.

Signé : TISSERAND

Figure 6. 19870397/22: Note précisant les conseils de plantation d'*Araucaria angustifolia* à la Réunion (1949). ©Archives nationales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Mougin P., 1925 - Le reboisement dans les Alpes méridionales, *Revue de géographie alpine* **13** (2) : 215-264

Viollet-Le-Duc E., *Dictionnaire raisonné de l'architecture française*, Bance-Morel, 1854-1868.

TRANSCRIPTIONS DES QUESTIONS-REponses

Hervé Le Boulter (Château de Chantilly, Institut de France) : Je voudrais signaler un cas très particulier : dans les archives du château de Chantilly, du fait des conditions du legs à l'Académie française, il est interdit de sortir le moindre document et en commençant à y travailler, j'ai identifié des dizaines de milliers de documents qui racontent l'histoire forestière à partir du XVI^e siècle, y compris les introductions d'arbres. On a commencé à faire un tout petit coup de sonde dans le cadre d'un stage de Master. Donc ces archives sont là, sont disponibles, ne sortiront jamais du château, mais sont à la disposition de tous ceux qui voudraient faire des recherches sur l'histoire de la gestion forestière avant 1900 en France.

Caroline Scotti-Saintagne (INRAE) : On se pose des questions sur le reboisement du massif de l'Aigoual au temps de la RTM par Fabre, ingénieur des eaux et forêts. Beaucoup d'archives ont disparu. Comment faudrait-il commencer pour faire une recherche autour de ce nom, sur les provenances qu'il a pu utiliser pour le reboisement de l'Aigoual et des exotiques qu'il a introduites ?

Marie Fekkar : Il me semble qu'on a mis en ligne les images de reboisement de l'Aigoual il y a peut-être un mois, dans la salle des archives virtuelles, vous pouvez tout à fait y avoir accès. On ne conserve que les archives de l'administration centrale de l'État. Donc pour cette zone en particulier, j'aurais tendance à vous orienter vers les archives départementales, et éventuellement tout ce qui est peut-être à l'école des Barres et aussi à l'école de Nancy.

Jean-Daniel Bontemps (IGN) : J'ai été frappé par le caractère assez récent des versements que vous avez mentionnés, notamment si je comprends que la première partie du numéro de versement c'est l'année. C'est assez frappant au vu de l'ancienneté de la politique. Quelle intuition formulez-vous sur la complétude du fond qui a pu être acquis aujourd'hui ? Qu'est-ce qui est envisagé comme stratégie d'interfaçage éventuel avec des ressources d'archives départementales ? Quel biais possible peut-on avoir sur ce fond d'archive ?

Marie Fekkar : Ce n'est pas nous qui gérons les versements, ce sont d'abord mes collègues de la mission Archives au ministère de l'Agriculture pour la centrale et nos éventuels homologues, quand il en existe, en établissement public notamment à l'ONF, AgroParisTech, etc. Il faut savoir que, malheureusement, pour ces établissements les archives n'ont pas toujours été la priorité et on a des versements qui arrivent petit à petit. J'espère qu'on va récupérer une grande partie de l'arriéré. Pour l'ONF, je vous avoue que je n'ai pas trop de visibilité là-dessus. Pour ça, il faudrait vous tourner vers le service interministériel des archives de France qui gère les opérateurs du ministère de l'Agriculture. Mais lorsque vous faites une recherche il faut toujours vérifier à la fois l'échelon national — donc nous — et l'échelon départemental, voire municipal ou régional, mais plutôt en départemental pour ce qui concerne la forêt.

Patricia GUYARD (Archives départementales du Jura) : Je donnerais quelques éléments complémentaires à votre exposé, du point de vue de la procédure. Lorsque des travaux en montagne sont faits, il y a besoin d'argent en département par tous les services de la RTM. Par conséquent il y a des dossiers qui sont faits au niveau local pour obtenir des sous de l'État. Au niveau du ministère de l'Agriculture se trouve, théoriquement conservé par département, l'ensemble des dossiers de demande

et de travaux, ainsi que les bilans outre les documents de synthèse que vous avez cités, de rapports, d'enquêtes, y compris d'ailleurs pour les expositions universelles où les Eaux et forêts tenaient à montrer l'excellence française en matière de RTM. Donc théoriquement, on est censé trouver une équivalence entre les dossiers départementaux et nationaux, comme dans de multiples sujets d'administration française. En revanche, ils ne vont pas forcément être dans les mêmes sections ; ils peuvent être dans les séries F ministérielles dans les fonds antérieurs à 1940. C'est une première chose. D'autre part, pour ce qui est effectivement de la relative dispersion de ces archives : pour ma petite expérience dans les Hautes-Alpes, où j'ai travaillé de 2001 à 2005, on avait pu récupérer les archives photographiques qui étaient encombrantes. Les Archives départementales ont ainsi récupéré des milliers de plaques photographiques qui ont été numérisées, sans aucune notion de ce qu'elles pouvaient contenir. La seule chose, c'est qu'elles étaient jolies, donc on les a numérisées sans même les reclasser dans un ordre pertinent : périmètre, série, forêt communale, etc. Moi-même, j'ai collecté, dans des conditions parfois épouvantables les archives de la RTM partout où elles pouvaient être, pour les Hautes Alpes, Briançonnais, Embrunais et Gap. J'ai pu retrouver les archives depuis 1850, avec un certain nombre de prémices, et 1860, et de la collecte s'en est suivi le classement. Je crois que j'ai été finalement la première archiviste à avoir collecté et classé entièrement le fond RTM, un tout petit peu mélangé avec les Eaux et forêts en tant que tel, mais il y a quand même une somme relativement importante d'archives. Ça c'était pour répondre au caractère relativement récent des collectes, ce sont des services qui retiennent effectivement pour beaucoup leurs archives parce qu'il y a un besoin d'information relativement long et parce qu'il y a des archives également de cession de propriété très nombreux et dont on se sert encore aujourd'hui parce qu'il y a toujours des problèmes éventuellement d'acquisition de terrain ou de doute sur la propriété forestière dans ces zones-là. Dernière piste pour les chercheurs, les archives de Préfecture parce que de la même façon que les sous devaient être demandés au niveau central, tout devait être légalisé, authentifié, parrainé par la Préfecture. Donc dans les fonds de série M, éventuellement série O, vous retrouvez également des dossiers complets de RTM avec tous les travaux et éventuellement, là-aussi, des listes des espèces employées, dont les essences exotiques.

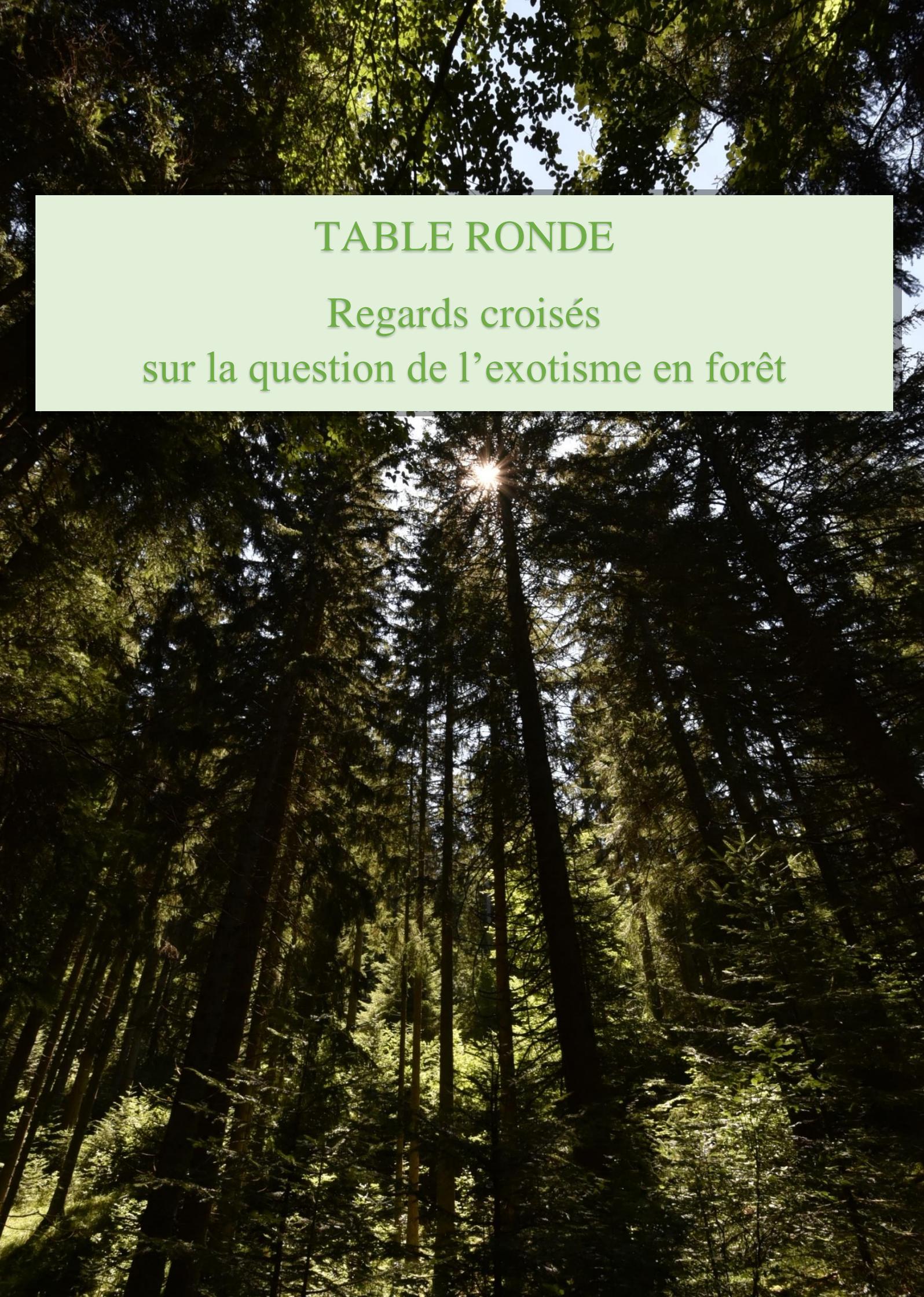
A low-angle photograph of a dense forest. The trees are tall and thin, with their trunks reaching towards the top of the frame. The canopy is thick with green leaves, and sunlight is filtering through, creating a bright, starburst effect in the upper center. The overall atmosphere is serene and natural.

TABLE RONDE

Regards croisés
sur la question de l'exotisme en forêt

TABLE RONDE

Regards croisés sur la question de l'exotisme en forêt

Animation et retranscription des échanges par Guillaume DECOCQ, Vice-Président de la Société botanique de France

Guillaume DECOCQ : On voit que la question des essences exotiques en forêt qui nous réunit aujourd'hui donne très vite lieu à des débats passionnés avec, pour caricaturer, les pro-exotiques d'un côté, les anti-exotiques de l'autre, et souvent des arguments qui sont peu fondés scientifiquement. L'objectif de ce colloque, c'est justement de remettre un petit peu de science au milieu du débat. Les événements météorologiques extrêmes, notamment de l'été 2023, qui s'inscrivent dans une trajectoire beaucoup plus durable de « réchauffement » climatique, exacerbent un peu plus ce débat sur les essences exotiques et la question de l'adaptation des forêts au changement climatique. Les politiques publiques se sont emparées du problème : elles encouragent la plantation d'espèces pour adapter la forêt au climat qui se développe, certaines de ces essences préconisées étant indigènes, d'autres exotiques. L'objectif est bien sûr d'accroître la résilience de la forêt, des écosystèmes forestiers aux changements climatiques, oubliant parfois que la forêt est un petit peu plus que des arbres. C'est dans ce contexte que la Société botanique de France a produit le Livre blanc¹. Le CNPF vient de publier ce numéro spécial de Forêt-Entreprise², avec une collection d'articles consacré à cette même question des essences exotiques en forêt. De nombreux articles dans la presse se sont emparés également du sujet, de manière plus ou moins heureuse. Le but de cette table ronde est justement d'avoir un échange apaisé et objectif sur ces questions.

Alors de quoi parle-t-on ? On parle d'espèces exotiques ; pour bien cadrer les choses la définition d'« exotique » qui a été reprise est celle qui fait consensus au niveau international. *Exotique*, qui est mis en synonyme d'*allochtone*, *étrangère*, *introduite*, *non indigène* ou *exogène*. On voit que les qualificatifs ne manquent pas ! Donc on parle d'un *taxon* (une essence) dont la présence sur le territoire concerné est due à une intervention humaine, directe ou indirecte, qu'elle soit intentionnelle ou accidentelle, ou d'une espèce qui est arrivée sur le territoire concerné sans intervention humaine mais à partir d'un territoire où ce taxon était déjà exotique. Ce qui s'oppose directement à la notion d'espèce *indigène*, mise en synonyme d'*autochtone*, qui se dit d'une espèce qui s'est formée ou qui s'est développée sur le territoire concerné sans intervention humaine, ou qui a migré sur le territoire concerné sans intervention humaine depuis un territoire voisin où le taxon est considéré comme indigène³. Voilà pour cadrer les définitions. On parle également de forêt. On ne parlera donc pas des parcs, des jardins, des *arboreta*, où les espèces exotiques sont plantées depuis très longtemps. Nous allons donc nous concentrer sur les arbres en forêt.

Alors quelques chiffres aussi pour terminer cette introduction, à partir des données de l'Inventaire forestier national de l'IGN⁴. Celui-ci donne une liste d'essences répertoriées dans les forêts métropolitaines de 191 espèces. Sur ces 191 essences hors hybrides, 56 sont indigènes dans la liste, 12 d'origine cultivée —c'est-à-dire des cultivars qui descendent d'un lointain ancêtre sauvage— et 65 sont exotiques, dont 61 néophytes, c'est-à-dire introduites sur le territoire après 1500 par définition. A cela s'ajoute 18 autres espèces exotiques qui ne sont pas parmi les 191 mais qui sont présentes en forêt. Si le débat devient vite passionné, c'est parce qu'effectivement, si on ajoute les espèces figurant dans la liste annexée au Plan national Forêt-

¹ <https://societebotaniquedefrance.fr/livre-blanc-sur-lintroduction-dessences-exotiques-en-foret/>

² Forêt-entreprise n°265, CNPF-IDF, décembre 2022

³ <https://sciencepress.mnhn.fr/fr/periodiques/naturae/2024/4>

⁴ <https://inventaire-forestier.ign.fr>

Bois⁵ et celles des listes d'espèces plantées dans les îlots d'avenir de l'ONF⁶ en forêt domaniale, on arrive à un total de 112 espèces exotiques, à mettre en regard des 56 espèces indigènes. Voilà donc ce qui crée peut-être la polémique. Sur les 112 espèces exotiques, je terminerai en disant qu'il y a 48 feuillus et 64 résineux.

Pour cette table ronde, les invités sont :

- **Hervé LE BOULER**, qui a dirigé pendant 36 ans le conservatoire national de la biodiversité forestière de l'ONF, qui a été membre du Conseil économique, social et environnemental (CESE) de 2015 à 2021 au titre de France Nature Environnement et qui est aujourd'hui consultant indépendant, notamment pour la forêt de Chantilly, et qui est l'auteur l'ouvrage *Des racines et des hommes*, publié en 2022 aux éditions Delachaux et Niestlé.

- **Éric PAILLASSAT**, qui est Ingénieur Recherche et Développement au CNPF - Centre national de la propriété forestière, IDF - Institut du développement Forestier et qui est responsable du service expérimentation

- **Brigitte MUSCH**, pour l'ONF - Office national des Forêts, responsable du Conservatoire génétique de l'ONF, membre de l'UMR INRAE ONF BIOFORA (Biologie intégrée pour la valorisation de la diversité des arbres et de la forêt),

- **Hubert GUILLAIS**, administrateur de Pro Silva France depuis 2009.

Sans plus tarder une simple question à Hervé Le Bouler : faut-il redéfinir l'autochtonie ?

Hervé LE BOULER : Je dirais que cette question m'indiffère relativement. Pour citer un compagnon de Mao Ze Dong : « *peu importe la couleur du chat, l'important c'est qu'il attrape des souris* ». Avec cette situation de dépérissement dans laquelle on se trouve dans les forêts, peu importe la couleur de l'arbre, l'important c'est qu'il permette de maintenir la biodiversité forestière et qu'il ne mette pas du désordre dans les forêts. Pour préciser à quel titre je parle, je suis forestier, d'une forme de confrérie forestière qui a une pensée qui s'exprime de temps en temps et qui s'est exprimée avec mon compère Charles Dereix et beaucoup de personnes dans la salle, dans une note de la Fabrique écologique il y a trois ans, dans laquelle on a essayé de mettre ensemble —on était une trentaine— ce qu'était effectivement notre vision forestière dans un livre grand public⁷. Je parle surtout maintenant en tant que conseiller pour la forêt de Chantilly de l'Institut de France, sur laquelle on a à gérer un problème énorme qui est simple : la forêt est en train de mourir. Les chênes sessile et pédonculé vont disparaître, ils sont déjà dépérissant à 50 %. Il y a des enjeux derrière, on y reviendra. Quels sont mes fonds de paradigme ? Puisqu'on ne fait pas de choses sans avoir un fond de paradigme. Le premier, c'est la niche écologique de Hutchinson, qui dit que toute espèce vivante ne peut vivre qu'à l'intérieur d'un certain nombre de conditions qui sont des conditions de sol, des conditions de climat et des conditions de relation avec le reste de son environnement. La deuxième chose c'est ma vision de la structuration de la biodiversité forestière en biomes, tels qu'ont pu les définir Paul Ozenda pour la partie européenne et Barbéro et Quézel pour la partie méditerranéenne. Donc pour dire simple, cette structuration fait qu'il y a des ruptures et en particulier trois grandes ruptures forestières : la distinction entre l'espace montagnard et sub-alpin, l'espace plutôt des chênaies tempérées, et l'espace méditerranéen qu'on ne peut pas qualifier tant il y a une diversité d'espèces, mais avec quand même beaucoup du genre *Quercus* et du genre *Pinus*. Ensuite, un espace géographique. Cet espace, pour dire simple, c'est de l'Atlantique à l'Oural et de l'Arctique aux déserts Saharien et Arabo-persique ; et à l'intérieur

⁵ <https://agriculture.gouv.fr/le-programme-national-de-la-foret-et-du-bois-2016-2026>

⁶ <https://www.onf.fr/+/5b2::les-ilots-davenir-des-plantations-pour-lutter-contre-le-changement-climatique.html>

⁷ <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-33385-note.pdf>

de cet espace, il y a une dimension historique qui fait que, au hasard, ou suite aux changements climatiques et, en particulier, la bonne quinzaine de changements climatiques majeurs de 6° d'amplitude qui s'est produite au Quaternaire, on voit que la plupart des espèces disparaissent localement et se retrouvent dans des refuges. Ces refuges sont sur les rives de la Méditerranée : Espagne, Italie, Grèce, Balkans, Turquie. Et lorsque le climat change, l'espèce suit son climat, donc je pense qu'on peut dire que l'espèce suit sa niche, et pour prendre les chênes sessile et pédonculé, qui sont très bien connus, ils étaient présents dans le sud de l'Espagne. Ils ont traversé l'Espagne à leur rythme, en 6000 ans, pour aller dans la zone climatique dans laquelle ils se trouvent et l'on peut noter qu'ils sont passés par des régions où ils ont disparu et où ils ne sont jamais revenus. Ces régions sont des régions de climat où, s'ils ne sont pas présents, c'est parce qu'ils sont sortis de leur niche et, hors de la niche, point de salut. On ne peut dire la même chose pour des espèces qui sont isolées, comme les pins ou le cèdre qui eux ont un autre blocage qui fait qu'ils ne peuvent pas se déplacer, descendre de leur montagne, pour aller plus loin. Si on accepte l'idée que la niche, en particulier au niveau de la sécheresse, se traduit par une valeur au-delà de 320 mm de déficit hydrique, on ne trouve nulle part du chêne sessile et pédonculé. C'est une frontière remarquable. Donc de là on aurait tendance à considérer que pour cette grande essence, au-delà de ce niveau de déficit hydrique on a bien une limite selon la niche de Hutchinson. Il se trouve qu'à Chantilly, dans le bassin parisien, cette année 2023, exceptionnellement, on a 550 mm de déficit hydrique sur la saison de végétation, c'est-à-dire quelque chose qui nous amène au centre de l'Espagne ou du côté d'Alger. Plus grave, sur 10 ans on est à 340 mm de déficit hydrique et on est dans une trajectoire qui croit de façon régulière depuis 1980, tandis que les travaux de l'IPSL et de Météo France nous disent qu'on sera à +4°C en 2070 alors qu'on est aujourd'hui à + 2°C —pour la saison de végétation— et bien le rationnel serait de dire que les espèces vont sortir de leur niche. Donc, il faudrait des événements nouveaux pour qu'elles puissent s'y maintenir. C'est tout à fait possible puisque ce qui se produit ne s'est jamais produit auparavant, donc on ne peut pas dire que pour des réchauffements de +4°C en l'espace de deux siècles on fait ceci ou cela, puisqu'on ne l'a jamais vu. On ne sait pas ce qu'il va se passer mais l'hypothèse du réchauffement paraît relativement acquise, donc à partir de là que faire ? Pour faire simple, tout ce qui est vivant, tant que c'est vivant, on le garde, ce qui fait que, concrètement, à Chantilly, on ne coupe que les arbres moribonds ; les arbres qui sont vivants on les garde. Tout ce qui vient naturellement on en prend soin et partout où il y a des trous on met autre chose. Le problème c'est que la vitesse à laquelle apparaissent les trous va beaucoup plus vite que la capacité qu'on a à rapiécer. Le principe qu'on a adopté, c'est d'aller chercher des espèces qui sont génétiquement le plus proche possible de nos chênes et qui vivent déjà dans des conditions climatiques qui sont les conditions climatiques futures, tout en gardant la biodiversité de base. Pourquoi va-t-on chercher ces espèces proches ? D'une part, mais je pense que c'est une erreur, parce que l'hybridation pourrait permettre d'avoir des transferts de gènes et créer des variétés ou des formes nouvelles, mais les généticiens ne sont pas d'accord entre eux sur ce point. D'autre part, parce qu'on pense que la biodiversité, en particulier dans l'Ouest du bassin méditerranéen, est vraiment très proche de celle que l'on a actuellement ; mais faut-il aller plus loin en faisant migrer de la biodiversité ? Pour terminer, premièrement, je citerai Véronique Mure, qui nous dit que « *les frontières en matière de plantes nous ennuient, abolissons les frontières* ». Deuxièmement, quand je suis chez moi dans le sud des Landes et que je regarde les grues qui partent vers le sud le lundi et 15 jours après remontent dans l'autre sens, je me dis qu'elles doivent avoir un paquet de biodiversité sur leurs pattes et que cette biodiversité doit circuler. Donc pour moi la question des exotiques ne se pose que pour les espèces qui se trouvent en dehors de la zone géographique de l'Atlantique à l'Oural et du cercle arctique jusqu'aux déserts. Donc en fait toute cette zone serait un seul et même grand pays de la botanique. Ce

serait ce pays de l'Ouest européen et du pourtour méditerranéen, mais je n'ai pas de preuve scientifique là-dessus !

Guillaume DECOCQ : Finalement, on retombe sur des classiques de la biogéographie, il s'agit juste d'une question de grain hétérogénéité. Alors puisque les généticiens ont été interpellés, si pour connaître les essences d'avenir, il faut expérimenter, je leur demande maintenant comment cela se passe en pratique ?

Brigitte MUSCH : Il est important de tester des choses dès maintenant parce qu'il faut rapiécer la forêt. Un des éléments importants que l'on voit, c'est qu'on a des dépérissements qui sont relativement rapides, avec une fructification qui ne suit pas. On n'en a pas parlé mais il est important d'avoir des graines de qualité, diversifiées. Pour savoir ce que l'on va pouvoir planter en forêt, de manière relativement régulière, il faut expérimenter, cela est vraiment essentiel. Expérimenter la même espèce, mais avec des provenances différentes — là c'est le généticien qui parle. Faire un mélange de provenances apporte énormément de diversité et peut apporter des éléments importants, mais lorsqu'on est sorti complètement de la niche, comme le dit Hervé, que propose-t-on ? Comment peut-on imaginer qu'une espèce qui, depuis 12 000 ans — la recolonisation post-glaciaire est à peu près dans ces temps — n'a pas réussi à s'adapter à un climat, va pouvoir le faire en si peu de temps ? C'est une question posée. Pour l'instant, on n'a pas tellement de données qui nous montrent qu'on peut le faire très rapidement ou en tout cas lorsqu'elle se fait, c'est au moment de la reproduction. Donc cela veut dire que ce sont des arbres qui sont relativement âgés et si on veut en profiter, il va falloir faire une régénération. On a beaucoup parlé des archives ce matin ; c'est vraiment ce que l'on tente de faire au niveau de l'ONF et de la forêt privée puisqu'on travaille ensemble. On expérimente des espèces, beaucoup d'espèces exotiques selon la définition qui a été donnée par Guillaume, beaucoup moins si on prend la définition d'Hervé, parce qu'on est allé chercher plusieurs cousins du chêne sessile et du chêne pédonculé en Europe — ce grain-là à cette échelle spatiale est essentiel pour définir l'exotisme — et on les teste à différents endroits ; et surtout on les trace, c'est-à-dire qu'on en connaît les origines, on connaît les lieux où on les plante, et on suit au niveau de leur plantation et les années suivantes leur réaction face au climat et dans différentes conditions pédoclimatiques. Et cela est essentiel. On le fait maintenant, mais on l'a fait dans le passé et tu as parlé des *arboreta*, on n'en parlera peu. Nos *arboreta*, nos dispositifs d'expérimentation dont certains ont plus de 100 ans : il est essentiel de retourner sur le terrain pour voir ce qu'il en est. On mesure les arbres, on regarde les réactions des espèces. Mais on va plus loin que cela, au-delà des *arboreta*, on a toujours eu des forestiers qui ont expérimenté en forêt, qui ont été planter du pin maritime dans les Vosges, du cèdre à Bar-le-Duc, etc., récupérer cette information-là, c'est à cela que l'on s'emploie actuellement pour tirer aussi des informations de l'histoire.

Éric PAILLASSAT : Nous sommes clairement dans un cadre expérimental. Notre position c'est de voir devant, c'est-à-dire que notre échéance, c'est plutôt 2050-2100. On essaie d'imaginer ce qu'on va pouvoir proposer, dans le cas où le futur climatique qui se présente ne sera pas du tout celui qu'on espère, mais hélas quelque chose d'assez catastrophique. Donc on essaie de trouver des solutions d'adaptation au plus tôt, l'objectif étant pour nous de pouvoir avoir un couvert forestier qui va ensuite préserver aussi des écosystèmes forestiers et qui va permettre de continuer à avoir une forêt, et cela n'est pas gagné du tout, c'est pour cela qu'on part sur la prospection d'essences exotiques. La dimension provenance est importante, mais je pense qu'il faut qu'on aille un petit peu plus loin dans d'autres continents. Sur d'autres continents, il y a des genres qui sont très riches en espèces en dehors du continent européen, par exemple le genre *Quercus*, et ce sont des espèces qui ont vécu des climats qui seront peut-

être ceux que l'on aura dans 50-100 ans. Il est donc intéressant d'aller tester ces espèces-là, d'aller les chercher et de commencer à les mettre en dispositif d'essai, c'est-à-dire avec des petits effectifs. On a des lieux bien identifiés, bien tracés. On connaît la génétique, puisque pour nous l'important c'est de connaître les peuplements-sources de graines, en tout cas de remonter au plus proche de l'origine, de les mettre en essai pour les évaluer. C'est l'objectif d'un outil qu'on a mis en place, qui s'appelle le réseau ESPERENSE⁸. C'est un réseau multipartenaire qui va permettre à tous les acteurs forestiers d'agir, de participer, que ce soit des chercheurs, des développeurs, des personnes du domaine de la vulgarisation ou de la gestion. On a trois protocoles d'évaluation qui sont complémentaires et l'objectif est que tous ensemble on arrive à acquérir de la connaissance. Là on est obligé de produire de la connaissance et de véritablement suivre les capacités de survie, de croissance, tous les aspects potentiellement négatifs qu'il peut y avoir, comme les capacités invasives. Bien évidemment on s'interroge par la bibliographie avant, mais on ne trouve pas toujours tout ce qu'on veut dans la bibliographie et donc il peut être utile aussi d'expérimenter dans des conditions françaises de gestion. Les aspects sanitaires sont essentiels aussi. Je pense qu'il faut avoir un suivi de tous ces aspects-là, c'est pour cela qu'on mettra à contribution les collègues du Département de santé des forêts. Je pense qu'il faut avoir un suivi méthodique, raisonné, surveillé de toutes ces expérimentations avec les exotiques. C'est ce qu'on va essayer de faire dans le cas du réseau ESPERENSE ; cela prendra du temps, cela commence doucement, je pense que ce travail est de longue haleine. Il ne s'agit pas d'aller révolutionner des forêts françaises, mais plutôt de préparer les connaissances et l'information qui seront utiles à la forêt française de demain, pour éventuellement s'il faut trouver des alternatives à ce moment-là, avoir au moins un pool de connaissances disponibles pour pouvoir agir.

Guillaume DECOCQ : Avant d'entamer la discussion et les questions, je donne la parole à Monsieur Hubert Guillais, représentant de ProSilva France, qui défend une sylviculture irrégulière avec mélange d'essences et mélange des classes d'âges, qui privilégie la régénération naturelle et un couvert forestier continu. Donc la ou les questions que je pose pour lancer le débat, c'est qu'elle est finalement la place, s'il y en a une, des essences exotiques dans ce mode de gestion ProSilva ? Et après ce qu'on vient d'entendre, est-ce qu'il y a encore une place pour les essences autochtones ?

Hubert GUILLAIS : Je représente aujourd'hui Evrard de Turkheim, président de ProSilva France, qui est empêché. Vous connaissez tous les grands principes de ProSilva, dont on parle de plus en plus, et qui sont dans l'air du temps. Je voudrais partir de la devise de ProSilva : « Ecologie et économie ». Je vais vous parler à l'instant d'écologie et ensuite je vous porterai la position de ProSilva France par rapport aux essences exotiques, qui est notre sujet aujourd'hui. Les principes de base de l'association ProSilva c'est de promouvoir la biodiversité, le mélange d'essences, de classes d'âges, afin de parvenir à une meilleure résistance et résilience des forêts en cas d'accident climatique, que ce soit le réchauffement, les tempêtes, le gel, partant du principe que vous connaissez, que tous les arbres et toutes les essences, s'accompagnent, se protègent, se nourrissent d'éléments minéraux dans les sols différents, et que c'est cette diversité qui fait la richesse de nos forêts. Les grands principes de base de la sylviculture ProSilva, c'est d'optimiser la conservation, la protection, la gestion économique des écosystèmes forestiers, de telle manière que les forêts remplissent leurs nombreuses fonctions socio-économiques de manière durable et rentable.

⁸ <https://www.reseau-aforce.fr/esperense>

ProSilva propose ainsi une réflexion globale et une gestion de tout l'écosystème forestier en y insérant des objectifs économiques et non économiques, qui sont notamment la protection des sols. Nous considérons que les forêts remplissent quatre fonctions principales : la fonction naturelle ou bio-écologique, la fonction de protection, la fonction de production et la fonction culturelle. La fonction naturelle, c'est la capacité au bon fonctionnement de l'écosystème forestier et sa fonction bio-écologique. C'est la condition incontournable pour le bon fonctionnement des fonctions protectrice, productrice et culturelle des forêts. Quelle que soit la définition par la société humaine des objectifs de la forêt, la capacité d'existence et l'action commune de toutes les formes de vie de l'écosystème forestier sont les bases de toutes les autres fonctions. La conservation et, s'il y a lieu, le rétablissement de la fonction naturelle est une exigence prioritaire. Les éléments de la capacité fonctionnelle des écosystèmes forestiers sont les suivants : la diversité des plantes et des animaux typiques de la station et de la région, la diversité de la qualité génétique qui puisse maintenir la capacité d'évolution et de variation génétique, la variation des structures forestières typiques pour la station et la région, le bon fonctionnement des processus écologiques et de la dynamique forestière naturelle ou proche de la nature. Les relations écologiques internes, c'est la relation en maillage, les influences écologiques de la forêt sur l'environnement, c'est le climat mondial, régional et local. Ceci influence des éléments sur le paysage environnant. Donc ProSilva c'est d'abord l'écologie, c'est d'abord la gestion de l'existant, c'est la gestion des essence naturelles. Mais comme je vous le disais le deuxième adage dans la devise de ProSilva, c'est l'économie. Donc je vais vous faire part de la position de ProSilva par rapport aux exotiques. Oui aux exotiques, en enrichissement. Oui, aux exotiques, si elles peuvent apporter une plus-value à l'économie de la forêt, apporter du bois de haute qualité. Mais on ne veut pas d'espèce invasive, parce qu'on a toujours combattu les peuplements monospécifiques. Donc introduire des essences dont le bois est très intéressant, valorisant : oui en enrichissement mais en maintenant toujours notre vision d'une diversité dans tous les domaines de la forêt afin de préserver tout l'écosystème forestier. Quand je parle de l'écosystème forestier, ce n'est pas simplement les arbres, entendons-nous bien, c'est les insectes et les oiseaux, c'est les animaux, c'est tout ce qui participe à la vie de la forêt.

Guillaume DECOCQ : Alors, passons à la phase de discussion. Je commence par une question en lien avec votre présentation en binôme de généticiens : par rapport à ce qu'on a entendu ce matin sur les données historiques, notamment la dernière communication sur les données des archives, mais aussi ce dont on a parlé dans les communications précédentes, à propos des introductions anciennes et des plantations du RTM, ou encore plus anciennes, des premières plantations directement en forêt sous le règne de François Ier. On voit que, par exemple, ESPERENSE est un dispositif expérimental très récent ; quand on connaît la durée de vie, le cycle de vie d'une espèce ligneuse, est-ce que ces données de nouvelles expérimentations, qui finalement produiront des résultats sur le très long terme, sont à un moment donné également mises en regard des données historiques sur les vieilles plantations dont il doit rester des traces ? Des expérimentations, il y en a déjà eu beaucoup par le passé, pas en conditions contrôlées bien sûr, mais il y a quand même toujours des leçons à tirer. Donc est-ce que ces leçons sont tirées des expériences anciennes ?

Brigitte MUSCH : Il y a eu énormément d'introductions par le passé, mais les traces que l'on en a bien sûr, la plupart du temps, c'est sur ce qui a réussi. Ce qui n'a pas réussi est très compliqué à tracer et c'est en cela que l'exposé sur les archives était très intéressant. On n'a pas réussi à tracer les échecs. Une deuxième chose qu'il ne faut pas perdre de vue au niveau des introductions, et là cela reboucle pour moi avec l'exposé sur le robinier, c'est qu'on a eu des modes d'introductions. On a eu la mode de l'introduction avec les missionnaires en Chine

qui rapportaient des graines d'essences de Chine. On a eu le grand boom des introductions venant du continent nord-américain. Ce qui fait qu'au niveau des introductions que l'on a et que l'on peut tracer, on a encore des traces en forêt avec nos peuplements atypiques, avec les *arboreta*, mais ils ne donnent qu'une vision très parcellaire, d'une part de ce qui a pu être installé, d'autre part de la facilité à se procurer des graines. Cela il ne faut pas le perdre de vue. Après comment utilise-t-on cette information ? On l'utilise en continu. La première chose qui a été faite sur ESPERENSE et sur d'autres dispositifs, c'est de revisiter d'une part, les anciens dispositifs de tests de provenance, ceux qui avaient été mis en place il y a une quarantaine d'années par INRAE, par exemple, avec des dispositifs aussi bien dans le sud de la France, que dans le nord, avec tous les défauts que cela peut avoir. C'est qu'on répondait à une question qui n'était pas celle du climat à l'époque et que lorsque l'on met en place un dispositif, il est rare qu'on le mette dans un endroit où on voudrait tester ses limites. Donc on a ces éléments-là qui posent aussi problème, tandis que sur ESPERENSE c'est quelque chose qu'on veut tester, c'est la limite de la provenance et de l'espèce. Alors oui on revisite et on continue à revisiter. Je fais un appel à la forêt privée, mais à l'ONF on continue à demander, à renseigner des bases de données sur des peuplements atypiques pour savoir ce que l'on a, et où on l'a, et on les rentre dans nos données d'expérimentation. La phase suivante, c'est d'essayer de les rentrer dans des projections climatiques pour savoir ce que cela va donner. L'intérêt c'est qu'on peut retourner sur le terrain pour voir s'il y a des problèmes de dépérissement, de maladie, mais aussi d'invasion, parce que ce sont des arbres et des peuplements qui ont déjà un certain âge et on sait très bien que la plupart des invasions surviennent quand on a de la reproduction.

Guillaume DECOCQ : Sur la question des invasions, pour les espèces qui sont nouvellement introduites, on sait qu'il y a des temps de latence pour des arbres qui peuvent être de plusieurs centaines d'années, parce que pour des questions encore mal connues, le processus invasif se déclenche très longtemps après l'introduction. Donc c'est une question de risque, de prise de risque lorsqu'on introduit une essence exotique nouvelle en forêt.

Brigitte MUSCH : C'est exactement cela. La question est : où place-t-on le seuil de la prise de risque. La phase suivante et qui est importante pour moi, c'est comment passe-t-on de l'expérimentation à l'utilisation en forêt. Les îlots d'avenir restent de l'expérimentation et sont suivis comme tels, de l'expérimentation en gestion mais de l'expérimentation quand même.

Guillaume DECOCQ : Mais de l'expérimentation directement en forêt...

Brigitte MUSCH : Oui, en forêt, si on veut des informations en forêt, je pense qu'il est préférable d'être dans un milieu forestier et pas dans une prairie, mais cela n'engage que moi.

Eric PAILLASSAT : Effectivement, on est sur une prise de risque qu'on essaie de tirer vers le minimum. C'est pour cela qu'on est sur des choses qu'on veut raisonner, qu'on veut maîtriser sur des petites surfaces, sur des petits effectifs, parce que si tout de suite on peut détecter, disons des aspects négatifs, il faut qu'on puisse réagir très vite et arrêter tout de suite le phénomène. Une fois qu'une démarche de production en masse est lancée cela devient beaucoup plus compliqué. Donc l'idée c'est vraiment d'être devant, d'être en position de sentinelle. Alors on parlait aussi des aspects phytosanitaires, ces expérimentations-là pourront aussi abonder sur un réseau de peuplements sentinelles sur lequel on pourra surveiller éventuellement de nouveaux risques et essayer d'avoir une approche pas uniquement production, mais une approche totalement intégrée, en essayant de bien maîtriser le tout, puisqu'aujourd'hui on connaît un petit peu tous les dangers, tous les risques qu'on peut avoir sur ces essences exotiques. Deux autres petits points. Remonter dans le temps est toujours

utile : par rapport à l'exposé de ce matin sur les documents d'archives, effectivement, si on peut aller voir un petit peu ce qui a été travaillé dans le temps et ce qui a déjà provoqué des échecs, ce n'est peut-être pas la peine de repartir avec les mêmes, de réinventer l'eau chaude. Ceci est une première chose, mais ce qu'il y a aussi et qu'il faut bien comprendre, c'est que la problématique que l'on a aujourd'hui est différente. Tout ce qui a été publié, l'a été à climat constant. Pour nous, le gros problème c'est qu'on ne sait pas, on expérimente des nouvelles essences exotiques pour un climat qui ressemblera potentiellement à quelque chose qu'on ne connaît pas. C'est une dimension qui est quand même essentielle et c'est pour cela que, si on va chercher une essence quelque part, c'est que cette essence-là vit déjà des températures et des stress hydriques qui seront éventuellement nos températures et nos stress hydriques de demain. Donc il est aussi important qu'on sache les conditions de vie de ces peuplements dans leur aire naturelle.

Guillaume DECOCQ : Alors cela rejoint ce qu'Hervé disait à propos de la niche écologique, sauf que la niche écologique c'est un peu plus que le climat...

Hervé LE BOULER : Oui mais cela ne peut pas être sans le climat. Cela veut dire que dans la niche écologique —je ne ferais pas un cours sur Hutchinson—, il faut qu'il y ait le climat, il faut qu'il y ait la biodiversité, il faut qu'il y ait la capacité d'y aller. Ce que je voudrais dire, ce sont deux choses. D'abord, nous ne sommes pas dans une question exotique vs. pas exotique. La plus grande gamelle que l'on prend actuellement, c'est l'épicéa commun, 300 000 ha ; on n'est pas très loin de ses limites climatiques et pourtant, il tient au niveau température mais le changement de la relation avec la biodiversité fait qu'au lieu d'avoir une population d'insectes, on en a quatre ou cinq ; que ce soit les épicéas de Sitka en Bretagne ou l'épicéa commun dans les Vosges, même punition. Donc ce problème est général. La deuxième chose, c'est l'urgence qui pour moi est double : elle est liée à la vitesse du changement que l'on a et à son amplitude. On est face à quelque chose qui n'a jamais été vu ; c'est une chose d'avancer à 2 km/h et de se prendre un mur ; d'avancer à 120 km/h vers le même mur avec le même poids de bonhomme... le résultat n'est pas le même. Donc la question qui se pose maintenant - et je vais même aller au-delà de la prudence que vous utilisez - n'est plus de trouver une espèce extérieure qui pousserai mieux que les espèces locales : on est dans l'idée de boucher les trous et je crains que si l'on va trop lentement et qu'on attend de voir ce qui se passe, si par malheur on s'est trompé et qu'il n'y a pas d'adaptation spontanée des espèces locales, là on aura tout perdu. Donc il n'est pas possible d'éviter la question de la prise de risque dans une situation d'incertitude impossible à lever. C'est un problème qui est un problème de déontologie et un problème d'action. À Chantilly, sur 6000 ha on a déjà 500 ha où on n'a plus de forêt : c'est fini, il n'y a pas de régénération naturelle et il n'y a pas de végétation arborée à part des espèces exotiques envahissantes. Donc pour ma part je suis de plus en plus dans la situation d'un urgentiste qui voit arriver des gens de plus en plus malades et je sais que j'ai potentiellement des médicaments que l'on n'a jamais utilisés. Les utilise-t-on ? Je dirais donc qu'on a besoin d'un regard extérieur, d'une aide. Je voudrais insister sur cette dimension de l'urgence qui va déterminer comment on prendra la décision collective pour faire des choses risquées.

Guillaume DECOCQ : Donc les médicaments potentiels sont en cours d'essai clinique alors ! Il est temps de demander s'il y a des questions dans la salle ?

Ingrid BONHÊME (IGN) : Je voudrais bien qu'on échange sur les listes d'espèces indigènes et non indigènes, puisque de mon côté je n'ai pas tout à fait les mêmes décomptes sur nos listes inventaires de l'IGN. Mais ce n'était pas l'objet de ma question ; c'était plutôt de savoir si dans les expérimentations qui sont menées dans le cadre du changement climatique, on avait aussi

essayé d'augmenter des expérimentations sur les essences métropolitaines avec soit d'autres essences qui n'avaient pas été testées, soit plus de provenances ?

Brigitte MUSCH : Dans notre jargon de généticien, il y a deux niveaux : provenance (localisation) et espèces. Donc y a deux types d'expérimentation qui ont été faits dans le passé et qui continuent à se faire. C'est de faire ce qu'on appelle de la « migration assistée », et un exposé sera consacré cet après-midi à ce sujet. La « migration assistée » consiste à utiliser d'autres provenances que celle qui est locale, qui est déjà dans des conditions similaires à ce que la zone d'accueil va subir dans quelques années. Il y a des tests assez importants sur le chêne et sur le sapin, qui existent depuis un certain temps en France. Sur le chêne, si ma mémoire est bonne, depuis 1989 ; donc on commence à avoir de bonnes réponses. Un article est paru dernièrement dans les Annales des Sciences forestières à ce sujet-là. Mais finalement on connaît peu de choses sur nos essences autochtones. On a peu de tests de ce type d'aussi grande envergure, en tout cas avec une bonne représentativité. Il y a des tests IUFRO aussi. Pour les tests d'espèces on est allé souvent chercher très loin de chez nous, comme cela a été dit il y a eu la mode de l'Amérique du Nord, etc. donc il est un peu plus compliqué de trouver des espèces européennes qui étaient testées un peu largement mais il y en a. Et dans le réseau ESPERENSE dont parlait Éric, c'est quelque chose qu'on a essayé de croiser, c'est-à-dire qu'on s'est posé la question : « dans cette zone-là, on a un enjeu sur le chêne sessile et le chêne pédonculé ; quelle provenance va-t-on pouvoir tester pour le futur climatique ? » et donc on teste différentes provenances de chênes, mais aussi les cousins du chêne sessile, comme l'a dit Hervé, qui se trouvent actuellement en Espagne en Turquie ou dans le sud de la France.

Hervé LE BOULER : Alors par rapport à la question de Guillaume et je pense qu'Ingrid confirmera, effectivement 70 % des essences citées sont des essences exotiques mais elles n'occupent que 5 % de la surface de la forêt. Sur la démarche, j'ai du mal avec cette notion de frontière. Vu de Chantilly, je ne vois guère la différence entre un chêne liège, qui est en Catalogne française ou un chêne liège qui est en Catalogne catalane ; et du chêne vert qui vient du Pays basque français ou 20 km plus loin du côté espagnol, pour moi c'est pareil. Concrètement ce que l'on a à Chantilly, c'est du chêne sessile du Tarn et du chêne pédonculé du Béarn, parce que dans ce cas c'est pour vérifier, non pas la tolérance à la sécheresse, mais la tolérance à la température ; on est sur un continuum. Alors il est tout à fait vrai qu'il y a eu une mode d'aller chercher des espèces à l'extérieur. J'ai été président de l'association des collectionneurs de chênes, on était très intéressé par les chênes de Californie mais alors la part des chênes de la périphérie méditerranéenne, dans les collections était marginale. Maintenant heureusement on commence à s'intéresser à ce qui est près de chez nous. Deux des plus beaux cousins, sont *Quercus canariensis*, le chêne zéen et *Q. vulcanica* de Turquie. Dernier point, je parle sous le contrôle des généticiens, les capacités d'adaptation, tant qu'on reste dans la niche, sont très fortes, la diversité génétique à l'intérieur d'une population, pour autant qu'elle soit importante —je parle pour le chêne—, est aussi forte que la diversité entre peuplements. A Chantilly, si les chênes sessile et pédonculé doivent tenir, ceux qui vont tenir sont sans doute déjà là.

XXX : Puisque Hervé Le Bouler a parlé d'unité géographique qui était l'Europe qui va de l'Oural à l'Atlantique et puis du Nord au sud, pourquoi le réseau qui se met en place n'est pas au niveau européen et seulement au niveau français ? Il me semble que l'unité européenne me paraît fondamentale mais on n'en parle pas.

Hervé LE BOULER : Je veux citer Michel Arbez, un collègue forestier à la retraite, qui appelait cela la diagonale du fou : « si vous voulez savoir si vos chênes sessiles vont tenir dans

50 ans, plantez-les tout de suite dans le sud de l'Espagne ». Si on ne le fait pas, Brigitte va répondre pourquoi.

Brigitte MUSCH : Je vais répondre que cela se fait à travers des projets européens, il y a des choses qui sont mises en place maintenant et aussi avec des collaborations bilatérales, comme cela a été le cas avec la Turquie où l'on a envoyé des chênes de Bercé ou de Vachère, voir ce qu'ils allaient donner dans le climat turc.

Eric SEVRIN (CNPF-IDF) : Merci Hervé d'avoir précisé que les essences exotiques, ce ne sont pas des grosses surfaces en France même si le nombre d'essences est important. Je pense qu'il faut, quand on raisonne, ne pas se focaliser que sur la forêt du centre, de l'Est et du nord de la France, mais aussi celle du sud où il y a aussi du dépérissement. Donc il faut trouver des espèces différentes et là où va-t-on les chercher ? Sûrement pas au nord de la France. Et puis je voulais rebondir sur le cas du pin maritime. Effectivement il y a des échecs. Ce qu'il faut bien concevoir avant de définir que ce sont des échecs, c'est que le climat change aujourd'hui et en Sologne on a planté du pin maritime qui venait d'Espagne et il a gelé complètement. Aujourd'hui le pin maritime est une alternative dans le cadre du dépérissement du pin sylvestre. Il faut tirer des leçons du passé, mais il faut aussi voir que le climat évolue. Dernière chose, Éric tu n'as pas parlé du projet REFER⁹, c'est une des réponses aux questions de Guillaume, sur le fait qu'on va chercher dans des anciens peuplements, dans des anciennes références, comment réagissent les espèces pour essayer d'apporter des réponses plus rapides aux plantations que l'on fait.

Brigitte MUSCH : Juste un mot sur REFER. En effet c'est un projet qui est porté par le FCBA. On s'est mis d'accord entre CNPF, FCBA, INRAE et ONF sur une liste d'espèces que l'on pensait être intéressantes par rapport au changement climatique et on est en train de revisiter les placettes de sapins méditerranéens, mais aussi des placettes de pin Brutia et de tout un tas de choses. Il y a des choses qui avancent, et ce qu'on espère c'est un REFER 2 parce que ce qui est intéressant aussi, c'est qu'il est nécessaire que cela pousse, mais qu'est-ce que cela nous donne comme bois ?

Elisabeth DODINET (SBF) : Je travaille dans la longue durée en tant qu'historienne et archéobotaniste. Il y a des phases de variations climatiques dans la longue durée et je pense qu'il est important de faire des zooms et de se concentrer, notamment sur les périodes de fort bouleversement et de lancer des programmes de recherche sur cette question pour documenter, non pas les arbres, mais les assemblages de végétation et la manière dont ils répondent, lesquels répondent en premier, etc.

Guillaume DECOCQ : Voilà, c'était la conclusion avec une vision écosystémique de la forêt, la boucle est bouclée puisqu'on a dit que la forêt ce n'était pas que des arbres. Vous voyez qu'il y a matière à débat, débat qui continuera certainement en dehors de la table ronde ! Merci en tout cas à tous les participants pour ce débat déjà très riche.

⁹ <https://www.fcba.fr/travaux/refer-reseau-experimental-forestier-dessences-de-diversification-pour-le-renouvellement-des-forets/>

SESSION 2

Insertion des essences exotiques en forêt



Introduction à la session 2

par Serge MULLER

J'ai le plaisir d'animer cette séance de l'après-midi, et je voudrais commencer par remercier les organisateurs pour l'initiative de cette journée, placée sous double tutelle de la Société botanique de France et du Groupe d'histoire des forêts françaises, ce qui permet d'avoir des approches complémentaires, historiques, géographiques, botaniques, génétiques et écosystémiques par rapport à ce problème des essences exotiques en forêt. C'est un vaste sujet et probablement qu'à la fin de cette journée, vous resterez comme moi en partie insatisfaits parce que vous n'aurez pas eu des réponses à toutes les questions que vous vous posez sur le sujet. Mais je pense qu'il est important qu'on puisse échanger, qu'on puisse apporter une approche scientifique, non dogmatique, qu'on soit à l'écoute des uns et des autres, c'est ce qui a prévalu jusqu'ici. J'espère qu'on terminera la journée de la même manière, même si nous avons des points de vue différents lors des débats.

On parle d'espèces exotiques. Personnellement ma crainte, c'est toujours l'espèce exotique envahissante, en sachant bien qu'un des problèmes des espèces exotiques, c'est l'invasion potentielle par ces espèces ou par d'autres espèces qui sont introduites avec elles. C'est donc un des points de vigilance que l'on doit avoir ; l'autre point de vigilance, ce sont les modifications, les dénaturations que l'on peut avoir d'un certain nombre d'écosystèmes. On a peu quantifié encore ce que les introductions d'espèces représentent. Lorsqu'on fait des expérimentations c'est bien, il faut faire des expérimentations pour améliorer les connaissances, surtout dans le contexte actuel, avec un certain nombre d'évolutions pour lesquelles nous avons de grandes interrogations sur ce qui risque de se passer, mais ne mettons peut-être pas tous les œufs dans le même panier et laissons aussi s'exprimer la nature. Je n'ai pas encore entendu parler des « solutions fondées sur la nature » chères à l'UICN, c'est-à-dire laisser faire la libre expression de la végétation. Lorsque j'entends Hervé le Bouler parler de « trous », moi j'appelle cela des clairières. Dans ces clairières —j'ai une formation de phytosociologue— on a une dynamique qui se met en place, avec une recolonisation comportant différentes phases qui peuvent conduire à des peuplements forestiers ou non forestiers, des peuplements qui restent ouverts, des stades de latence, qu'on appelle parfois des paraclimax, pendant un certain nombre d'années voire de décennies. Ne considérons pas que nous avons une seule solution possible, c'est un des points sur lequel je voulais insister : il faut toujours contextualiser les expérimentations qui sont faites et il pourra y avoir différentes réponses, des réponses qui pourront être satisfaisantes dans un certain nombre de situations, mais qui ne le seront pas dans d'autres cas. Restons très prudents avant de généraliser. Les enseignements que l'on peut tirer des expérimentations qui sont faites sont forcément valables dans un contexte donné, avec toutefois un avenir qui est incertain. On sait que le climat va changer, mais comment

va-t-il changer ? Pas seulement les températures mais aussi les régimes de perturbations qu'il peut y avoir, qui peuvent être très variables d'un territoire à un autre. Donc restons prudents par rapport à l'ensemble de ces évolutions et des solutions préconisées.

Dans la première session de communications de ce matin, on a eu une approche sur les espèces, avec un certain nombre d'exemples fort intéressants, différents les uns des autres.

Sur les pins noirs, qui constituent un complexe d'espèces, nous avons eu un focus particulier sur l'une d'entre elles qui nous intéresse davantage au niveau français au titre de la conservation, le pin de Salzmänn, dont les peuplements correspondent à un habitat reconnu d'intérêt communautaire prioritaire, pour laquelle la France a une obligation de mise en œuvre de mesures de conservation. On a bien vu les actions qui sont menées par rapport à d'autres sous-espèces de la même espèce, qui peuvent être envahissantes comme le pin noir d'Autriche ; et j'ai bien noté qu'une des mesures qui est mise en œuvre, c'est d'éviter de faire des plantations ou même d'éliminer les pins noirs d'Autriche dans un rayon de 1 km autour des pins de Salzmänn, pour préserver autant que possible la « pureté » de ces peuplements de pin de Salzmänn. C'est un exemple qui me paraît très intéressant, mais qui est un cas particulier lié à cette espèce.

Pour le deuxième exemple, celui du robinier faux-acacia à travers la chronique d'une naturalisation contestée j'avais noté une expression : « une espèce exotique, pas comme les autres ». Je ne sais pas s'il y a des espèces exotiques qui sont comme les autres, mais c'est en tout cas une espèce pour laquelle on a une documentation importante, qui a suscité l'intérêt de différents types de public ; c'est aussi une espèce pour laquelle on a un certain recul puisque cela fait plusieurs siècles qu'elle est présente, mais c'est bien une espèce exotique originaire du continent américain, je pense que tout le monde est d'accord là-dessus. Et c'est une espèce exotique reconnue envahissante, même si elle n'a pas été listée comme « espèce exotique envahissante préoccupante » par l'Union européenne au titre de la Directive européenne de 2014, contrairement à l'ailante, qui figure sur cette liste et dans un arrêté ministériel de 2020, qui interdit d'en faire des plantations. On n'en est pas là pour le robinier et je pense qu'on n'en arrivera pas là, parce que c'est une espèce qui présente tout de même un certain nombre de points positifs. Mais par rapport à un certain nombre d'habitats, l'invasion par le robinier conduit à des bouleversements très importants et à un appauvrissement de la biodiversité, comme dans les dunes sableuses. Il faut donc le contenir à l'extérieur de ces habitats.

On a vu aussi un autre exemple bien différent, celui du cèdre de l'Atlas qui, lui, a été introduit volontairement dans le cadre de reboisements. Il présente aussi un certain nombre d'intérêts, mais peut également, dans certains contextes ou types d'habitats —le débat reste ouvert apparemment dans l'assistance— être une espèce envahissante. Donc ne mettons pas du cèdre de l'Atlas partout et n'importe comment ou, si on veut l'implanter par suite des avantages qu'il peut présenter,

restons très prudents ou faisons des expérimentations. De nouveau, le discours que je voudrais porter dans cette introduction, c'est celui de la prudence, c'est-à-dire de rester très vigilant par rapport à tout ce qu'on a pu voir.

Enfin, le dernier exposé qui nous a tous passionnés, c'est celui relatif à l'intérêt des archives et tout ce qui a été fait sur la restauration des terrains en montagne. On voit que les forestiers des siècles passés avaient une certaine sagesse par rapport à ce qui était réalisé ou au moins dans ce qui était les objectifs annoncés, qui étaient bien de restaurer des écosystèmes forestiers plutôt que de faire des plantations avec une finalité uniquement économique.

Il me reste à introduire les exposés de cet après-midi. Ce matin nous avons une approche « espèces » ; cet après-midi, on aura davantage une approche « forestière » sur l'insertion des espèces exotiques en forêt, avec quatre exposés là aussi relativement différents. La première approche sera historique, présentée par Jean-Yves Puyo, sur l'introduction d'un certain nombre d'espèces exotiques. La deuxième approche sera écologique, par Marc-André Selosse, que tout le monde ici connaît, qui est mon collègue au Muséum national d'histoire naturelle, qui va nous dire que les arbres ne sont pas seuls - c'est le titre d'un de ses ouvrages, *Jamais seuls* - y compris lorsqu'ils sont introduits, et qu'il est important de pouvoir prendre en compte ces relations interspécifiques dans la biocénose pour appréhender l'écosystème forestier dans une approche plus globale. Le troisième exposé va revenir sur la migration assistée d'essences exotiques, en présentant les expérimentations qui ont été lancées sur des essences susceptibles d'assurer une continuité écologique au sein de l'écosystème forestier. Et nous terminerons par des réflexions conceptuelles et des données davantage statistiques, issues de l'inventaire forestier national, sur les espèces exotiques, introduites ou invasives.

La science forestière française et la question des essences dites exotiques : le grand affrontement (1820-1914)

French forestry science and the issue of « exotic » tree species: the great confrontation

par Jean-Yves PUYO

Géographe, professeur des universités, laboratoire TREE (UMR 6031, Université de Pau et des Pays de l'Adour).

RESUME. Les premiers essais d'acclimatation d'essences forestières dites « exotiques » remontent au XVI^e siècle, époque où les grands navigateurs ramenèrent des graines et plants provenant des nouvelles terres découvertes. Ces végétaux, souvent rapportés dans des conditions difficiles et sans données précises quant à leurs conditions originelles stationnelles, donnèrent généralement des résultats mitigés. Ces introductions se continuèrent pour le cas français tout au long des siècles de façon « anarchique », sans par exemple pour tout le XIX^e siècle de coordination (ni même d'intérêt) assurée par le corps forestier français ; l'initiative en ce domaine était alors laissée à quelques propriétaires passionnés qui constituèrent les premières plantations comparatives d'essences forestières exotiques. Dans le domaine colonial français, il en fut tout autrement, avec la multiplication des jardins dit d'acclimatation dans les grandes capitales coloniales (Alger, Tunis, Saïgon, etc.) pilotée par la puissance publique. Aussi notre recherche se propose-t-elle d'étudier ce paradoxe, à savoir pour la science forestière française du XIX^e siècle un net désintérêt - voire un rejet revendiqué - pour les essences exotiques dans le cadre métropolitain, contre un vif intérêt dans son domaine colonial (Bonneuil et Kleiche, 1993 ; Puyo, 1999 ; Regourd, 2008 ; Blais, 2019). Et nous posons pour hypothèse que ce rejet découle d'une défiance forte, passée 1870, envers la foresterie germanique considérée comme très favorable aux essences exotiques, combinée à une « philosophie » de la science forestière française basée sur le culte de la régénération naturelle des essences indigènes.

MOTS-CLES. Foresterie française ; XIX^e siècle ; essences forestières exotiques ; acclimatation ; naturalisation.

ABSTRACT. The first attempts to acclimatise so-called "exotic" forest species date back to the 16th century, when the great navigators brought back seeds and seedlings from the new lands they had discovered. These plants, often brought back under difficult conditions and without precise information about their original stationary conditions, generally gave mixed results. In the case of France, these introductions continued throughout the centuries in an "anarchic" fashion, with no coordination (or even interest) on the part of the French forestry corps throughout the 19th century; the initiative in this field was left to a few enthusiastic landowners who set up the first comparative plantations of exotic forest species. In the French colonies, the situation was quite different, with the proliferation of so-called acclimatisation gardens in the major colonial capitals (Algiers, Tunis, Saigon, etc.), under the direction of the public authorities. The aim of our research is therefore to study this paradox, namely that nineteenth-century French forestry science showed a clear lack of interest in - and even an avowed rejection of - exotic tree species in metropolitan France, while showing a keen interest in their colonial context (Bonneuil and Kleiche, 1993; Puyo, 1999; Regourd, 2008; Blais, 2019). We hypothesise that this rejection stems from a strong distrust, in the period after 1870, of Germanic forestry, which was considered to be very favourable to exotic species, combined with a 'philosophy' of French forestry science based on the cult of the natural regeneration of indigenous species.

KEY-WORDS. French forestry ; 19th century ; exotic tree species ; acclimatisation ; naturalisation.

Les premiers essais d'acclimatation d'essences forestières dites « exotiques » remontent au XVI^e siècle, époque où les grands navigateurs ramenèrent des graines et plants provenant des nouvelles terres découvertes. Ces végétaux, souvent rapportés dans des conditions difficiles et sans données précises quant à leurs conditions stationnelles originelles, donnèrent généralement des résultats mitigés. Aussi fallut-il attendre le siècle suivant pour enregistrer de réels succès dans l'introduction d'essences exotiques utilisées principalement pour l'ornementation tels le cyprès chauve, les liquidambars, le genévrier de Virginie, le *Ginkgo biloba*, le noyer noir d'Amérique mais aussi le robinier faux-acacia appelé à connaître un développement bien plus « forestier » (Beaurepaire, 2019 ; Vassort, 2020). Ce n'est que beaucoup plus tard, avec l'évolution des sciences naturelles au XVIII^e siècle, qu'une plus grande « échelle » fut donnée à ces essais d'introduction dans les principaux pays européens : en France par Bernard de Jussieu ou encore en Allemagne, entre 1750 et 1800, par Georg Ludwig Hartig¹. Par la suite, dans le cas de la France, les introductions se poursuivirent tout au long du XIX^e siècle de façon « désordonnée », sans aucun intérêt exprimé par l'État, à travers son Corps forestier en charge de l'aménagement des forêts publiques (Puyo, 1996, 1999), l'initiative étant laissée à quelques propriétaires passionnés qui constituèrent les premières plantations comparatives en matière d'essences forestières exotiques. Aussi, en France métropolitaine, seuls le pin noir d'Autriche et le robinier faux-acacia (et à moindre mesure l'eucalyptus) prirent-ils une place significative dans les reboisements réalisés durant le XIX^e siècle, alors que de nombreuses expéditions en Amérique du Nord et au Japon avaient

considérablement étendu le panel des essences exotiques susceptibles d'être introduites en forêt. En parallèle, il en fut tout autre en contexte colonial : en vue de développer les potentiels locaux agricoles mais aussi forestiers, on relève la fondation de jardins d'essais ou d'acclimatation dans toutes les nouvelles « capitales coloniales », tel celui d'Alger créé en 1832 (Laribi et Hadjadi, 2014), Saïgon en 1864 (Puyo, 2018) ou encore Tunis (1890).

Aussi notre recherche se propose-t-elle d'étudier ce paradoxe alors bien « français », à savoir pour la science forestière nationale du XIX^e siècle un net désintérêt - voire un rejet revendiqué - pour les essences exotiques dans le cadre métropolitain, contre un vif intérêt dans son domaine colonial (Bonneuil et Kleiche, 1993 ; Puyo, 1999 ; Regourd, 2008 ; Blais, 2019). Et nous posons pour hypothèse que ce rejet découle d'une défiance forte, passée 1870, envers la foresterie germanique considérée comme très favorable aux essences exotiques, combinée à une « philosophie » de la science forestière française basée sur le culte de la régénération naturelle des essences indigènes.

Un réel intérêt scientifique mais une initiative laissée en très grande partie « au privé »

En France, le dernier tiers du XVIII^e siècle, période révolutionnaire comprise, et le premier Empire se caractérisent par un véritable intérêt pour les essences forestières exotiques. Ainsi, sous le règne de Louis XVI, la royauté finança de nombreuses missions scientifiques lointaines, assurées par la figure du voyageur-naturaliste (Laissus, 1981), tel André Michaux (1746-1803) qui, après une longue première mission en Perse de 1782 à 1785, fut envoyé

¹ Georg Ludwig Hartig, 1764-1837 ; de 1811 à sa mort, il occupa les hautes fonctions de Grand Maître des forêts et de Conseiller d'Etat du royaume de Prusse.

Professeur des sciences forestières à l'Université de Berlin, ses cours lui valurent une grande renommée, tant nationale qu'internationale.

par le gouvernement français dans les jeunes États-Unis d'Amérique ; entre 1788 à 1793, secondé par son fils François André, il réalisa d'importants envois de jeunes plants vers l'Europe depuis leurs deux pépinières établies dans le New-Jersey (à Hachensack) et en Caroline du Sud (Charleston). Ces expéditions furent toutefois marquées dans les faits par de réels problèmes de méthode, non masqués :

[...] *les objets étaient distribués à des seigneurs ou à des particuliers, qui en garnissaient leurs maisons de campagne ; quelquefois même la moitié [des plants envoyés] passait en Allemagne pour les jardins de l'empereur d'Autriche ; enfin, la plus petite partie était envoyée à Rambouillet. C'est à ces causes que [André Michaux] attribue le peu de profit qui résultat de ce voyage pour l'utilité générale [...]. Ces envois ont été aussi nombreux et aussi importants que les circonstances l'ont permis, et quoique l'on ne puisse pas dire que la mission de M. Michaux ait été aussi heureuse qu'elle l'eût été dans des temps plus propices, il est cependant incontestable qu'elle laissera des traces avantageuses dans l'amélioration de nos cultures forestières.* (Michaux, 1808 : 283).

En parallèle, cette même période vit l'apparition des notions d'*acclimatation* et de *naturalisation*, si attachées à la question de l'introduction des essences exotiques. Si, comme nous le montrerons ci-dessous, le terme *acclimater* et ses substantifs apparaissent à la toute fin du XVIII^e siècle, « l'idée » qu'ils véhiculent n'est pas nouvelle, à savoir une vie animale ou végétale évoluant, dans ses caractéristiques propres (notamment physiologiques), plus au moins rapidement au contact des caractéristiques d'un milieu naturel pouvant être changeantes voire nouvelles. Pour l'exprimer, les naturalistes français de cette époque avaient à leur disposition le verbe *accoutumer*, comme le montre l'extrait ci-dessous datant de 1759, relatif à la plasticité des caractéristiques physiologiques d'une

espèce de tarets, des vers marins redoutables pour les coques des navires (alors en bois), notamment dans les mers chaudes : *Ils vivent pendant six mois dans l'eau douce ; ils changent, pour ainsi dire, d'éléments sans que la race en souffre [...]. Sans doute que les degrés presque insensibles par lesquels passe l'eau salée avant de devenir tout-à-fait douce, & au contraire ceux par où passe l'eau douce pour devenir salée, facilite à ces animaux les moyens de s'y accoutumer* (Adanson, 1759 : 253).

Pour part, l'adjectif *acclimaté* intégrait pour la première fois un dictionnaire de langue française en 1787 grâce à Jean-François Féraud : *Acclimaté, ée, adj. Accoutumé au climat. Mot nouveau employé par Raynal et un autre.* (Féraud, 1787 : 22). Et en effet, nous retrouvons bien ce terme dans les écrits alors tous récents de l'Abbé Raynal, telle cette citation de 1785 à propos des administrateurs envoyés par l'État français à Saint-Domingue : *Il est malheureux qu'on se soit permis d'y envoyer presque toujours des protégés & des gens neufs : un homme médiocre acclimaté vaut un homme d'esprit qui ne l'est pas* (Raynal, 1785 : 169). Quant à « l'autre », non identifié plus précisément par Féraud, il pourrait bien s'agir du grand naturaliste français, le comte de Buffon. Le terme, apparu en effet chez ce dernier en 1778 dans le tome 4 de son *Histoire naturelle des oiseaux*², est repris par lui-même deux ans plus tard à l'occasion de la parution de son fameux ouvrage *Les époques de la Nature* : « [...] *de temps en temps, on acclimate, on civilise quelques espèces étrangères ou sauvages* » (Buffon, 1780 : 209).

Par la suite, l'Académie française fit rapidement preuve de réaction en recueillant l'adjectif mais aussi le verbe dans l'édition de 1798 de son célèbre dictionnaire : *Acclimater. Accoutumer à la température. Il faut du temps pour acclimater une plante étrangère. On dit aussi, avec le pronom personnel, S'acclimater,*

² « [Les Bengalis, à savoir de petits moineaux à ventre blanc que l'on trouve au Sénégal] se transportent assez difficilement et ne s'accoutument qu'avec peine à un

autre climat ; mais une fois **acclimatés** [en italique dans le texte original], ils vivent jusqu'à six ou sept ans, c'est-à-dire, autant plus que certaines espèces du pays » (Buffon, 1778 : 91).

pour dire, *Se faire à un nouveau climat* [...] (Académie française, 1798 : 12).

Quelques trente années plus tard, pour le botaniste Pierre Boitard, *acclimater* un végétal revient donc à l'implanter [dans] *un climat plus chaud ou plus froid que celui dont [il] est originaire, c'est modifier sa nature de manière à la rendre insensible, en pleine terre, aux influences d'un climat différent du sien* (Boitard, 1829 : 179). En ce tout début de XIX^e siècle, naturalistes et forestiers croient « fermement » à l'acclimatation définie dans ce sens, à savoir de façon stricte (avec adaptation physiologique au milieu), tel cet avis de Jacques-Joseph Baudrillard (1774-1832), très grande figure de la foresterie française³ et alors directeur de la première revue spécialisée dans les questions forestières, les *Annales forestières* :

[...] *ce qui paraît sans contradiction, c'est que la transplantation dans des climats qui s'éloignent à un certain point de la température du sol natal modifie ordinairement les propriétés des individus transplantés* (Baudrillard, 1814 : 122), rajoutant par la suite [que le] *meilleur moyen de juger si un climat convient parfaitement à un arbre est de s'assurer si cet arbre, parvenu à l'âge adulte, produit des fruits mûrs* (Ibid.).

Cette dernière remarque fait écho à un réel questionnement des forestiers, portant sur la capacité de reproduction des essences exotiques introduites. Pour y répondre, la notion de *naturalisation* fut précisée dans ces mêmes années ; par *naturaliser* un végétal, on entendait alors son implantation dans des

conditions telles qu'il puisse croître et se reproduire sans aucune aide « artificielle », à l'exemple d'une culture sous serres. Aussi, un végétal exotique est-il considéré comme *naturalisé* en un lieu [que] *s'il croît spontanément et que la nature seule fait les frais de la culture*⁴.

Quant à la croyance en une possible acclimatation des exotiques, elle disparut rapidement. Ainsi, en 1829, pour le botaniste et agronome Louis Claude Noiset, *acclimater* une plante dans le sens de l'accoutumer à vivre dans un climat plus chaud ou plus froid de celui dont elle est originaire, et espérer en une modification de ses caractéristiques physiologiques [...] *de manière à la rendre insensible, en pleine terre, aux influences d'un climat différent du sien* [...], *c'est la chose impossible*⁵. C'est pourquoi certains botanistes, dans la seconde moitié du XIX^e siècle, préférèrent abandonner le terme d'*acclimatation* pour celui de *transplantation*⁶, ce dernier, il est vrai, n'ayant pas fait école dans le domaine forestier.

Quoiqu'il en soit de ces débats scientifiques, la phase de forte croissance économique que connut l'Europe occidentale au début du XIX^e siècle coïncida avec d'importants efforts d'introduction en espèces forestières exotiques (Laissus, 1981 ; Fornasario et West-Sooby, 2016 ; Brassart et Pépy, 2022 ; Synowiecki, 2022). En France, ces introductions se poursuivirent tout au long de ce siècle de façon - pourrions-nous dire - « aléatoire », sans aucune coordination de la part du Corps forestier français ; en effet, l'initiative était laissée à quelques propriétaires passionnés qui

³ Simple sous-officier d'intendance auprès des armées républicaines de l'Est devenu inapte physiquement au service, il intégra en 1802 l'Administration des forêts comme traducteur, notamment des ouvrages des grands maîtres allemands Georg Ludwig Hartig et Friedrich von Burgsdorf. En quelques années, il devint un personnage clé de la foresterie française en s'attachant à la direction des *Annales forestières*, revue qui parut de 1808 à 1816 (faisant suite à l'éphémère *Mémorial forestier* de Goujon de la Somme). Ses chroniques bibliographiques devinrent au fil des numéros de plus en plus conséquentes pour constituer de véritables mémoires reproduits dans les *Annales* sous forme de « feuilleton ». Il reste aussi fameux pour son monumental *Traité*

général des Eaux et Forêts (en 12 volumes), édité entre 1821 et 1834.

⁴ *Journal des Jardins*, année 1828 (p. 86) cité par Pierre Boitard (1829 : 175).

⁵ Louis Claude Noiset (Le *Journal des Jardins*, 1828, p. 86) cité par Pierre Boitard, 1829, p. 86

⁶ « Répandre une plante dans une région très éloignée de celle qu'elle habite naturellement, mais analogue d'ailleurs par le sol, l'exposition, les températures moyenne maxima et minima, ce n'est pas faire de l'acclimatation, mais simplement de la transplantation. On confond souvent ces deux ordres de faits. » (Gubler, 1862 : 45).

constituèrent les premières plantations comparatives en matière d'essences exotiques à usage forestier.

Ainsi, dès 1805, Louis-Gervais Delamare introduisait dans sa propriété normande d'Harcourt couvrant près de 300 hectares tout un ensemble d'essences exotiques tels des « *acacia, ébénier et Sainte-Lucie* » ainsi qu'une grande diversité de pins : des pins sylvestre provenant d'Écosse, de Riga, de Genève et d'Hagenau, « *des pins du Lord ou pin Weymouth* », des pins laricio de Corse, de Calabre, d'Amérique, de Caraménie (Cappadoce) et de Crimée, des pins du Népal [...] auquel on attribue des dimensions gigantesques et qui me semble être le *pinus longifolia* (Delamare, 1827 : 13), des pins des Abruzzes, du New Jersey, etc. L'Académie d'agriculture, qui reçut par la suite le domaine en donation en 1827, continua ces expériences avec de nouvelles implantations de résineux exotiques apparus nouvellement en Europe comme des douglas, thuyas géants, épicéas de Sitka, etc. En 1821, Philippe-André de Vilmorin installait dans son domaine des Barres, à Nogent-sur-Vernisson⁷, un arboretum privé où étaient implantées à titre comparatif, différentes espèces et provenances de résineux, pins, sapins et épicéas. Ces nombreuses collections, certaines uniques en Europe, devinrent très rapidement célèbres et constamment citées en référence par la suite dans de multiples communications scientifiques⁸

Moins connu, A. J. Ivoy, « agriculteur émérite » et fondateur de la Société d'Agriculture de la Gironde, installait à partir de 1828 de nombreuses espèces exotiques, essentiellement originaires des États-Unis, sur une vingtaine d'hectares de sa propriété de Geneste située dans la commune de Pian du

Médoc (Gironde). À sa mort, son œuvre fut prolongée par ses descendants, de sorte que l'arboretum de Geneste présentait au début du XX^e siècle de nombreuses essences arrivées à un âge adulte et susceptibles d'être utilisées pour le reboisement, du moins pour la région Sud-Ouest :

Nombreuses sont les espèces ligneuses indigènes et exotiques qui sont représentées, à Geneste, par des exemplaires déjà anciens et, souvent, de belles dimensions : [...] plusieurs espèces de genre Carya [...] dont il existe quelques très beaux sujets fertiles mesurant jusqu'à 0,45 de diamètre et 20 m. d'élévation [...] un magnifique échantillon, de 0,25 de diamètre et de 15 m. d'élévation, du hêtre d'Amérique (Fagus americana Sweet) qui a fructifié en 1909 [...] un grand nombre de chênes d'Amérique formant une des plus belles collections qui existent en Europe [...] de nombreux copalmes d'Amérique (Liquidambar styraciflua L.) aux fûts très droits, très élancés, mesurant jusqu'à 0,70 de diamètre et 30 m. d'élévation [...] de nombreux et très beaux cyprès chauves mesurant jusqu'à 1 m. de diamètre sur 30 m. d'élévation [...] et parmi les espèces les plus rares, des pins chétifs (Pinus inops Soland), des pins rigides (P. rigida Mill.), des pins des marais [...] malheureusement cette essence ne fructifie pas [...] (Pardé, 1910 : 393).

Et l'on peut de même citer l'arboretum de Segrez, créé en 1858 par Alphonse Lavallée qui, 22 ans plus tard, présentait près de 6 500 espèces et variétés d'arbres et d'arbustes, sur une étendue de 31 hectares⁹. Entre autres.

À ces nombreuses collections privées d'essences forestières exotiques vint s'ajouter une multitude d'introductions plus modestes dans les nouvelles possessions françaises nord-

⁷ Département du Loiret, ancien siège de l'École secondaire forestière puis de l'École nationale des ingénieurs des travaux des Eaux et Forêts (ENITEF). Dissoute en 1990, la formation des ingénieurs était transférée à l'ENGREF de Nancy, établissement par la suite lui-même intégré à AgroParisTech.

⁷ Tel cet article de René Mer, « Les collections d'arbres forestiers du domaine des Barres (Loiret) », *Revue des Eaux et Forêts*, 1865, pp. 488-490.

⁸ Tel cet article de René Mer, « Les collections d'arbres forestiers du domaine des Barres (Loiret) », *Revue des Eaux et Forêts*, 1865, pp. 488-490.

⁹ <https://www.culture.gouv.fr/Regions/Drac-Ile-de-France/Actualites/Jardin-remarquable/Domaine-de-Segrez-L-Arboretum-a-Saint-Sulpice-de-Favieres-Essonne> [consulté le 28 février 2023].

africaines. Ainsi, en vue de développer les activités agricoles mais aussi de lutter contre la déforestation, colonies et protectorats français se dotèrent de jardins publics d'essai et d'expérience. On peut par exemple citer celui de Tunis, datant du début des années 1890, et regroupant sur près de 30 hectares de très nombreux essais, tant agricoles - essais de céréales indigènes et européennes, de plantes fourragères, plantations comparatives d'oliviers, d'arbres fruitiers, de cépages, etc. - que forestiers ; de nombreuses variétés d'eucalyptus et d'acacias y étaient testées, de même que des nouvelles essences dites exotiques importées d'Europe, d'Amérique ou du Japon. Les essences retenues étaient ensuite appelées à être multipliées pour être vendues aux colons, à un prix modéré.

La multiplication des polémiques au sujet de l'introduction des exotiques.

Durant tout le XIX^e siècle, et hormis pour quelques rares essences sur lesquelles nous reviendrons plus loin, le corps forestier français, en charge de la gestion des forêts publiques (forêts domaniales et communales), a dédaigné le grand champ des « exotiques ». L'étude du contenu de la presse forestière française¹⁰ en constitue déjà une démonstration « éclatante ». Ainsi, comme le souligne cet inventaire réalisé par nos soins (Tableau 1), rares sont les essences exotiques présentées dans ses colonnes pour la période 1806-1914. Néanmoins, plusieurs points sont plus particulièrement à souligner.

En premier lieu, la période du premier Empire s'est inscrite dans le prolongement de

l'élan initié sous l'Ancien régime, avec par exemple de nombreuses pages dédiées à la (longue) mission aux jeunes États-Unis d'Amérique de Michaux, père et fils (déjà évoquée) et aux publications en découlant¹¹. Le contenu des *Annales forestières* se fait ainsi l'écho des nombreux essais d'introduction, souvent modestes mais réels, portés par de simples « amateurs » d'essences forestières exotiques¹². Ceci ne nous a guère surpris car cette même période est marquée par un « bouillonnement » intellectuel ; si le régime de la Terreur est responsable de l'élimination de près de 42 000 individus supposés hostiles à la toute jeune république, dont de nombreux scientifiques tels Lavoisier, ces mêmes années virent aussi la création du Muséum d'Histoire Naturelle, de l'École Polytechnique ou encore de l'Institut de France. Aussi, les Arago, Brogniart, Champollion, Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire ou encore Lamarck, sont-ils des « purs » produits de la Révolution et du premier Empire. En guerre contre l'Europe entière, les gouvernements successifs prônèrent la mobilisation des hommes et des ressources tant matérielles qu'intellectuelles ; d'où la multiplication des sociétés savantes qui permit à toute une classe composée d'érudits locaux de faire connaître leurs travaux, ce qui était difficilement réalisable sous l'Ancien régime. Comme le précisent Patrick Bungener et Marc Ratcliff, le *mouvement Encyclopédique* avait mis quasi sur pied d'égalité les sciences, les arts et les métiers (Bungener et Ratcliff, 1997). Aussi, au XVIII^e siècle, les naturalistes ne choquaient-ils guère en cherchant à combiner dans leurs travaux la culture populaire et le savoir scientifique,

¹⁰ À savoir les *Annales forestières* (déjà présentées), les *Annales forestières et métallurgiques* (1840-1864) et la *Revue des Eaux et Forêts*, dépouillée de son premier numéro (janvier 1862) à celui de juillet 1914. Sur cette presse spécialisée française, cf. R. Viney (1958 : 347-351).

¹¹ On retrouve ainsi de larges extraits du *Mémoire sur la naturalisation des arbres forestiers de l'Amérique septentrionale*, par François André Michaux dans le numéro de juin 1808 des *Annales forestières* (déjà cité), ou encore cette présentation par Jacques-Joseph Baudrillart, de l'ouvrage d'André Michaux, *Histoire des chênes de l'Amérique septentrionale* (1809 : 38-45).

¹² Tels le pépiniériste Thomas Guerrapain et sa « Note sur la culture du Sophora, du platane et de l'aune », (*Annales forestières*, janvier 1809, pp. 45-48) - Bruno de Juglar dit Juglar Aîné, propriétaire du château de Ris-Chauveron (Haute-Vienne), auteur d'un traité remarqué sur l'acacia (rapport du conservateur des forêts Mallet sur l'ouvrage de M. Juglar aîné, *Le triomphe de l'acacia*, *Annales forestières*, juin 1809, pp. 269-287) - ou encore le « grainetier pépiniériste » Tollard aîné (place des Trois Maries, n°4, près Le Pont Neuf) et son « Fragment sur les arbres forestiers, et principalement sur le sophora du Japon » (*Annales forestières*, février 1811, pp. 90-93).

Duhamel du Monceau ayant été l'un des principaux partisans de ce rapprochement entre savoir-faire et théories scientifiques dans des domaines aussi variés que l'agronomie mais aussi la foresterie. Ce courant « pratique et populaire » disparut néanmoins durant la première moitié du XIX^e siècle, pour laisser la place à une science « dure ».

En second lieu, cet intérêt pour les essences exotiques s'estompa par la suite. Ainsi, pour toute la période 1840 – 1914, nous relevons bien peu de choses, dont moins de 15 articles « de fond ». Ceux-ci peuvent se répartir en deux grands ensembles distincts. D'une part, nous retrouvons les articles consacrés aux rares essences exotiques paraissant présenter, dès cette seconde moitié du XIX^e siècle, un réel intérêt sylvicole pour les forêts métropolitaines ; on peut citer les eucalyptus¹³, le robinier faux-acacia¹⁴, le pin noir d'Autriche¹⁵, les « chênes d'Amérique » (chêne rouge et chêne des marais)¹⁶, les cèdres du Liban et de l'Atlas, et à une moindre mesure, le pin weymouth.

D'autre part, quelques rares auteurs dissertent sur l'intérêt « en général » des essences forestières exotiques et sur leur capacité (supposée) à s'adapter à des conditions stationnelles plus ou moins différentes de celles de leur milieu d'origine. Ainsi, par exemple, dans les pages des *Annales forestières et métallurgiques*, le médecin et agronome français Alexandre Ysabeau

s'élevait en 1854 contre la croyance en la possible acclimatation des exotiques : *il y a longtemps, en effet, que la saine physiologie a fait justice du mot acclimatation, terme vide de sens à l'égard des végétaux ligneux ou autres. On n'acclimate pas un arbre dans ce sens que, sous le rapport de sa faculté à résister au froid, il reste ce qu'il est ; le temps ne fait rien à l'affaire* (Ysabeau, 1854 : 367).

Les raisons du désintérêt tenace de la foresterie française pour les essences forestières exotiques découlent à notre avis de la combinaison des deux raisons principales suivantes : une passion excessive pour la régénération naturelle des essences indigènes et un rejet de la science forestière allemande dans le dernier tiers du XIX^e siècle. En effet, après les désastres de 1870, les forestiers français affichèrent une hostilité déclarée envers toute théorie ou technique sylvicole originaire d'outre-Rhin ; or, c'est justement dans les États germaniques que se multipliaient alors les essais visant à introduire « à grande échelle » de nouvelles essences forestières. Dans un premier temps, l'opposition des forestiers d'État allemands à ces dernières fut tenace, le vénérable professeur Hartig la qualifiant même de folie. Il fallut pour en faire triompher le principe qu'un pépiniériste d'origine écossaise installé dans le Holstein, du nom de John Booth, réalisasse une campagne de propagande vigoureuse qui eut la chance d'intéresser le Chancelier Bismarck, [...] dont

¹³ « Aucune entreprise agricole ou industrielle n'offre en effet des bénéfices aussi prodigieux que la culture d'un arbre qui, dans un délai de dix années, atteint les dimensions d'un chêne de cent cinquante ans et produit un bois que ses qualités rendent propre à tous les emplois. » (Bouquet de la Grye, 1873 : 70).

¹⁴ Nous pouvons citer, entre autres, cet article du baron d'Haussez « Sur l'acacia et l'utilité qu'on peut en tirer » : « La propriété qu'a cette essence de subir sans s'altérer l'influence atmosphérique, ne peut manquer de rendre usuel son emploi dans la construction des charpentes des chemins de fer ; sous ce point de vue, on doit en encourager la propagation » (1844 : 435).

¹⁵ « En présence des avantages incontestables qu'offre la culture du pin d'Autriche sur divers points, nous nous sommes demandé pourquoi la culture de ce conifère si utile n'avait pas fait plus de progrès en France, où il est

acclimaté depuis près de trente ans, voire même en Allemagne, sa patrie. Un pareil fait tiendrait-il à la cherté de sa graine et à la difficulté de s'en procurer. Cela a pu être vrai à une certaine époque, mais non aujourd'hui. On peut, en effet, s'en procurer facilement maintenant, à peu près au même prix que celle du pin sylvestre » (Frezard, 1862 : 74).

¹⁶ Tel ce long article d'Edmond Henry, en faveur des chênes rouges d'Amérique : « [Son] bois, tout en étant inférieur à celui de nos chênes, est propre à tous les emplois de celui-ci, qu'il résiste admirablement aux froids les plus rigoureux, qu'il donne abondamment des glands, se ressème tout seul, rejette très bien de souche et qu'en raison, de toutes ses qualités il peut nous rendre de grands services dans le boisement de nos terrains siliceux » (Henry, 1896 : 155).

une des distractions favorites était la surveillance et la direction des plantations forestières de son domaine de *Friedrichsruche* (Vilmorin, 1900 : 42). Il en résulta en 1881 un plan de culture élaboré par l'oberförster Danckelmann, qui développe les essais d'introduction dans le royaume de Prusse, dont ceux réalisés dans la célèbre station de recherches d'Eberswalde, située à une cinquantaine de kilomètres au nord de Berlin et couvrant plus de 80 hectares. Ces expériences, débutées avec des exotiques originaires d'Amérique du Nord puis du Japon se développèrent par la suite dans tout l'empire germanique de sorte que les forestiers français retrouvèrent en 1918 de nombreux peuplements constitués d'essences exotiques dans les forêts alsaciennes et lorraines¹⁷. En 1900, ces essais couvraient 640 hectares, répartis entre 70 essences, chaque essence couvrant une surface minimale de 5 hectares (Hickel, 1903 : 4). À noter qu'un mouvement identique se développa en Autriche, sous l'impulsion de la Station de Recherches forestières de Mariabruun¹⁸.

Cet essor formidable de la recherche forestière allemande fut alors gravement mésestimé en France où, en fait, les moyens financiers alloués à la recherche forestière étaient loin de pouvoir permettre la mise en place d'un tel programme d'études. Ainsi, par exemple, l'inspecteur des Eaux et Forêts Pierre Buffault racontait-il en être réduit à observer le résultat des plantations réalisées dans les parcs et jardins privées des villas de la station balnéaire girondine de Soulac afin de compléter ses fort modestes expérimentations implantées autour de la maison forestière médocaine de Grandmont (Buffault, 1897)... Aussi fit-on appel au génie national français

pour contrebalancer cette *débauche matérielle* :

*Quoi donc ! Allez-vous proposer en France d'imiter ce qui s'est fait en Allemagne, de dépenser des sommes énormes pour introduire à grands frais quantité d'espèces nouvelles dont un tout petit nombre seulement se montrera susceptible de prospérer ? [...] Que non pas ! [...] je pense que, dans notre douce et belle France, nous pouvons obtenir à beaucoup moins de frais des résultats plus lents mais plus sûrs*¹⁹.

Il nous semble que ce rejet de l'exemple allemand, même s'il n'a été que rarement exposé explicitement dans les publications sylvicoles, constitue l'un des principaux facteurs de la méfiance française envers les exotiques.

De plus, l'utilisation de ces derniers venaient se heurter à la ligne « philosophique » autour de laquelle s'était construite la toute nouvelle science forestière française au moment de la création de l'École forestière de Nancy, en 1824. Le premier directeur de cette dernière, Bernard Lorentz, prônait alors comme forme idéale de peuplement forestier la futaie régulière obtenue par la *méthode du réensemencement naturel et des éclaircies* ; celle-ci vise à assurer une production soutenue au cours du temps et un repeuplement « naturel » des futaies, par le biais des propres semis du peuplement adulte. Pour ce faire, la récolte finale met en œuvre plusieurs coupes successives destinées à créer des trouées (en diminuant la densité de tiges) afin de favoriser l'installation de semis du propre peuplement à régénérer²⁰. Le forestier était donc tenu d'accepter la forêt telle qu'elle se présentait, en favorisant les essences les plus intéressantes et, selon le célèbre précepte de Etienne François

¹⁷ « Les introductions d'essences exotiques sont anciennes et se poursuivent : le pin weymouth, le douglas et le chêne rouge ont fait leurs preuves et se trouvent déjà çà et là. » (Alverny, 1925 : 354).

¹⁸ En 1900, 372 places d'expériences étaient consacrées à ces essais d'essences exotiques. Nous ignorons cependant la superficie que cela représentait (Hickel, 1903 : 14).

¹⁹ L'auteur proposait en fait de récolter dans les très nombreux parcs d'agrément français les régénérations naturelles des essences forestières exotiques introduites au cours des siècles. C. G. Aubert, « Reconstitution forestière », *Revue des Eaux et Forêts*, janvier 1923, pp. 1-15 (p. 2).

²⁰ Cf. Georg Ludwig Hartig (1805) ou encore la présentation par Baudrillart de la méthode Hartig dans les *Annales forestières* (1809 : 165-177).

Dralet²¹ repris ensuite par Adolphe Parade, en imitant la Nature tout en hâtant son œuvre²². Comme le soulignait en 1871 Louis Fortier, [la] création de l'École forestière en 1824 fut une mesure excellente [...] Le nombre des agents imbus des saines doctrines de l'école s'accroît de plus en plus, et aujourd'hui, à part quelques dissidents, les membres du corps forestier n'admettent qu'une seule méthode de conservation des forêts, celle de l'ensemencement naturel et des éclaircies (Fortier, 1871 : 125).

Aussi n'est-on pas surpris du peu de place laissée aux essences exotiques dans la « bible » de la foresterie française des années 1830 à 1890, à savoir, le *Cours élémentaire de culture des bois* de Bernard Lorentz, qui se résumait à deux seules essences : le pin du Lord Weymouth, que l'auteur associait cependant aux bois indigènes « [...] parce qu'il y est acclimaté depuis longtemps » (Lorentz, 1855 : 132) et le cèdre du Liban, présent en Europe jusqu'alors dans les parcs et jardins paysagers. Avant une utilisation plus importante de ce dernier, Lorentz recommandait de multiplier les essais en Algérie, nouvellement conquise : [...] la sylviculture sera, par là, mise à même de décider jusqu'à quel point les essais d'acclimatation tentés jusqu'ici méritent d'être continués et étendus. (*Ibid.* : 142)

Près de vingt ans plus tard, ce peu d'intérêt pour les exotiques était encore d'actualité dans le *Manuel de sylviculture* de Gustave Bagnéris, seuls le pin sylvestre et le pin noir d'Autriche ayant grâce aux yeux de l'auteur mais seulement dans les cas où il n'existerait pas [...] d'essences spontanées de quelque importance (1878 : 239). Le jugement de Charles Broilliard, professeur contemporain de Gustave Bagnéris à l'École forestière de

Nancy, était pour sa part encore des plus flous ; à priori, il ne rejetait pas les essences étrangères déjà introduites ayant donné de bons résultats sauf qu'il n'en citait aucune dans son ouvrage... De plus, il déconseillait toute expérimentation nouvelle en avançant « [que,] quoi qu'il en soit, la forêt longévive et perpétuelle sera toujours constituée par les arbres du pays, qui bientôt reprendront naturellement la place des essences étrangères » (Broilliard, 1881 : 272). Quant au *Traité de sylviculture* de Lucien Boppe, publié en 1889, il n'était guère plus favorable aux essences exotiques, celles-ci se résumant à quelques lignes dédiées au robinier faux-acacia.

Au final, il nous faut toutefois souligner que cette opposition « philosophique » n'apparaît jamais dans les ouvrages « phares » de la sylviculture française. Ainsi, nous ne l'avons retrouvé clairement exposée que dans une publication tardive d'un partisan « modéré » des essences exotiques, Antoine Jolyet : « En France, on se montre plus timide, et cela tient en grande partie à notre prédilection - si justifiée d'ailleurs - pour la régénération naturelle des forêts » (Jolyet, 1901 : 9). De même, cette passion très française pour les essences indigènes et leur régénération naturelle limitait singulièrement l'emploi d'exotiques mais aussi d'hybrides ou encore de variétés d'élites obtenues par la sélection génétique, aux seuls peuplements artificiels (par semis ou plantations)²³.

²¹ « Aidez la nature en l'imitant, et elle récompensera promptement vos moindres soins » (Dralet, 1824 : 145).

²² « Imiter la Nature tout en hâtant son œuvre ». Adolphe Parade, cité par Roger Blais (1936 : 7).

²³ « Leurs graines et leurs jeunes plants sont en général d'un prix élevé ; en raison de ce fait, on s'astreint à plus de précautions lorsqu'on les sème ou les plante, ce qui augmente les frais de main d'œuvre. Pour ce double

motif, un jeune sujet d'une espèce étrangère installées sur un sol forestier représente une mise de fonds assez considérable [...] Il est donc permis d'exiger que le bois de cette essence ait une valeur très élevée, - soit parce que sa qualité est tout à fait remarquable (bois de sapin de Douglas, du cyprès de Lawson, etc.), - soit parce qu'il est propre à des usages spéciaux auxquels ne se prêtent pas les bois des essences indigènes dans la région considérée. » (Jolyet, 1916 : 410).

Tableau 1. Essences exotiques traitées dans la presse forestière française (1806-1914).

Essences exotiques	Annales forestières	Annales F&M	Revue des Eaux et forêts
eucalyptus	1809		1865/ 1867 / 1874 / 1878
			1881 / 1882 /1883 / 1898
			1903
robinier faux-acacia	1809 / 1810	1844	1896 / 1898 / 1899 / 1914
platane d'Occident	1809		
chênes d'Amérique	1809		1887 / 1904
sophora du Japon	1811		1874 / 1898
pin Weymouth		1842 / 1846	1872 / 1901 / 1912
pin d'Alep		1843	1865 / 1878
araucaria(s)		1844	1865
cèdre(s)		1844	1869 / 1875 / 1880 / 1897
			1903
pin noir d'Autriche		1846 / 1851 / 1860	1862 / 1884
sapin de douglas		1852	1890 / 1899 / 1900 / 1909
cèdre de l'Himalaya		1852	
sapin de l'Himalaya (<i>Picea morinda</i>)		1852	1904
cyprés à feuilles de thuya		1857	
bambou(s)		1861	1874 /1877 / 1890
pin de Bunge (<i>Pinus albicaulis</i>)			1866
chêne de Banister (<i>Quercus ilicifolia</i>)			1867
pin laricio			1869
pin de Riga			1870 / 1901
pinsapos de Ronda			1872 / 1896
catalpa			1878
sapin d'Ajan (<i>Picea jezoensis</i>)			1884
pin austral (pitch-pine)			1886 / 1896
tulipier de virginie			1893
février d'Amérique			1896
ailanthe			1896
pinus rigida			1898
ginkgo biloba			1899
noyer noir d'Amérique			1899
genévrier de Virginie			1900
conifères hybrides			1902
sapin de Numidie			1904
châtaignier du Japon			1907
pin de Banks			1913
pin mugo			1913
cèdre de Sibérie			1914

En guise de conclusion : la question des essences exotiques, reflet des lacunes de la recherche forestière française

L'apparition de partisans au sein même du corps forestier français s'avéra toute « progressive ». Remontant en fait au tournant du XIX^e siècle, elle se résumait essentiellement à cinq forestiers de renom, à savoir Antoine Jolyet, Ernest Guinier, Robert Hickel, Louis Ferdinand Tessier et Léon Pardé. En 1896, le premier cité décrivait les essais réalisés en Allemagne, et les résultats prometteurs de plusieurs espèces aujourd'hui utilisées couramment en reboisement, le mélèze du Japon et le frêne d'Amérique. Les conditions stationnelles de ces expérimentations, sous le climat rude du nord de l'Allemagne, lui faisaient conseiller l'utilisation de ces deux essences forestières [...] *partout où le chêne peut prospérer* (Jolyet, 1896 : 414).

Toutefois, l'indigence de la recherche forestière française en matière d'essences exotiques forestières était telle que certains forestiers espéraient en l'initiative privée pour faire évoluer les connaissances françaises en la matière... Cette lacune avait été déjà soulignée par Léon Pardé lors du Congrès international de sylviculture réuni à Paris en 1900 ; il y fit adopter une résolution demandant le lancement partout en France d'essais de boisement portant sur les principales essences forestières exotiques, ainsi que la publication en direction de la communauté forestière française de leurs résultats, bons ou mauvais. Ces vœux furent repris dans le même sens par les Congrès internationaux d'agriculture tenus à Rome, en 1903, à Vienne en 1907 et à Gand en 1913. Toutefois, malgré ces bonnes intentions, Léon Pardé reconnu aux lendemains de la Grande Guerre que l'étude des essences exotiques forestières n'avait guère progressé : *Ils ont eu, du moins en France, les suites que comportent généralement tous les vœux émis par les divers congrès : il n'en a été tenu aucun compte. Et la*

plupart des forestiers ont seulement retenu qu'il existait quelques maniaques, à la vérité bien inoffensifs, atteints de la maladie des exotiques (Pardé, 1921 : 134).

Ce dernier était appuyé dans son action par les nombreuses interventions tant nationales qu'internationales de son collègue Robert Hickel, lors du Congrès international forestier de Madrid (1911) ou celui de Paris en 1913, où encore une fois, de vaines résolutions furent adoptées... Cette même année, Louis Ferdinand Tessier décidait de la création d'un arboretum dans le périmètre de sa conservation de Toulouse, sur le domaine de Cardeilhac (Haute-Garonne)⁶². Les objectifs affichés étaient multiples, couplant la recherche de nouvelles essences forestières tant indigènes que domestiques susceptibles de remplacer le chêne tauzin, en grande « souffrance » dans le Sud-Ouest suite à des attaques successives d'oïdium, avec le test de populations de châtaigniers capables de résister à la maladie de l'encre (qui ravageait les peuplements indigènes) mais aussi de nouvelles variétés de noyer et de peuplier.

Notons que ces adeptes des essences exotiques présentaient des caractéristiques communes, à savoir que tous les cinq occupaient des hautes fonctions au sein de l'Administration forestière française et possédaient une reconnaissance nationale mais aussi internationale : Antoine Jolyet était chargé de cours à l'École forestière de Nancy - Léon Pardé dirigea l'École forestière secondaire des Barres, Louis-Ferdinand Tessier, Robert Hickel et Ernest Guinier avaient atteint le grade de conservateur. Ces différents personnages reconnus de la sylviculture française pouvaient donc se permettre de développer des positions quelque peu différentes de la doxa officielle, sans craindre les foudres de leur hiérarchie. En fait, ils ne remettaient pas en cause le dogme de la régénération naturelle, réservant l'utilisation des exotiques aux reboisement artificiels⁶³ ou aux expérimentations :

⁶² Cette localisation, aux confins des Hautes-Pyrénées, du Gers et de la Haute-Garonne, constituait le problème majeur de cet arboretum « public » : « Il ne faudrait pas que, pour cette raison, l'intérêt des expériences fût mis

en doute et que les travaux fussent arrêtés, diminués ou suspendus » (Pardé, 1935 : 314).

⁶³ « Nous n'avons guère à compter que sur la sélection naturelle, et les méthodes de sélection ou d'hybridation

Quant aux essences étrangères, j'estime - et mon opinion va sans doute vous étonner quelque peu, étant admis généralement que je suis gravement atteint de "la manie des exotiques" - qu'elles n'ont pas encore, pour la plupart, fait suffisamment leurs preuves, et qu'elles ne doivent être employées qu'à titre d'essai, en petite quantité et toujours en mélange avec des espèces indigènes ou naturalisées, de réussite plus certaine (Guinier, 1901 : 287).

Leur souhait était de voir l'Administration forestière française adopter enfin un programme « sérieux » d'expérimentation, soit une démarche déjà entreprise trente ans plus tôt par les forestiers allemands : *Pourquoi faut-il que l'Allemagne, relativement si peu favorisée par le climat, nous ait précédée dans cette voie ?* (Jolyet, 1916 : p. 409).

Quant aux adversaires déclarés des essences exotiques, il s'agissait pour la plupart des forestiers « orthodoxes », peu sensibilisés aux progrès de la science forestière internationale. Ainsi, par exemple, le célèbre professeur d'économie forestière Gustave Huffel ne croyait pas à l'importance de la sélection pour la production forestière⁶⁴; il se retranchait en cela derrière l'avis du professeur suisse Arnold Engler qui préconisait la régénération naturelle comme mode principal de sélection⁶⁵.

Toutefois, la peur d'un manque de bois et l'augmentation importante de son prix aux lendemains de la Première Guerre mondiale, les importations massives de bois exotiques

ne trouvent leur application que lorsqu'il s'agit de boisements artificiels, boisements de terrains nus ou plantations destinées à parfaire la régénération naturelle » (Hickel, 1922 : 360).

⁶⁴ « M. Huffel admet bien l'hérédité des caractères de races, mais avec cette réserve "que le type ancestral va en s'effaçant assez rapidement avec l'âge" [...] Je réfuterai plus loin ces assertions, qui amènent l'auteur à conclure que "c'est tout à fait à tort que l'on a voulu assimiler l'importance du choix du grain en Foresterie à celle de l'Agriculture." Je ne saurais m'élever assez contre cette conclusion, que j'estime peu fondée et d'autant plus imprudent que si, en Agriculture, une erreur commise sur la question des provenances des semences ne peut se répercuter que sur la production de quelques années, en sylviculture une semblable erreur peut peser lourdement

durant cette dernière mais aussi la nécessité de reconstituer rapidement les vastes superficies forestières récemment dévastées (Puyo, 2004) lancèrent durablement les reboisements en résineux mais aussi en feuillus exotiques, peupliers, chêne rouge d'Amérique, robinier faux-acacia, noyer noir d'Amérique, etc. En parallèle, ce nouvel intérêt pour les essences exotiques accompagna un renouveau de l'enseignement forestier, appelé de ses vœux par Léon Pardé :

Chaque jour, les Agents forestiers de l'Etat sont questionnés sur les qualités et emplois de telle ou telle essence exotique, sur la distribution et l'importance de cette essence [...] Très, trop souvent, le forestier, insuffisamment documenté, ne peut répondre ou répond très incomplètement, ce qui étonne et peut faire douter de son instruction et de sa compétence professionnelles [...] Jusqu'à ce jour, on s'est contenté de se moquer des quelques forestiers qui s'occupaient des essences et des bois exotiques. Manie, disait-on, inoffensive heureusement. La guerre aura peut-être démontré aux plus sceptiques que cette question des bois étrangers présente un grand intérêt (Pardé, 1917 : 46).

La question des exotiques aura donc engagé la sylviculture française et sa recherche forestière vers des domaines scientifiques qu'elle dominait encore mal et dans lesquels elle présentait un retard conséquent sur ses collègues européens, caractéristiques que nous avons jadis souvent retrouvées dans de nombreux domaines d'étude pour tout le XIX^e siècle et la première moitié du siècle suivant⁶⁶.

sur la production d'un demi-siècle, voir même d'un siècle » (Hickel, 1914 : 52).

⁶⁵ « De tous les essais pratiqués avec des graines de provenances diverses, il se dégage cette règle qu'on ne doit employer, pour les boisements à effectuer en essences indigènes ou acclimatés, que des semences récoltées dans la région même où elles devront être utilisées [...] En réfléchissant à ces faits, on se trouve irrésistiblement entraîné à la conviction que la régénération par la voie naturelle est la meilleure méthode de rajeunissement des forêts, aussi bien au point de vue de la sélection que des autres. » Arnold Engler, cité par Gustave Huffel (1905 : 741).

⁶⁶ Cf. Jean-Yves Puyo, *Aménagement forestier et enjeux scientifiques en France, de 1820 à 1940*, Université de Pau et des Pays de l'Adour, janvier 1996, 601 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Académie française, 1798 - *Dictionnaire de l'Académie française*. Paris, J. J. Smits, tome 1, 768 p.
- Adanson M., 1759 - Description d'une nouvelle espèce de vertes qui ronge les bois et les vaisseaux, observée au Sénégal. In *Histoire de l'Académie des Sciences* : 249-278.
- (d') Alverny A., 1925 - Les forêts d'Alsace depuis 50 ans. *Revue des Eaux et Forêts*, 9 : 347-363.
- Bagnéris G., 1878 - *Manuel de sylviculture*. Paris, Berger-Levrault, deuxième édition, 325 p.
- Baudrillart J. J., 1809 - Exploitation des futaies par coupes successives. *Annales forestières* : 165-177.
- Baudrillart J. J., 1809 - Présentation de l'ouvrage d'André Michaux, *Histoire des chênes de l'Amérique septentrionale*. *Annales forestières*, 1 : 38-45.
- Baudrillart J. J., 1814 - Des climats et expositions. *Annales forestières*, 4 : 119-127.
- Baudrillart J. J., 1823 - *Dictionnaire général raisonné et historique des Eaux et Forêts*. Paris, Imprimerie de Madame Huzard, tome 1, 816 p.
- Beaurepaire P.-Y., 2019 - *Les Lumières et le Monde : voyager, explorer, collectionner*. Paris, Belin, 324 p.
- Blais H., 2019 - Pépinières coloniales : de la valeur des plantes des jardins botaniques au XIX^e siècle. *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, 66-3 : 81-102.
- Blais R., 1936 - *Une grande querelle forestière, la conversion*. Paris, Presses Universitaires de France, 89 p.
- Boitard P., 1829 - *Manuel de physiologie végétale, de physique, de chimie et de minéralogie, appliquées à la culture*. Paris, Roret, 359 p.
- Bonneuil Chr., Kleiche M., 1993 - *Du jardin d'essai à la station expérimentale, 1880-1930. Éléments pour une histoire du CIRAD*. Montpellier, CIRAD, 107 p.
- Bouquet de la Grye A., 1873 - Note sur l'eucalyptus. *Revue des Eaux et Forêts*, 1 : 69-70.
- Brassart L., Pépy É.-A., 2022 - L'acclimatation des arbres nord-américains en France (v. 1730 - v. 1815) : des enjeux scientifiques aux politiques de développement du territoire. *Dix-Huitième siècle*, 54 : 349-476.
- Bret P., Donato M. P., Osborne M. A., Regourd Fr., Spary E. C., 2019 - Science et empire. *Annales historiques de la Révolution française*, 396 : 121-146.
- Broilliard Ch., 1881 - *Le traitement des bois en France, à l'usage des particuliers*. Paris, Berger-Levrault, 470 p.
- Buffault Pierre, « Acclimatation de divers végétaux dans les dunes du Médoc », *Revue des Eaux et Forêt*, 1897, pp. 65-76.
- Bungener P., Ratcliff M. J., 1997 - L'Histoire abrégée des poissons du Lac Léman de Louis Jurine entre pratiques populaires et culture scientifique. In *Louis Jurine (1751-1819) Chirurgien et naturaliste*, R. Sigrist, V. Barras et M. J. Ratcliff (dir.), Genève, Droz, 237-252.
- (Comte de) Buffon G.-L. L., 1778 - *Histoire naturelle des oiseaux*. Paris, Imprimerie Royale, tome 4, 618 p.
- (Comte de) Buffon G.-L. L., 1780 - *Les époques de la Nature*. Paris, imprimerie royale, tome 2, 264 p.
- Delamare L.-G., 1827 - *Historique de la création d'une richesse millionnaire par la culture des pins ou application du traité-pratique de cette culture*. Paris, chez Madame Huzard, 308 p.
- Dralet E. Fr. 1824 - *Traité du hêtre et de son aménagement comparé à celui du chêne et des arbres résineux*. Toulouse, Imprimerie Douladoure, 156 p.
- Durand R., 1984 - *L'arboretum national des Barres*. Chatillon-Coligny, 69 p.
- Féraud J.-Fr., 1787 - *Dictionnaire critique de la langue française*. Marseille, Chez Jean Mossy, tome 1, 840 p.

- Fornasorio J., West-Sooby J., 2016 - Voyages et déplacements des savoirs. Les expéditions de Nicolas Baudin entre Révolution et Empire. *Annales historiques de la Révolution française*, 385 : 23-46.
- Fortier L., 1871 - Étude sur l'administration forestière. *Revue des Eaux et Forêts*, 10 : 122-130.
- Frezard A., 1862 - Le pin d'Autriche. *Revue des Eaux et Forêts*, 3 : 70-74.
- Gubler A., 1862 - *Préface d'une réforme des espèces fondée sur le principe de la variabilité restreinte des types organiques en rapport avec leur faculté d'adaptation aux milieux*. Paris, L. Martinet, 48 p.
- Guinier E., 1901 - Essences exotiques. *Revue des Eaux et Forêts*, 12 : 273-287.
- Hartig G. L., 1805 - *Instruction sur la culture du bois à l'usage des particuliers*. Traduction par J.J. Baudrillard, Paris, imprimerie de C. F. Patris, 173 p.
- (d') Haussez baron, 1844 - Sur l'acacia et l'utilité qu'on peut en tirer. *Annales forestières et métallurgiques*, 433-435.
- Henry E., 1896 - Le chêne rouge en France. *Revue des Eaux et forêts*, 145-155.
- Hickel R., 1903 - *Essais d'introduction d'essences exotiques dans les forêts de Prusse et d'Autriche*. Nancy, Berger-Levrault, 80 p.
- Hickel R., 1914 - Les races du pin sylvestre. *Revue des Eaux et Forêts*, 1 : 49-56.
- Hickel R., 1922 - Du choix des semences en sylviculture. *Revue des Eaux et Forêts*, 11 : 356-369.
- Huffel G., 1905 - Les travaux de la Station de recherches forestières suisse. *Revue des Eaux et Forêts*, 12 : 737-742.
- Jolyet A., 1896 - Essais d'acclimatation en Allemagne. *Revue des Eaux et Forêts*, 10 : 412-414.
- Jolyet A., 1901 - *Introduction dans les cultures forestières d'espèces étrangères à la région. Extrait du Compte rendu du congrès des sociétés savantes de 1901*. Paris, Imprimerie nationale, 11 p.
- Jolyet A., 1916 - *Traité pratique de sylviculture*. Paris, librairie J. B. Baillière et fils, 724 p.
- Laissus Y., 1981 - Les voyageurs naturalistes du Jardin du roi et du Muséum d'histoire naturelle : essai de portrait-robot. *Revue d'histoire des sciences*, 3-4 : 259-317.
- Laribi Gh., Hadjadi S., 2014 - Le jardin d'essai du Hamma : histoire d'un jardin colonial. In *Histoire de l'Algérie à la période coloniale*, Abderrahmane Bouchène et al. (dir.), Paris, La Découverte, coll. « Poche / Essais », 120-123.
- Leclerc O., 1827 - préface de l'ouvrage d'André Thoüin, *Cours de culture et de naturalisation des végétaux*. Paris, Huzard, tome 1, 523 p.
- Lorentz B., 1855 - *Cours élémentaire de culture des bois*. Nancy, troisième édition, Imprimerie Grimblot et veuve Raybois, 653 p.
- Michaux Fr. A., 1808 - Extraits du *Mémoire sur la naturalisation des arbres forestiers de l'Amérique septentrionale*. *Annales forestières*, 6 : 277-283.
- Pardé L., 1910 - Les arbres dans la région de Bordeaux. *Revue des Eaux et forêts*, 7 : 385-394.
- Pardé L., 1917 - Enseignements forestiers de la guerre. *Revue des Eaux et Forêts*, 2 : 44-46.
- Pardé L., 1921 - Les principales essences exotiques dans l'arboretum national des Barres de 1900 à 1920. *Revue des Eaux et Forêts*, 5 : 134-138.
- Pardé L., 1935 - L'arboretum de Cardeilhac. *Revue des Eaux et Forêts*, 7 : 308-314.
- Puyo J.-Y., 1996 - *Aménagement forestier et enjeux scientifiques en France, de 1820 à 1940*. Thèse doctorale de géographie, Vincent Berdoulay (dir.), Université de Pau et des Pays de l'Adour, 601 p.
- Puyo J.-Y., 1999 - Expérimentation des essences forestières exotiques, en France, de 1820 à 1914. In *Le Jardin : entre science et représentation*, J.-L. Fischer (dir.), Paris, Éditions du CTHS, 239-253.
- Puyo J.-Y., 2000 - La science forestière vue par les géographes français, ou la confrontation de deux sciences diagonales (1870-1914). *Annales de Géographie*, 609-610 : 617-634.
- Puyo J.-Y., 2004 - Les conséquences de la Première Guerre mondiale sur les forêts et les forestiers français. *Revue Forestière Française*, 6 : 573-584.

- Puyo J.-Y., 2005 - La circulation des conceptions forestières entre la France et l'Allemagne au XVIII^e et XIX^e siècles. In *Où en est la géographie historique ?*, Ph. Boulanger et J.-R. Trochet (dir.), Paris, L'Harmattan, coll. *Géographie et Cultures*, 275-290.
- Puyo J.-Y., 2018 - « Paysage urbain et héritage colonial : le cas de l'arrondissement n°1 d'Hô Chi Minh-Ville », in *Paisajes y historia*, Martínez de Pisón E., Ortega Cantero N. (eds.), Madrid, UAM ediciones, 281-306.
- (Abbé) Raynal, 1785 - *Essai sur l'administration de Saint-Domingue*. Éditeur non mentionné, 254 p.
- Regourd Fr., 1999 - Maîtriser la nature : un enjeu colonial. Botanique et agronomie en Guyane et aux Antilles (XVII^e-XVIII^e siècles). *Revue française d'histoire d'outre-mer*, 322-323 : 39-63.
- Regourd Fr., 2008 - Capitale savante, capitale coloniale : sciences et savoirs coloniaux à Paris aux XVII^e et XVIII^e siècles. *Revue d'Histoire moderne et contemporaine*, 55 : 121-151.
- Synowiecki J., 2022 - La serre, le naturaliste et le climat : conservation des plantes et politique de la nature au jardin du roi (1714-1789). *Dix-Huitième siècle*, 54 : 303-314.
- Vassort J., 2020 - *Les jardins de France, une histoire du Moyen Age à nos jours*, Paris, Perrin, 384 p.
- (de) Vilmorin L., 1900 - Essais d'arbres exotiques dans la forêt d'Eberswalde. *Revue des Eaux et Forêts*, 1 : 33-42.
- Viney R., 1958 - Les débuts de la presse forestière périodique. *Revue Forestière Française* 5 : 347-351.
- Volle M., 2022 - Défricher, féconder, acclimater – enjeux idéologiques du discours sur la nature américaine dans les textes viatiques face au sort qui menace la France de stérilité. *Société française d'études du Dix-Huitième Siècle* 54 : 333-347.
- Ysabeau Al., 1854 - Des conifères exotiques au point de vue du reboisement. *Annales forestières et métallurgiques* 9 : 366-369.

TRANSCRIPTIONS DES QUESTIONS-REPONSES

Serge Muller : Merci pour cette présentation et cet enthousiasme aussi, qui nous montrent encore l'importance des aspects historiques. La forêt que nous avons actuellement est le résultat de la sylviculture, des plantations qu'il y a eu au cours des décennies et des siècles passés. C'est tout cet héritage que nous avons actuellement, dont il est important de connaître les tenants et les aboutissants, comment on en est arrivé là. Ça complète aussi les exposés qu'on a eu ce matin sur les archives, qui sont aussi une source de documentation, peut-être parfois plus riches que celles qu'on peut avoir dans les publications forestières.

Jean-Yves Puyo : Il y a des choses. On évoquait le temps passé à la table ronde. Dans la *Revue des Eaux et Forêts*, on retrouve l'épisode du grand froid de 1879-1880 avec 70 000 ha de pins maritimes qui gèlent en Sologne, ou encore la sécheresse en 1911 qui va tuer tous les peuplements de mélèze d'Europe en Suisse, etc. On trouve vraiment aussi d'autres épisodes dans les revues professionnelles de l'époque, et dans les archives aussi bien sûr.

Un membre de la SBF : je voudrais simplement dire qu'en forêt de Fontainebleau il y a un dénommé Larminat qui s'est cassé la tête à greffer des pins Laricio sur des pins sylvestre à partir de 1820 et jusque 1850-1860, et il a donc greffé 140 000 pins à cette époque-là. C'était dans l'espoir de transformer la forêt de pins sylvestre de Fontainebleau en forêt de pins Laricio, qui serait devenue bien plus belle du fait de leur forme et pour leur qualité industrielle possible. Le résultat aujourd'hui c'est qu'il reste 350 pins greffés très beaux, mais finalement Larminat s'est complètement trompé, il n'y a pas eu de renouvellement du pin. Voilà, c'était pour vous dire qu'il existait des contre-exemples aux espèces envahissantes et que dans certains cas on a des échecs flagrants.

Jean-Daniel Bontemps (IGN) : Pour expliquer l'inertie du corps forestier, finalement vous mentionnez deux causes. Il y a la question d'une forme d'idéologie dans des processus de régénération naturelle, et celle du défaut de finances, qui est bien réel à partir de la fin du XIX^e siècle. Pour aller un peu plus loin, que pensez-vous de ces deux facteurs ? Est-ce qu'ils sont indépendants ou est-ce qu'il y a une chance que l'un ait conditionné l'autre ?

Jean-Yves Puyo : Non, ils auraient vraiment voulu avoir plus de moyens financiers, pas spécialement pour expérimenter des exotiques, mais pour lancer des travaux de comparaison sur les provenances françaises, etc. mais il n'y avait vraiment pas de financement. Ils ont vraiment bricolé. Il y avait des choses dans la forêt de la Haye, par exemple, mais vraiment c'était très modeste et ce n'était pas le conditionnement philosophique. Surtout, à partir de 1880, la préférence pour les vieux enseignements de Lorentz et Parade va s'estomper. Au contraire on va avoir sur 20 ans une passion pour les peuplements mélangés, les peuplements irréguliers, la redécouverte de la futaie jardinée qu'on ne saura pas aménager à l'époque, la norme de 1883 étant déficiente. Donc non, on peut dire qu'il y a eu une volonté de quelques enseignants de l'école de Nancy de lancer l'expérimentation, ils le demandent, ils l'expriment dans la presse, ils demandent des moyens financiers, mais on ne leur en donne pas.

Anonyme (forestier)

Je voudrais vous rassurer, je suis forestier, on ne veut pas mettre des exotiques partout en forêt. Aujourd'hui, les forestiers privilégient la régénération naturelle quand ils le peuvent, quand le climat le permet, que l'espèce est en station. Là où ça se complique, c'est quand l'espèce n'est plus dans des bonnes conditions pour pousser et donc là on regarde la plantation, qui peut être en mélange avec la régénération naturelle, pour permettre de jouer le double impact, génétique avec la régénération naturelle si ça marche et nouvelles espèces pour pas mettre tous ses œufs dans le même panier. On a parlé tout à l'heure de migration assistée, qui est une solution intéressante également et en quatrième et dernier point, il y a les exotiques, mais les exotiques, comme on vous a dit, on est là pour les tester : aujourd'hui on n'est pas là pour les mettre partout.

L'arbre (et la forêt) comme écosystème : les alliés microscopiques des arbres natifs et exotiques

par Marc-André SELOSSE
Muséum national d'Histoire Naturelle

RESUME. Un arbre est façonné par la compétition et repose avant tout sur un écosystème microscopique : champignons mycorrhiziens, agents d'élagage naturel, acariens protecteurs... Tous, en échange d'un abri ou de produits de la photosynthèse, l'aident à se nourrir ou à se protéger des agressions biologiques ou abiotiques. Il devient, à son tour, lui-même support de biodiversité animale et épiphytique.

MOTS-CLES. Acariens, élagage, épiphytes, compétition, mycorrhizes.

ABSTRACT. A tree is shaped by competition and relies above all on a microscopic ecosystem: mycorrhizal fungi, natural pruning agents, protective mites... All, in exchange for shelter or products of photosynthesis, help the trees to feed or to protect themselves from biological or abiotic attacks. Trees, in turn, become a support for animal and epiphytic biodiversity.

KEY-WORDS. Competition, épiphytes, mites, mycorrhizae, pruning.

Il en va de l'arbre comme de tous les êtres vivants : aucun n'est indépendant, mais tous sont construits par des relations multiples, bénéfiques ou nuisibles, avec d'autres organismes qui les entourent et les façonnent... L'arbre illustre cette règle.

Il est d'abord sculpté par la compétition avec ses voisins : le tronc qui le caractérise au prime abord est sa façon de lutter pour gagner la lumière. L'arbre qui porte ses feuilles le plus haut gagne cette compétition, et chaque année, même si le phénomène devient plus lent avec l'âge, le tronc s'épaissit un peu, gagne en robustesse, tandis que la cime est portée plus en hauteur. Mais construire un tronc coûte des ressources et, comme on ne peut tout faire à la fois, l'arbre se reproduit moins. L'arabette des dames, une petite plante de 10 grammes, produit plus de 1 000 graines par an. À poids équivalent, cela correspondrait pour un chêne à 1 000 millions de graines par an ! Mais celui-ci, occupé à épaissir son tronc, ne produit "que" 5 000 à 10 000 glands, seulement les bonnes

années et après 30 premières années stériles, consacrées à... construire son tronc. La compétition vers la lumière, interaction de voisinage, est donc coûteuse !

De nombreux arbres forestiers qui vivent des dizaines ou des centaines d'années ne produisent d'ailleurs pas des graines tous les ans : ils n'en ont pas la nécessité et cela présente l'avantage d'éviter des interactions indésirables. Souvent, les arbres d'une espèce donnée forment leurs graines la même année : il y a par exemple des années avec beaucoup de glands, d'autres sans. Les parasites des graines et des jeunes plantules, insectes ou champignons, meurent faute de pouvoir se nourrir durant les années sans graines. Leur abondance et leurs dégâts seront donc moins importants lorsque les arbres, finalement, porteront descendance !

Revenons un instant au tronc, lisse jusqu'à une belle hauteur. Où sont passées ses branches basses des jeunes années ? Si l'on y songe, cela est en effet inattendu : plus jeune et moins

élevé, l'arbre avait des branches proches du sol... C'est qu'à l'ombre de la forêt, ses branches basses meurent faute de lumière, puis disparaissent. Ce processus, qu'on appelle élagage naturel, est vital : une branche morte ou affaiblie mettrait en communication l'extérieur et le cœur du tronc et serait un point d'entrée de parasites dévorant le bois. Cet élagage naturel est en fait... réalisé par des champignons spécialisés qui dévorent les branches affaiblies ou les branches déjà mortes d'elles-mêmes... Ces agents d'élagage ne s'introduisent pas dans le tronc mais ils protègent l'arbre : le point d'insertion de la branche dévorée cicatrise bientôt, formant un tronc et une écorce continus. Le bois qui se formera les années suivantes sera plus homogène et donc plus résistant au vent ; il protégera le cœur du tronc des parasites. Le tronc est donc une sculpture de champignons qui le protègent, sculpture familière dont nous méconnaissons les artistes minimes.

Des champignons vitaux peuplent aussi les petites racines des arbres : à la loupe, elles sont habitées de filaments de champignons... alors qu'elles sont parfaitement saines ! Le délicat tissage de ces champignons et des cellules des racines, chimère improbable de deux organismes très différents, s'appelle la mycorhize. Elle est vitale aux deux partenaires. Les champignons reçoivent des sucres de l'arbre et mourraient sans celui-ci : ce sont ces espèces de champignons qu'on ne trouve qu'en forêt ou sous les arbres, dont les amanites, cèpes, girolles et autres pieds de mouton, mais aussi les truffes.

Pour l'arbre, cette alliance est vitale aussi : les champignons collectent pour lui les ressources minérales et l'eau dans les sols. L'exploitation du sol, que l'on impute souvent aux racines elles-mêmes, est en fait nécessairement accompagnée de champignons, sans qui l'arbre est très peu efficace. Les filaments des champignons entourant la mycorhize évitent l'attaque de pathogènes venus du sol ; ils protègent la racine de stress, comme le dessèchement en été, et des molécules toxiques du sol. Par exemple, ils retiennent l'excès de calcium dans le sol : des espèces qui grandissent sur sol calcaire,

comme les eucalyptus ou les pins, sont incapables d'y pousser si on les prive expérimentalement de mycorhizes en stérilisant le sol ! La gestion du sol a donc été sous-traitée depuis bien longtemps par les arbres à des champignons...

Gagnant de la compétition vers la lumière, les arbres deviennent bientôt un support pour des plantes moins vaillantes qui utilisent le tronc pour se hisser vers la lumière. Dans les régions tropicales, ce sont ces petites plantes qui couvrent troncs et branches : plus des deux-tiers des espèces d'orchidées vivent par exemple de cette façon perchée, qu'on appelle l'épiphytisme. Les épiphytes sont moins exubérantes dans les régions tempérées : ce sont les mousses qui survivent sur les troncs et quelques lianes comme le lierre ou la vigne sauvage qui grimpent sur les troncs. On les croie souvent parasites mais... les épiphytes sont le plus souvent sans grande nuisance. Si le lierre prolifère sur les arbres morts, ce n'est pas qu'il les a tués : simplement, il reçoit plus de lumière après la mort de son support. De son vivant, il enrichit le sol autour de l'arbre de ses feuilles mortes, qui sont riches en azote. L'arbre est donc un support de vie : s'y nichent aussi oiseaux, écureuils, insectes, acariens... Dans nos forêts, certains acariens sont attirés par des petites touffes de poils situées sous la feuille, et bien visibles à la loupe, par exemple sur les tilleuls. Ils s'y protègent de leurs agresseurs et quand ils sortent de là pour aller manger sur la feuille, ils y dévorent des champignons parasites ou d'autres acariens venus quant à eux... attaquer la feuille. Sous les tropiques, certains arbres présentent une protection semblable, aidée de fourmis qu'ils nourrissent de nectar et qui, en retour, les débarrassent de visiteurs indésirables : gare à qui s'appuie dessus, c'est pluie de fourmis urticantes garantie. Ainsi, certains des habitants de l'arbre sont-ils, plus que des opportunistes, d'actifs antiparasites !

Bien sûr, on aurait pu parler de ces parasites qui affectent les feuilles de l'arbre ou de ces champignons qui dévorent le cœur de son tronc : mais on ne meurt qu'une fois, tandis que l'on vit tous les jours de sa vie. Et ces jours de l'existence de l'arbre sont faits

d'interactions, parfois invisibles mais qui structurent son alimentation, son développement et sa santé. L'arbre est construit d'interactions, pas toujours négatives : en une leçon discrète, l'arbre nous avoue que même grand ou superbe, on a

toujours besoin de plus petit que soi. Et qu'on ne construit sa vie qu'en interaction avec d'autres espèces... Méditons ce message arboricole...

TRANSCRIPTIONS DES QUESTIONS-REponses

Erwin Ulrich (ONF) : Nous, à l'ONF, nous prenons le pari aujourd'hui de mélanger davantage les espèces, c'est-à-dire de mélanger les autochtones, avec, quand c'est nécessaire, aussi des allochtones. Est-ce que, en les mélangeant, on dilue en quelque sorte le problème, par exemple, la décomposition de la litière, une meilleure association avec des champignons mycorhiziens, etc. voire peut-être aussi pour tout ce qui est élagage naturel. A priori l'élagage nous poserait mécaniquement un problème mais moindre que le fait de ne plus avoir de forêt. Donc là il y a aussi des choix à faire, qui sont aussi économiques, voire écologiques, voire simplement celui de l'existence de la forêt elle-même en tant que surface protectrice de l'espace naturel. Il y a différentes questions qui peuvent se poser quand on décide d'introduire une espèce qui n'est pas native, mais en mélangeant avec des espèces indigènes est-ce qu'on dilue le risque ?

Marc-André Selosse : Il faut voir ces cortèges comme fait de choses qui sont un peu spécialisées ou un peu préférantes voire généralistes. Donc quand vous mélangez, plus vous mélangez et plus vous avez de chances effectivement que dans tout ce que portent les espèces autour, il y ait un d'autant plus grand nombre de partenaires qui pourront servir à l'espèce introduite. Donc mon propos ne sera pas contre le mélange, il est de dire que plus l'espèce que vous introduisez est proche géographiquement, plus la probabilité que son écosystème suive est forte. En fait, l'idée est surtout de faire en sorte d'hériter de ce que l'espèce porte avec elle et c'est pour ça que la migration assistée est plus porteuse d'espoir, sachant que de toute façon une migration assistée bien faite va essayer d'hériter aussi de tout ce qui est local. On pense beaucoup dans la migration assistée à la génération F1 qui va porter l'adaptation locale et l'adaptation au climat de ce qu'on a introduit, on peut aussi, si le système source n'est pas lointain, penser que la F1 bénéficiera à la fois de quelques partenaires persistants de ce qui était les partenaires locaux et de quelques partenaires importés, puisque importables vu qu'ils ne vivent pas loin.

Brigitte Musch (ONF) : Pour rebondir sur l'intérêt de la migration assistée, on travaille essentiellement, nous forestiers, avec des graines, notamment pour éviter d'introduire des pathogènes avec le sol et du coup, par rapport à la fonge, ça va se passer comment ?

Marc-André Selosse : Les graines sont aussi porteuses de symbiotes. Donc c'est une façon d'introduire les bons en n'introduisant pas les méchants. Je ne dis pas qu'il ne faut pas stériliser les graines, ça me paraît quand même moins pire que d'espérer avoir quelques gentils en introduisant n'importe quoi. Je n'ai pas de données scientifiques, mais la pratique que vous proposez me paraît la plus logique. Mais encore une fois, je pense qu'il faut vraiment « hériter » des microbes adaptés au climat qu'on attend, c'est-à-dire les introduire aussi. Je le répète, la chance est que les microbes se disséminent très vite et bien mieux que les graines. Du coup, si vous n'êtes pas loin du peuplement-source, vous les aurez. Quand je parle de microbes, je pourrais parler aussi des acariens parce que les vitesses de dispersion des acariens sont assez impressionnantes aussi.

Elisabeth Dodinet (SBF) : Un peu moins pour la fonge ?

Marc-André Selosse : Non, ça fini par venir aussi sur des distances européennes, par exemple, ce n'est pas limitant. J'ai étudié la génétique de populations de champignons corréziens comme *Laccaria amethystina*, ils n'ont pas de structure populationnelle de la Finlande jusqu'au sud de l'Espagne. Alors même que pour les autres protagonistes, vous avez vu ce matin avec les pins, ça ne se passe pas comme ça. Et c'est comme ainsi pour beaucoup d'autres espèces de champignons ; il n'y a que pour les champignons mycorrhiziens hypogés qu'on trouve des structurations spatiales très fortes.

Myriam Le Gay (AgroParisTech) : Nous, forestiers, qui sommes les héritiers de cette école de foresterie qui veut imiter la nature et hâter son œuvre, on est bien sensible à toutes ces interactions, et on cherche avant tout à introduire des espèces proches, et je pense que c'est quand même important que tous, collectivement, on ait cette capacité de discrimination entre des introductions proches et des introductions lointaines.

Marc-André Selosse : Sachant que de toute façon, on n'a pas la garantie qu'on ne fera pas de bêtises. Mais vous savez, on part de loin. Je me souviens qu'un directeur de département de ce qui était à l'époque le CEMAGREF (Centre du Machinisme Agricole des Eaux et Forêts), alors que je tentais de monter un dossier en tant que jeune ingénieur forestier pour avoir mon premier poste et travailler sur les mycorhizes, m'avait dit, en 1991, que ce n'était pas sérieux : *les mycorhizes, mon jeune ami, il faut quand même avoir conscience que c'est un truc inventé par certains scientifiques pour gagner de l'argent*. Donc on part de très loin, ça veut aussi dire qu'on a un retard de connaissances et d'utilisation.

Migration assistée d'essences exotiques du même complexe d'espèces que l'essence en place : Une option pour adapter les peuplements tout en assurant une continuité écologique ?

par **Médéric AUBRY**, Xavier **BARTET** et Brigitte **MUSCH**

Département Recherche, Développement et Innovation de l'Office national des forêts (ONF)

RESUME. Ces dernières années, le changement climatique impacte fortement les forêts. Afin de contrer ses effets, les gestionnaires forestiers mettent en place différentes stratégies dont la migration assistée. Le cas de la région Auvergne-Rhône-Alpes est pris en exemple pour détailler comment cette action qui s'inscrit dans un panel d'options sylvicoles possibles, peut aider à l'adaptation des forêts aux changements climatiques tout en gardant un écosystème forestier fonctionnel, notamment lorsqu'il s'agit d'une essence du même complexe que l'essence en place.

MOTS-CLES. Changement climatique, migration assistée, adaptation des forêts, région Auvergne-Rhône-Alpes

ABSTRACT. In the last few years, climate change has had a major impact on forests. To counter its effects, forest managers are implementing a range of strategies, including assisted migration. The case of the Auvergne-Rhone-Alpes region is used as an example to show how this action, which is part of a range of possible silvicultural options, can help forests adapt to climate change while maintaining a functional forest ecosystem, particularly when it involves a species from the same complex as the existing species.

KEY-WORDS. Climatic change, assisted migration, forest adaptation, Auvergne-Rhone-Alpes region.

INTRODUCTION

La migration assistée se définit comme une stratégie visant à accélérer artificiellement la vitesse de migration des arbres en introduisant des essences potentiellement plus adaptées aux conditions futures. Dans le cadre des évolutions climatiques à venir, cette migration concerne essentiellement, voire exclusivement, des essences plus thermophiles et résistantes à la sécheresse. Selon Williams et Dumroese (2013), elle peut être décomposée en flux de gènes assisté quand une espèce est déplacée dans son aire de répartition et en migration assistée d'espèces lorsque celle-ci est introduite au-delà des limites de son aire de

répartition. Dans les autres cas, on parlera d'introduction.

Cette démarche fait actuellement débat au sein de la communauté scientifique, débat qui a tendance à s'étendre au sein d'une frange de la société avertie. Les positions peuvent se résumer entre deux grandes tendances :

- Ceux qui pensent que cette approche présente des risques de perte de naturalité des écosystèmes, d'hybridation non contrôlée des ressources génétiques avec des possibilités de risques d'invasion ;
- Ceux qui y ont recours et qui estiment que l'apport d'allèles et de diversité génétique constituent un moteur de l'adaptation face aux changements climatiques. Ces

éléments peuvent être transmis aux essences en place par l'hybridation entre espèces d'un même complexe (notion approfondie dans le § 2.4) et présente, pour les tenants de cette option, des avantages bien supérieurs aux risques de perte d'autochtonie des essences forestières.

Néanmoins, il peut y avoir une certaine convergence au cœur de ces débats, preuve en est en Auvergne-Rhône Alpes (AuRA) où la migration assistée a été identifiée comme une piste à explorer, par le groupe de travail piloté par la DRAAF « Forêt et Changements climatiques » qui regroupe forestiers et naturalistes.

Cet article tente d'objectiver comment cette action, qui s'inscrit dans un panel d'options sylvicoles possibles, peut aider à l'adaptation des forêts aux changements climatiques tout en gardant un écosystème forestier fonctionnel, notamment lorsqu'il s'agit d'une essence du même complexe que l'essence en place.

1. Cadre d'actions en forêts publiques d'AuRA sur l'adaptation des forêts aux changements climatiques

1.1. Pourquoi agir pour l'adaptation des forêts aux changements climatiques ?

Ce qui caractérise principalement les changements climatiques actuels, c'est la vitesse d'évolution du climat qui est bien plus élevée que la vitesse de migration naturelle des espèces forestières, comme le montre le graphique en figure 1. La vitesse de migration des essences forestières a bien été étudiée lors des recolonisations post-glaciaires (Petit *et al.* 2001). Ces migrations étaient contraintes par les barrières géographiques naturelles, le climat et les distances de disséminations du pollen et des graines. D'autres obstacles limitent encore cette vitesse dans une Europe fortement anthropisée. Les forêts sont donc des écosystèmes impactés de plein fouet par les bouleversements climatiques actuels et par conséquence, l'équilibre de l'écosystème et la multifonctionnalité forestière sont perturbés par ces changements, avec des dépérissements qui peuvent être massifs pour certaines espèces.

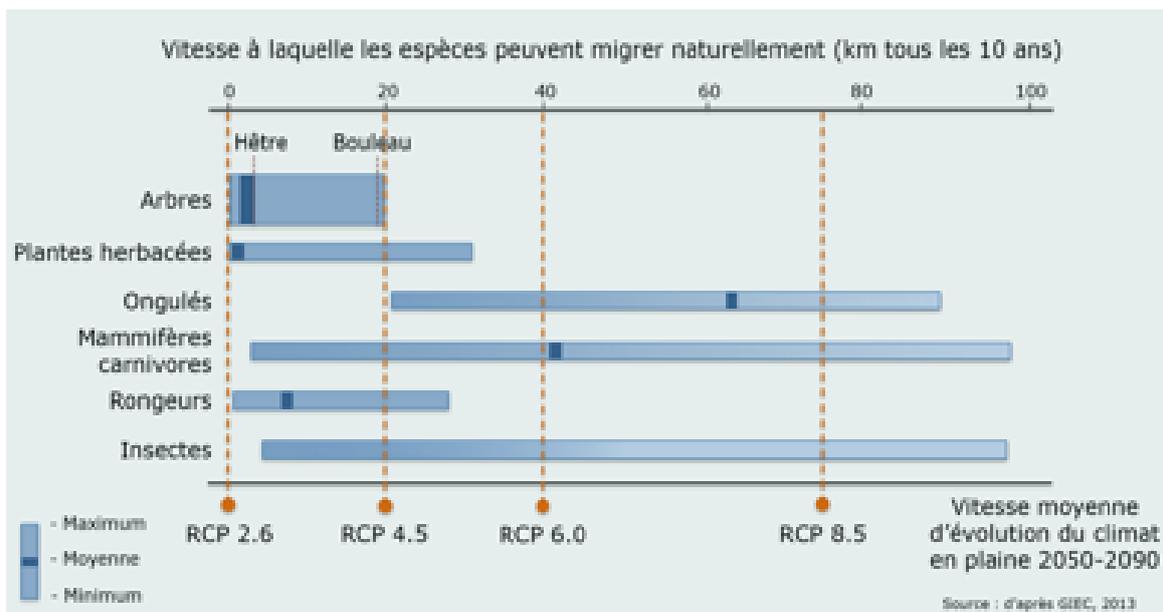


Figure 1. Comparatif des vitesses de migration de différentes espèces et de la vitesse d'évolution du climat d'après Giec 2013.

D'autres mécanismes génétiques peuvent aussi être mis en avant, comme la plasticité des individus au sein du peuplement ou encore leur adaptation au moment du changement de génération. Saleh *et al.* (2022) ont montré que l'environnement pouvait avoir un impact fort et rapide sur le génome. Dans le même sens, les travaux sur l'épigénétisme (Amaral *et al.*, 2020) donnent à penser que des mécanismes vont aussi aider à l'adaptation des espèces aux bouleversements climatiques. Toutefois, la connaissance dans ces domaines reste encore très partielle et difficilement utilisable par les forestiers.

Ce contexte particulièrement compliqué, incite les forestiers à adapter les forêts et les accompagner dans ces changements pour tendre vers des forêts plus résilientes, qui continuent à rendre tous leurs services qu'on attend d'elles.

1.2. Les grands principes qui encadrent les actions d'adaptation

Dans le contexte d'incertitudes créé par ces changements climatiques, diversité et continuité fonctionnelle constituent les deux piliers sur lesquels les forestiers s'appuient pour mener cette démarche d'adaptation.

- Diversité à plusieurs niveaux : dans les approches qui peuvent être réactives (face aux dépérissements), passives (en laissant des peuplements en libre évolution) ou pro-actives (pour s'inscrire dans le temps long du forestier). Diversité également dans les itinéraires sylvicoles, que ce soit dans les traitements réguliers ou irréguliers, dans la dynamique de renouvellements naturelle ou par plantation. Diversité enfin dans la palette des essences que l'on privilégie ;
- Continuité fonctionnelle des écosystèmes en les accompagnant dans leur transition avec l'objectif de maintenir au maximum leur biodiversité.

1.3. Des diagnostics qui guident et précisent les actions

L'éventail d'actions du forestier, pour que celle qui sera retenue soit la plus pertinente, doit s'appuyer sur la connaissance la plus précise possible des conditions de milieu. Cette démarche nécessite des diagnostics approfondis qui s'appuient sur une palette d'outils complémentaires.

Ces diagnostics peuvent s'établir à différentes échelles (région, massif, parcelle) et font intervenir des approches sylvicoles, stationnelles et environnementales qu'il convient de compléter par un diagnostic sylvo-climatique.

1.4. Les pistes d'actions sylvicoles

Ces diagnostics débouchent sur des choix raisonnés, argumentés et affirmés dont la mise en œuvre « sans regret » trouvera sa justification dans la diversité des actions qui seront envisagées à l'échelle d'un territoire.

Ainsi, chaque structure forestière à l'échelle de son périmètre d'action cherche à établir cette palette d'actions sylvicoles possibles, certaines déjà déployées au niveau de la gestion courante et d'autres encore à l'état de démarches expérimentales pour éclairer l'état de nos connaissances.

La Direction Territoriale AuRA de l'ONF a défini, dans ce cadre, un référentiel d'actions découlant de 3 grands axes stratégiques et de grands leviers sylvicoles d'adaptation (figure 2).

La synthèse de la démarche envisagée par les forestiers pour passer du besoin d'adapter les forêts aux changements climatiques, à la mise en œuvre d'actions opérationnelles, peut se résumer au schéma présenté en figure 3.

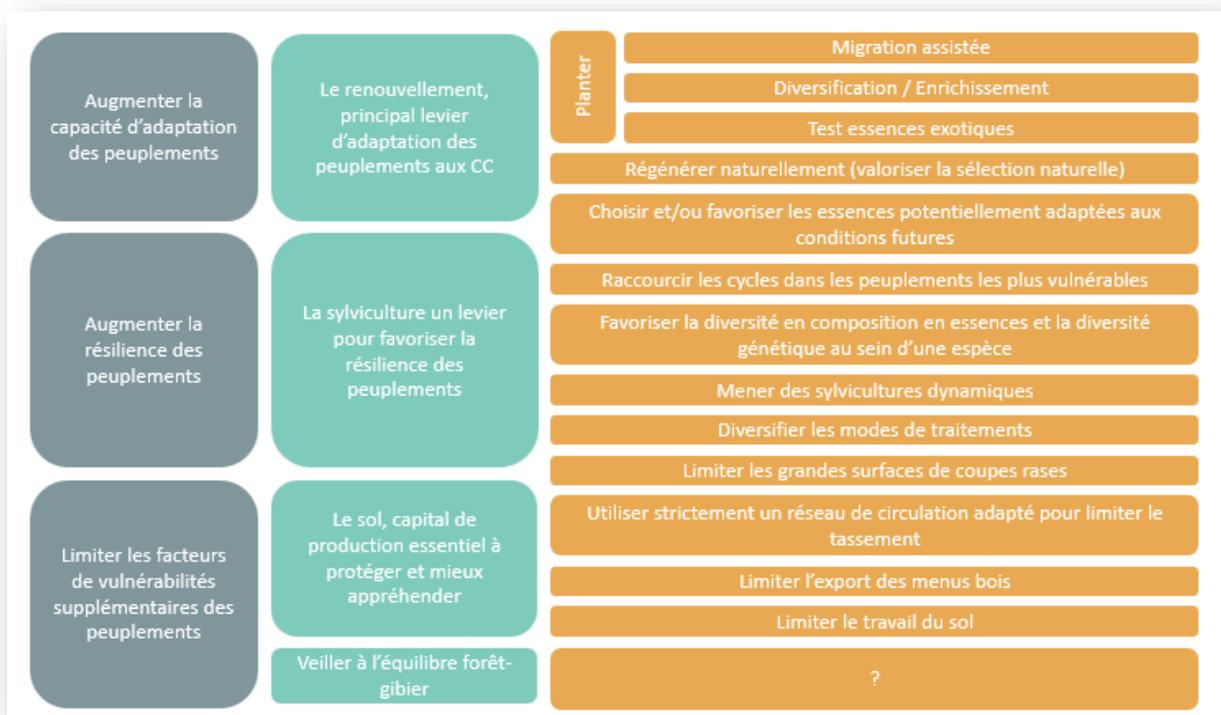


Figure 2. Axes stratégiques et leviers sylvicoles d'adaptation définis en Direction Territoriale AuRA.

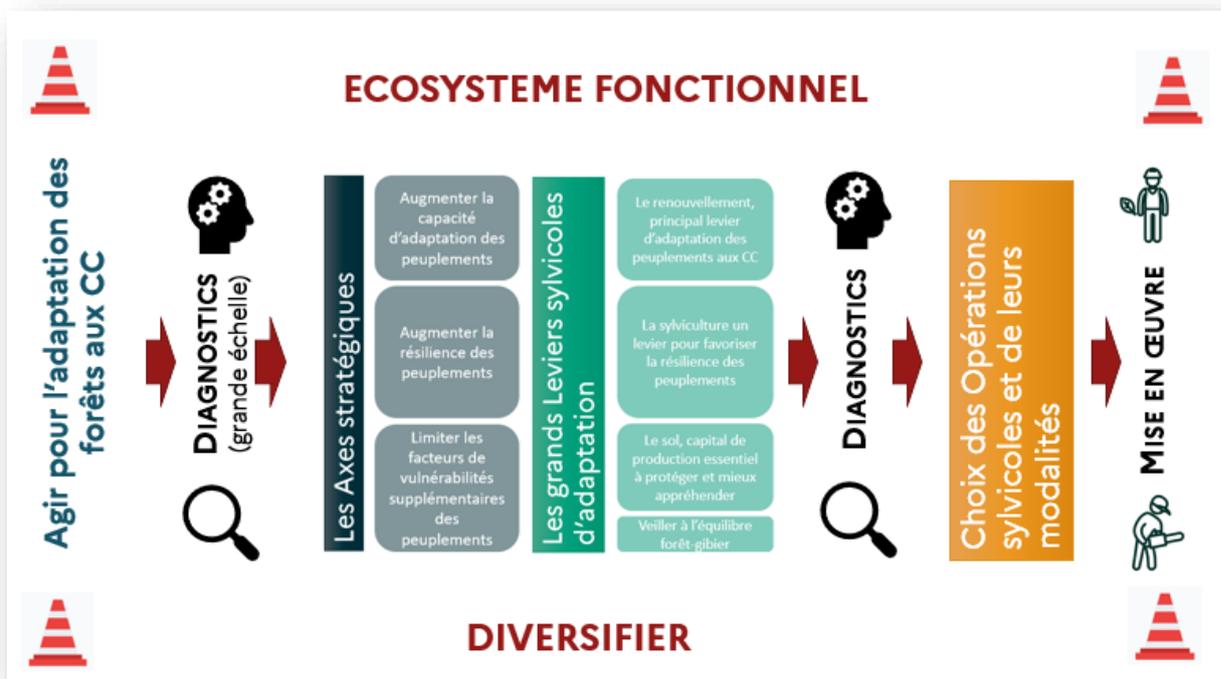


Figure 3. Différentes composantes de la démarche du forestier pour la mise en œuvre des actions d'adaptation.

2. Migration assistée d'essences exotiques du même complexe d'espèces que l'essence en place : une option pour adapter les peuplements tout en assurant une continuité écologique ?

L'impact de l'introduction d'essences, proches phylogénétiquement d'essences en place, sur l'ensemble des fonctionnalités de l'écosystème est une question complexe et qui a fait l'objet de peu d'études transdisciplinaires. Néanmoins, la collecte des premiers résultats de travaux de recherche effectués sur ce sujet laisse penser que c'est une piste intéressante dans la mesure où ces introductions respectent un certain nombre de conditions (Winder *et al.* 2011, Sansilvestri, 2015. Park and Talbot 2012).

2.1. Contexte de la réflexion en AuRA

En région AuRA, les questions sur l'Adaptation des Forêts aux Changements Climatiques (AFCC) sont réfléchies et concertées au sein d'un groupe de travail « Forêt et changement climatique » piloté par la DRAAF. Ce groupe de travail regroupe des forestiers, des représentants de structures de la filière bois et des naturalistes venant d'associations de protection de la nature.

Les réflexions et travaux au sein de ce groupe de travail ont débouché sur la production d'un document « Orientations pour l'adaptation aux changements climatiques des peuplements forestiers vulnérables ou déperissants, en fonction des enjeux présents » co-signé par la DRAAF et la DREAL.

2.2. Cadre réglementaire

Pour la mise en œuvre d'actions d'Adaptation des Forêts aux Changements Climatiques, les partenaires se sont appuyés sur le cadre réglementaire régional existant et qui repose sur les 3 principaux volets suivants :

- Les arrêtés MFR (Matériel Forestier de Reproduction) régionaux qui autorisent l'introduction d'un certain nombre

d'essences exotiques, appartenant aux mêmes complexes d'espèces que les essences autochtones, en essences « objectif » ou « d'accompagnement » ;

- Les fiches conseil d'utilisation des ressources génétiques forestières avec notamment les recommandations en matière de zones de provenances ;
- Les dispositifs expérimentaux de test en gestion (Ilots d'Avenir, Dispositif d'Expérimentation de Diversification en Gestion), dispositions nationales permettant des dérogations, bien ciblées sur des démarches prospectives de R&D.

2.3. Complexe d'espèces d'essences forestières

Afin de bien cerner les enjeux autour de certaines actions qui ont été identifiées, il est nécessaire d'explicitier quelques notions comme celle du complexe d'espèces (J. Pernes *et al.*, 1984).

Les espèces peuvent être définies comme des groupes d'individus qui se reproduisent entre eux, dont les descendants leur ressemblent, et qui ne peuvent pas se croiser avec des individus appartenant à une autre espèce (E. Mayr, 1978). Certaines espèces ont cette particularité de pouvoir échanger des gènes entre elles et d'avoir une descendance fertile (contrairement au monde animal où par exemple le mulet, issu du croisement du cheval et de l'âne, est stérile). On parle alors de complexe d'espèces défini comme un groupe d'espèces morphologiquement distinctes et pouvant occuper des aires de répartition différentes, mais au moins partiellement interfécondes.

Ce concept est étroitement lié à la définition d'une espèce et de nombreuses études montrent que les espèces d'un même complexe proviennent vraisemblablement d'une espèce commune, qui s'est différenciée il y a des dizaines de milliers d'années. L'illustration en figure 4 montre les aires de répartition des différentes espèces de sapins appartenant au même complexe des sapins méditerranéens qui sont disjointes sauf pour le sapin pectiné et de

Céphalonie en Grèce qui forme le sapin du roi Boris.

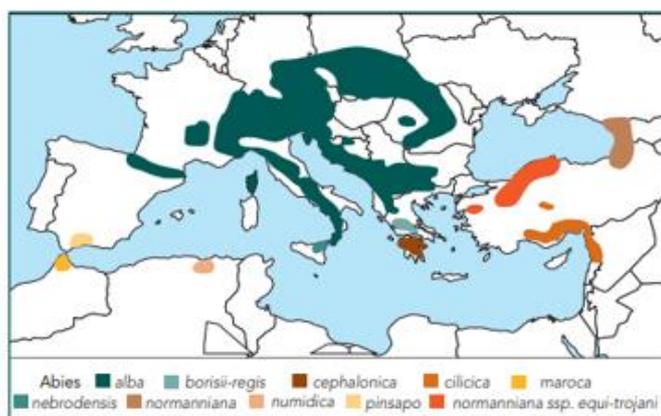


Figure 4. Carte de répartition des différentes espèces de sapin en Europe et sur le pourtour méditerranéen d'après Alizoti *et al.* 2011.

L'hybridation entre individus de ces espèces les amène à échanger des gènes dont l'expression peut donner lieu à des variations morphologiques, comme c'est le cas au niveau des feuilles de chêne comme l'illustre la figure 5 (Lepais *et al.* 2009). Mais il y a de grandes chances que les variations puissent être aussi comportementales et physiologiques ce qui présenterait un intérêt certain dans la recherche d'adaptation des peuplements forestiers aux évolutions des conditions de milieu.

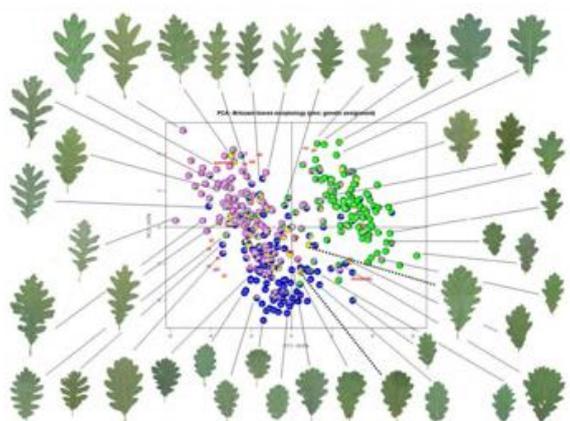


Figure 5. Analyse en composante principale de l'assignation génétique et projection de la morphologie foliaire d'individus. Chaque camembert représente un arbre et les différentes couleurs la proportion de son génome assignée à une espèce (vert : chêne pédonculé, jaune : chêne sessile, bleu : chêne pubescent et violet : chêne tauzin) d'après Lepais *et al.* 2009..

2.4. Migration assistée d'essences forestières

Partant de ces principes, une des actions des orientations régionales en matière d'AFCC, consiste à faire en AuRA de la migration assistée d'espèces forestières thermophiles des régions du sud de la France ou de l'Europe.

Cette stratégie de migration assistée vise à accélérer artificiellement la vitesse de migration des arbres en introduisant des essences potentiellement plus adaptées aux conditions de température et de sécheresse futures.

La particularité du projet réside dans le panel d'essences concernée puisque l'idée est de s'inscrire dans un continuum écologique, en ciblant des espèces appartenant au même complexe d'espèce que les essences locales.

2.5. Migration assistée et hybridation

Cette démarche de migration assistée recherche l'augmentation de la diversité spécifique et génétique par l'hybridation. L'objectif est de tenter d'accélérer les mécanismes évolutifs que sont la migration naturelle mais aussi d'accroître les flux de gènes à la faveur du brassage pollinique entre les espèces du même complexe. Par cet accroissement de diversité génétique, avec des combinaisons génétiques potentiellement plus favorables aux conditions futures, l'hybridation est perçue comme une opportunité d'adaptation que se chargera de valider ou non la sélection naturelle.

Mais pour certains, l'introduction de nouvelles ressources génétiques présente des risques. Ils peuvent être classés au moins en 3 types :

- l'occupation de l'espace : les espèces plantées occupent l'espace qu'auraient pu coloniser des espèces secondaires présentes naturellement localement ;
- les impacts écologiques : une espèce plantée pouvant avoir un comportement envahissant qui peut perturber l'écosystème ;
- l'hybridation entre plants introduits et espèces présentes localement que l'on peut

résumer à une crainte de « pollution génétique » des peuplements locaux.

L'impact effectif de l'hybridation dépend des distances de dispersion, de la « masse reproductrice » ou arbres efficaces d'un point de vue reproductif entre peuplement local et introduit, la concordance phénologique et de la diversité génétique des plants installés. La volonté de réaliser ces plantations en enrichissement ou dans des trouées de faibles surfaces (en 2022, ces plantations ne représentent, en forêts publiques d'AuRA, que 0,062% de surface plantée) répond à ce souci d'éviter un déséquilibre de cette masse reproductrice.

Les risques sont également limités par le respect des recommandations des fiches « Conseils d'utilisation des ressources génétiques forestières », comme le respect d'une distance minimale de 500 m pour toute plantation de sapins méditerranéens dans des peuplements conservatoires de sapins pectinés ou l'utilisation de matériel génétique recommandé (Vergers à Graines si possible) pour les essences réglementées.

2.6. Quels impacts de cette introduction sur les écosystèmes ?

Un des enjeux de la démarche étant de garantir le maximum de diversité et limiter les perturbations au sein des milieux forestiers concernés par ces introductions, il a semblé opportun de rechercher les études qui ont pu être menées sur quelques groupes taxonomiques.

Impacts sur les communautés de champignons

La richesse fongique spécifique dépend beaucoup plus de la composition, de la maturité et de la gestion du peuplement que des essences concernées. D'autre part, il a été constaté que le cortège fongique était assez voisin dans les peuplements d'essences principales d'un même genre, même si le comportement généraliste ou spécialiste des communautés de champignons associés aux essences d'un même complexe d'espèces, a été peu étudié. Il

semble donc que le fait d'introduire des essences d'un même complexe à une incidence beaucoup plus faible que d'introduire une espèce plus éloignée phylogénétiquement (Winder *et al.* 2021).

Impacts sur l'entomofaune

Parmi les risques les plus importants, lorsque l'on introduit une espèce, on présente celui d'introduire des pathogènes (Winder *et al.* 2011, Simler *et al.* 2019). Le risque est beaucoup plus grand quand l'on utilise des plants qu'avec des graines. Bien que l'importation de graines soit soumise à l'obtention de passeports phytosanitaires, le risque zéro n'existe pas. Toutefois, les complexes d'espèces ont co-évolué avec les mêmes pathogènes dans les refuges glaciaires, on peut donc formuler comme hypothèse que l'introduction par migration assistée a de plus faible risque d'introduire des pathogènes qui soient absents actuellement. Par contre, on ne peut pas exclure que la sensibilité soit différente entre les essences d'un même complexe.

Impacts sur l'avifaune

Comme pour les autres ensembles d'espèces, les modifications des caractéristiques de communautés d'oiseaux en fonction de la composition et de la structure des peuplements sont globalement mal connues. Néanmoins, plusieurs études ont montré que la plupart des espèces ne sont pas inféodés à une essence mais plutôt à un genre, voire à un habitat. C'est ce qu'illustre par exemple la carte de la figure 6 qui montre l'étendu de l'aire du bec croisé des sapins qui comprend une grande variété d'espèces de sapins différentes (Delahaye, 2006).

Synthèse

Une grande partie des communautés qui compose les écosystèmes forestiers semblent plutôt sensibles au genre qu'à l'espèce. Cela conforte l'hypothèse que faire migrer des essences du même complexe a des impacts plus faibles que l'introduction d'espèces plus éloignées phylogénétiquement sur les peuplements en place.

Par contre, les itinéraires sylvicoles mis en œuvre lors de migration assistée au sein de complexe d'espèces ont des impacts qui peuvent être importants de la diversité des paysages jusqu'à la diversité génétique. Il est donc nécessaire de bien cadrer les modalités de cette démarche. C'est tout l'enjeu du « cadre d'actions en forêts publiques d'AuRA » présenté en figure 3.



Figure 6. Distribution du bec croisé dans le monde (en vert foncé : lieu de résidence, en vert clair : lieu de résidence et de nidification, en bleu : lieu de présence et en rose : lieu de signalement occasionnel) d'après UICN Red list of threatened species.

3. Exemple de trajectoires crédibles pour des peuplements d'AuRA

L'ONF en AuRA compte décliner cette démarche dans plusieurs contextes.

La démarche qui est suivie est toujours la même. La première étape est d'observer grâce aux réseaux déjà existants comme ceux des placettes de l'IFN, du DSF ou encore de RENECOFOR par exemple en les complétant si nécessaire avec des observatoires territoriaux de la forêt mais aussi avec les réseaux expérimentaux passés comme les arboretums ou placettes d'essences atypiques. La seconde étape est de diagnostiquer, avec différents outils disponibles comme ForEval, ClimEssences, Zoom50, « risques incendies », la vulnérabilité et ainsi évaluer les besoins en futures reconstitutions et adapter les outils d'orientation stratégique. Et enfin agir et adapter avec une panoplie d'outils d'ordre sylvicole englobant les itinéraires ou l'évolution des compositions des peuplements.

Pour mettre en œuvre cette stratégie deux cas ont été identifiés :

- le premier qui a été identifié est celui de la sapinière de l'étage montagnard dans laquelle seront introduits, en diversification, des sapins méditerranéens par migration assistée en complément de la dynamique naturelle feuillue qui colonisent l'étage collinéen ;
- le second contexte est celui des pessières monospécifiques où l'exploitation de trouées, suite aux dépérissements, permettra l'introduction par plantation de sapins pectinés et de sapins méditerranéens en mélange.

Dans le premier cas, l'objectif est de pouvoir profiter d'une dynamique naturelle de mélange composée d'essences plus thermophiles qui migrent naturellement et où l'on introduit par placeaux une vingtaine de plants d'une autre essence. La diversification du peuplement se fait par migration assistée d'essences du même complexe d'espèces.

Dans le second cas, la stratégie est plus opportuniste. Il s'agit d'enrichir des parcelles mono-spécifiques avec des essences présentes dans la même zone biogéographiques ou d'un même complexe d'espèces.

Dans les deux cas, il s'agit d'accompagner des dynamiques locales en favorisant le mélange et la diversification.

CONCLUSION

Les changements climatiques s'annoncent d'une telle ampleur qu'il est indispensable de diversifier les actions pour adapter les forêts à ces évolutions climatiques. La migration assistée intra-complexe constitue une piste pour assurer une continuité de la biodiversité des écosystèmes forestiers qui risquent d'être beaucoup impactés par les changements climatiques que par l'introduction de nouvelles espèces. C'est, en tout cas, le pari de l'ensemble des partenaires du groupe de travail en AURA qui ont positionné collégalement cette démarche au cœur de leurs orientations stratégiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alizoti P.G., Fady B., Prada M.A. & Vendramin G.G., 2011 - *Mediterranean firs (Abies spp).* EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use : 6 p.
- Amaral J., Ribeyre Z., Vigneaud J., Sow M.D., Fichot R., Messier C., Pinto G., Nolet P. & Maury S. 2020- Advances and Promises of Epigenetics for Forest Trees. *Forests* **11(9)** : 976.
- Collectif, 2013 - Cinquième rapport du GIEC.
- Delahaye L., 2006 - *Sélection de l'habitat par les oiseaux forestiers et modélisation de leur distribution potentielle en chênaie et hêtraie ardennaises : impact de la composition et de la structure forestière.* PhD Thesis, Fac. Univ. Sci. Agron., Gembloux, Belgium
- Lepais O., Petit R. J., Guichoux E., Lavabre J. E., Alberto F., Kremer A. & Gerber S., 2009 - Species relative abundance and direction of introgression in oaks. *Molecular Ecology*, **18(10)** : 2228-2242.
- Mayr E., 1978 - Origin and history of some terms in systematic and evolutionary biology. *Systematic Zoology*, **27(1)** : 83-88.
- Park A., & Talbot C., 2012 - Assisted migration: uncertainty, risk and opportunity. *The Forestry Chronicle*, **88(4)** : 412-419.
- Pernès J. Charrier A., Combes D., Guillaumet J. L., Leblanc J. M., Lourd M., Nguyen E (van), Savidan Y. & Second G., 1984 - *Gestion des ressources génétiques des plantes.* Paris, Agence de Coopération culturelle et technique. Tome I : Monographies, XVI-212 p.; Tome II : Manuel. XII-346 p.
- Petit R. J., Bialozyt R., Brewer S., Cheddadi R. & Comps B., 2001 - From spatial patterns of genetic diversity to postglacial migration processes in forest trees. *Special publication-British ecological society*, **14**, 295-318.
- Saleh D., Chen J., Leplé J. C., Leroy T., Truffaut L., Dencausse B., Lalanne C., Labadie K., Lesure I., Bert B., Lagane F., Morneau F., Aury J.M., Plomion C., Lascoux M. & Kremer A., 2022 - Genome-wide evolutionary response of European oaks during the Anthropocene. *Evolution letters*, **6(1)** : 4-20.
- Sansilvestri R., 2015 -. *Evaluation de la capacité adaptative des socio-écosystèmes forestiers français face au changement climatique : le cas de la migration assistée.* Biodiversité et écologie, Université Paris Saclay (COMUE).
- Simler A. B., Williamson M. A., Schwartz M. W., & Rizzo D. M., 2019 - Amplifying plant disease risk through assisted migration. *Conservation Letters*, **12(2)** : e12605.
- Williams M. I., & Dumroese R. K., 2013 - Preparing for climate change: forestry and assisted migration. *Journal of Forestry*, **111(4)**, 287-297.
- Winder R., Nelson E., & Beardmore T., 2011 - Ecological implications for assisted migration in Canadian forests. *The Forestry Chronicle* **87(6)** : 731-744.
- Winder R. S., Kranabetter J. M., & Pedlar J. H., 2021 - *Adaptive management of landscapes for climate change: how soils influence the assisted migration of plants.* In Soils and Landscape Restoration, Academic Press, pp. 275-297.

Documents en ligne

- Arrêté Matériels Forestiers de Reproduction - 21-130 - DRAAF Auvergne-Rhône-Alpes (agriculture.gouv.fr); <https://draff.auvergne-rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/arrete-prefectoral-portant-sur-les-materiels-forestiers-de-reproduction-a1975.html>
- Graines et plants forestiers : conseils d'utilisation des ressources génétiques forestières | Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire ; <https://agriculture.gouv.fr/graines-et-plants-forestiers-cpnsels-dutilisation-des-ressources-genetiques-forestieres>

TRANSCRIPTIONS DES QUESTIONS-REponses

Serge Muller : On voit que la migration assistée n'est pas la seule solution que vous expérimentez, mais qu'elle s'intègre dans un ensemble d'autres possibilités, comme les modes de sylviculture. Est-ce que la sylviculture irrégulière avec des peuplements et des classes d'âges mélangés en fait partie aussi ?

Médéric Aubry : Bien sûr qu'elle en fait partie, comme d'autres modes de sylviculture. C'est le concept de la forêt mosaïque, qui peut s'entendre à toutes les échelles. La sylviculture irrégulière spontanée, quand on parle de dépérissement, ça n'existe pas. Donc il va falloir avoir un panel plus large. Mais quand je parlais de conserver les ingrédients de la résilience, il y avait un peu de ça : quand on a des peuplements de type sapinière, c'est facile. Diversifier les modes de traitement en fait partie.

Anonyme : On a vu les études d'impact sur les oiseaux et sur les invertébrés. Est-ce qu'il y en a qui sont prévus pour les reptiles et les amphibiens, qui sont quand même très dépendant du climat aux niveaux hydrique et thermique, qui ne peuvent pas tellement se déplacer, qui sont souvent étudiés comme sentinelles de la biodiversité. Est-ce que ça a été fait ou est-ce que c'est prévu ?

Erwin Ulrich (ONF) : Juste un élément de réponse : oui, on a prévu dans les îlots d'avenir où il y a des essences peu connues, de les accompagner avec des protocoles de mesure qui incluent aussi les reptiles et amphibiens, les micromammifères, la fonge, la flore, etc.

Caroline Scotti-Saintagne (INRAE) : Cette thématique de l'hybridation et de l'adaptation par migration est vraiment un front de science. Donc là il y a un projet européen, il y a un projet ANR, il y a une thèse qui commence là-dessus, et on n'a pas forcément toutes les réponses. Il y a des maladaptations qui peuvent arriver, en fonction de la quantité de sapins méditerranéens qui va être introduite, les réponses pourraient être différentes. C'est vrai que les 500 mètres au niveau des unités de conservation, c'est bien, mais je dirais dans toutes les zones un peu protégées, dans les Pyrénées, dans certaines parties des Alpes, de faire attention, on n'a pas toutes les réponses encore aujourd'hui.

Médéric Aubry : Je n'ai pas précisé parce que ce n'est pas dans le cadrage réglementaire, mais quand on est dans des zones d'habitats d'intérêt prioritaire ou des zones Natura 2000, il y a toujours des échanges nourris entre les forestiers quand il y a ce genre de possibilités, et là, ça ne se fait jamais de façon proactive, c'est plutôt en réponse à, et en fait je n'ai même pas d'exemple actuellement, ce n'est vraiment pas les zones qu'on privilégie, et encore une fois, ça ne s'inscrit pas comme une action unique.

Bruno Fady (INRAE) : En plus d'être un front de science, il y a quand même un enjeu sur la traçabilité de ce qu'on fait et je pense qu'actuellement on est assez mauvais les uns et les autres pour avoir des données tracées sur le long terme, et ça c'est quand même important. Deuxième chose importante, c'est de récupérer les bonnes semences pour pouvoir faire ça sur le temps long ; c'est des choses qu'on ne sait pas très bien faire non plus, du fait à la fois de la décision politique, du temps politique et des subventions. Donc il y a tout un contexte socio-économique autour de ça qui fait qu'il faut quand même être très prudent avec ces solutions-là et pour conclure, il faut quand même voir que la plantation en forêt française ce n'est pas quelque chose qui est fait sur de très larges surfaces. Il me semble que les forêts de plantation, c'est quelque chose comme 12-13 % de la forêt française et il ne faudrait pas oublier de travailler sur la régénération naturelle qui est quand même une option à ne pas négliger, avec la sylviculture derrière pour augmenter la résilience des forêts en France.

Médéric Aubry : Sur la traçabilité, on est en train de mettre en place (c'est une exigence réglementaire) un outil de suivi des plantations pour maîtriser bien plus qu'on l'a fait par le passé les

origines de ce qui est implanté en forêt. C'est en cours. Sur la régénération naturelle, encore une fois, j'ai montré les exemples, c'est 0,062 % qui a été planté. C'est très loin d'être un rythme de renouvellement d'une forêt. On privilégie, encore plus dans les zones qui ne sont pas identifiées comme les plus vulnérables, la régénération naturelle et la sélection naturelle comme moteurs d'adaptation génétique pour nos peuplements. Même dans le cadre de la migration assistée, c'est le « comment » qui pourrait être important et de l'associer au cortège en place. Sur les graines et les provenances, si je prends encore une fois l'exemple des sapins méditerranéens, il y a des vergers à graines où je suppose qu'on peut avoir la variabilité génétique la plus intéressante pour le sapin de Börmuller et le sapin de Céphalonie, de mémoire, le Sapin de Nordman est prévu uniquement en accompagnement, donc forcément sur moins de 40 % de la surface plantée. Encore une fois, on est dans le cadre réglementaire qui, je l'espère, contient des gardes fous.

Serge Muller : Est-ce que les sites Natura 2000 sont exclus ?

Médéric Aubry : Théoriquement, il n'y a pas de contre-indication, mais en respectant les orientations qui ont été données par la DRAAF et la DREAL, en disant que ce n'est pas la solution numéro un, puisqu'on est censé garantir un habitat, on va d'abord aller piocher dans les autres espèces de l'habitat. C'est juste pour les zones déperissantes et vulnérables, ce n'est vraiment pas là où il y a un investissement le plus proactif pour faire évoluer la composition. Néanmoins ce sont aussi des zones où il va y avoir potentiellement un problème pour le sapin pectiné.

Serge Muller : Ce sont néanmoins des espaces où on peut imaginer d'autres possibilités. Pour information, au niveau du CSRPN Grand Est, on a donné un avis défavorable, sur les expérimentations dans les sites Natura 2000.

Evaluation de l'importance et de la dynamique des espèces ligneuses exotiques et invasives dans les forêts et les habitats forestiers français à partir des statistiques de l'inventaire forestier national

par Jean-Daniel BONTEMPS^{1,*}, Ingrid BONHEME²

¹IGN, ENSG, Laboratoire d'Inventaire Forestier (LIF), 14 rue Girardet, 54000 Nancy

²IGN, Département d'Analyse des Forêts et des haies bocagères (DAFOR), rue Pierre Ramond, 33166 Saint-Médard-en-Jalles

*Correspondance : jdbontemps.ign@gmail.com

RESUME. *Contexte* – Les forêts françaises sont parmi les plus diversifiées d'Europe, et continuent de progresser en surface. Cette diversité ligneuse apparaît comme une résultante de processus écologiques tout autant que d'intentions et de politiques forestières passées.

Démarche – Dans ce contexte, on s'interroge sur cette diversité, et la part prise par les espèces exotiques, a fortiori envahissantes. A partir de l'enquête statistique publique de l'inventaire forestier national, on examine d'abord des statistiques d'importance des espèces ligneuses au niveau métropolitain, au travers de la surface qu'elles dominent à un stade recensable. Pour quelques espèces à forte dynamique et de prévalence suffisamment élevée, on mesure ensuite les tendances temporelles de leur abondance sur la période 2005-2020. On examine enfin l'importance des espèces exotiques au sein des habitats forestiers d'intérêt communautaire.

Résultats – Tandis que les espèces indigènes représentent 92.3 % de la surface de la forêt de production, les espèces exotiques représentent 8.7 % de cette surface. Les espèces présumées exotiques envahissantes sont ainsi prédominantes sur 3.3 % des surfaces forestières françaises. Toutes ces catégories révèlent des courbes d'abondance en J dont les causes interpellent. Les analyses de tendance révèlent des évolutions positives et significatives pour le pin noir d'Autriche (+3000 ha/an), le chêne rouge (+1900 ha/an), le robinier faux-acacia (+1000 ha/an), à un rythme relatif supérieur à celui de la surface des forêts françaises métropolitaines (+0.52%/an). Enfin, si la grande majorité des habitats forestiers sont jugés en bon état de conservation pour ce critère, la majorité comptent des espèces exotiques comme essence principale des couverts pour une part de la surface comprise entre 0 et 5%.

Conclusions – Les espèces exotiques envahissantes n'ayant pas fait l'objet d'intention forestière tiennent une place marginale dans la forêt française (0.04%), interrogeant la réalité de cette menace. Malgré des efforts de boisement historiques, les espèces introduites ne représentent par ailleurs que 8.7 % de la surface forestière, tempérant la capacité anthropique à changer la figure compositionnelle des forêts. Certaines espèces montrent une dynamique annuelle soutenue dont la localisation et l'interprétation seraient à préciser. Les espèces exotiques sont présentes dans une majorité d'habitats d'intérêt communautaire, avec toutefois une abondance significative pour un nombre restreint d'habitats. L'analyse suggère le rôle que l'inventaire forestier national pourrait jouer dans le monitoring de la diversité ligneuse des forêts.

MOTS-CLES. Diversité ligneuse, espèces ligneuses exotiques, espèces ligneuses envahissantes, habitats forestiers, inventaire forestier national.

ABSTRACT. *Context* – French forests are among those most diversified in Europe, with a persisting areal extension. This tree diversity appears to be the outcome of both ecological processes and past forest policy regulations.

Approach – In this context, we explored the tree diversity of French forests, especially the importance of exotic tree species, some of which of an allegedly invasive nature. Using statistics of the French National Forest Inventory survey, we first assessed the importance of the different tree species for inland France, as measured by the area where they are predominant for their countable trees. For some tree species showing a strong areal dynamic and a minimum prevalence, we then estimated the temporal trend of this prevalence over the period 2005-2020. We last scrutinized the importance of exotic tree species in the forest habitats types of the European Union.

Results – Native and exotic tree species were found to cover 92.3% and 8.7% of the area of French production forests, respectively. Alleged invasive tree species prevailed on 3.3% of the area. Both three categories of tree species showed J-distributed abundance curves that questioned their origin. Trend analyses showed positive and significant trends for Austrian black pine (+3000 ha/year), Northern red oak (+1900 ha/year), Black locust (+1000 ha/year), a pace therefore greater than that of the average forest area extension rate (+0.52%/year). While most forest habitats showed a *favourable status* for this criterion, a majority of them also comprised exotic tree species as predominant species, for a fraction of their area comprised between 0 and 5%.

Conclusions – Allegedly invasive exotic tree species whose introduction was moreover not fostered by forest management are found to occupy a marginal rank in the French forests (0.04%), questioning the strength of this threat. Despite substantial historical afforestation efforts, exotic tree species only represent 8.7% of the forest area and minor the anthropic capacity to severely change the tree species composition of forests. Tree species showing a strong annual extension would deserve an in-depth screening of their spatial distribution and analysis of the processes at play. Exotic species are also found in a majority of forest habitats of the European Union, with a significant abundance in a restricted number of habitats. This analysis also demonstrate the ability of the National Forest Inventory survey for the monitoring of tree species diversity in these forests.

KEY-WORDS. Tree diversity, exotic tree species, invasive tree species, forest habitats, national forest inventory.

1. INTRODUCTION

Depuis l'occurrence de la transition forestière en France, dont le minimum forestier est situé dans la première moitié du XIX^e siècle (Mather et al, 1999), la surface des forêts françaises a plus que doublé, pour dépasser aujourd'hui les 17 millions d'hectares. Cette progression a été permise par une extension naturelle de la végétation forestière aux espaces agricoles abandonnés sur un horizon au moins séculaire, tout autant que par un volontarisme politique de boisement forestier, aux intentions environnementales (loi d'assainissement des Landes de Gascogne et de la Sologne de 1841, loi RTM ou restauration des terrains de montagne de 1882) ou économiques (fonds FFN de 1946).

Ce dernier ayant procédé par un large recours à des essences exotiques, la diversité ligneuse des forêts françaises, déjà favorisée par la diversité des conditions édaphiques et des climats du territoire, est allée en s'accroissant (Audinot *et al.*, 2020), et constitue une résultante encore négligée des transitions forestières (Bontemps *et al.*, 2020). Cette diversité est aujourd'hui l'une des plus remarquables d'Europe, comptant par exemple 13 des 14 types forestiers Européens (Barbati *et al.*, 2014), près de 200 essences arborées dont plus d'une centaine entre dans la composition des couverts hauts des forêts (IFN, 2004), 17 essences occupant encore chacune au moins 200 000 hectares (en ordre de grandeur, la surface occupée par le peuplier cultivé) en tant qu'essence principale des

couverts. En conséquence, la moitié des surfaces forestières sont aujourd'hui mélangées (Morneau *et al.*, 2008). Aussi ce modèle éloigne-t-il le territoire forestier des grandes monocultures nordiques sur socle cristallin, où l'épicéa commun et le pin sylvestre occupent l'essentiel de la scène forestière, pour des surfaces comparables (Finlande, Suède).

Si cette diversité ligneuse constitue un atout considérable face aux risques climatiques et sanitaires encourus par les forêts (Charru *et al.* 2017 ; Fady *et al.*, 2015), y compris d'ailleurs un réservoir endogène et prudent dans lequel identifier des populations d'arbres mieux adaptées au changement climatique plutôt que par un recours immédiat à des essences exotiques, les préoccupations d'ordre écologique pour une naturalité accrue des forêts, voire une orientation vers la libre évolution (Schnitzler et Génot, 2022), ainsi que le risque de déstabilisation que pourraient constituer certaines espèces invasives, amènent pour autant à s'interroger sur l'importance et la dynamique que ces espèces ligneuses exotiques, a fortiori invasives, pourraient constituer.

Trois raisons font que ce risque n'a, à priori, rien d'évident. D'une part, au sein de la diversité végétale, les espèces ligneuses procèdent davantage de la stratégie de développement « K » que « r » (K pour capacité d'occupation, ou *carrying capacity*, r pour taux d'accroissement naturel, ou *rate of natural increase* ; McArthur et Wilson, 1967), avec une croissance lente, un âge minimal avant la maturité reproductive, et des cycles de vie d'ordre décennal à séculaire. Au sein des ligneux, un gradient de stratégies existe toutefois depuis les espèces arborées pionnières jusqu'aux dryades. D'autre part, les espèces introduites à des fins sylvicoles font l'objet d'une attention sur la qualité et la résistance de leur bois, corrélée à la densité du tissu ligneux, lequel trait est négativement associé au caractère pionnier et dynamique des espèces (Svenson et Enquist, 2007). L'introduction initiale d'espèces aux fins d'ornement n'obéit cependant pas nécessairement à cette logique. Enfin,

s'agissant de capacité invasive en forêt, objet de ce numéro spécial, ces espèces doivent par définition réussir à s'imposer dans des milieux fermés, où la compétition est établie et présente une dimension asymétrique évidente, et qui ne sont à ce titre pas les plus vulnérables, exception faite des situations forestières marquées par des coupes importantes ou présentant une ouverture naturelle. A l'appui de cette analyse, le référentiel européen sur les espèces exotiques envahissantes (CE, 2019) ne cite que deux espèces ligneuses présentant ce caractère : l'ailante glanduleux, et le genre mimosa. Le livre blanc sur les espèces exotiques (SBF, 2021) leur adjoint 5 espèces : le chêne rouge d'Amérique, le noyer noir d'Amérique, le robinier faux-acacia, le cerisier tardif, et l'érable négundo, dont l'héliophilie ou le caractère pionnier est manifeste pour les 4 premières d'entre elles. Afin de cerner au mieux le succès d'établissement que les espèces exotiques pourraient constituer dans les couverts forestiers français, nous adopterons ici une approche conservatrice, évaluant l'importance des espèces exotiques ayant atteint un statut d'essence principale des couverts forestiers (principe d'exclusion ; Kneitel, 2019).

La notion d'espèce exotique pose encore des questions relatives à sa définition opérationnelle. Au plan spatial, une espèce exotique est définie comme une espèce transplantée volontairement ou non par l'homme, d'un territoire biogéographique vers un autre, la notion de territoire étant définie par des conditions et une histoire climatique donnée, ayant conduit à une trajectoire évolutive résultant en un cortège d'espèces distinct (SBF, 2021). Pour des raisons opérationnelles, les référentiels d'espèces exotiques s'empressent cependant de s'appuyer sur des périmètres administratifs sans relation directe avec cette notion de territoire, qu'ils soient régionaux (MEEM, 2016), nationaux (SBF, 2021), ou Européens (CE, 2019), là où on s'accorde sur l'existence d'un bloc biogéographique tempéré eurasiatique propre, rendant malaisé l'établissement assuré de listes d'espèces exotiques.

Ainsi, l'érable sycomore est-il par exemple considéré comme une espèce exotique (et envahissante) à l'échelle de régions administratives comme l'Auvergne, la Bourgogne ou le Centre, là où il est une espèce indigène courante de la moitié Est de la France (<https://societebotaniquedefrance.fr/2021/10/20/les-listes-dessences-forestieres-eligibles-a-subvention-detat-contiennent-des-especes-exotiques-envahissantes>). Le pin laricio de Calabre ou le pin noir d'Autriche, deux espèces indigènes d'Europe, sont encore considérés comme exotiques sur le territoire français (SBF, 2021). Cette indétermination imprègne aussi les processus de rapportage forestier de façon manifeste. Tandis que l'indicateur relatif aux espèces exotiques envahissantes n'a pas été renseigné par la France pour le rapportage européen (Forest Europe, 2020), le caractère exotique est évalué avec une acception nationale dans les indicateurs de gestion durable (IGD ; IGN, 2020), et biogéographique régionale pour le rapportage sur les habitats forestiers d'intérêt communautaire, associé à la directive Natura 2000.

Au plan temporel, la date de 1500 est utilisée pour séparer les espèces endogènes des exotiques (dites dans ce cas « néophytes » ; SBF, 2021), là où les possibilités de coévolution dans un territoire biogéographique n'ont pu être que restreintes si elles n'embrassent que quelques centaines à quelques milliers d'années.

Aux fins de cette contribution, nous nous en tiendrons à une acception relative au territoire national pour l'évaluation de la prévalence des espèces exotiques dans les couverts forestiers, et relative au domaine biogéographique pour l'évaluation de leur place dans les habitats forestiers d'intérêt communautaire (HIC).

Enfin, le concept d'espèce exotique, a fortiori envahissante, illustre l'antagonisme des points de vue écologiques et forestiers. Tandis qu'une espèce atteint au plan écologique un statut tel dès lors qu'elle a franchi quatre barrières, géographique, environnementale, reproductive et dispersive (Pysek et Richardson, 2010), force est de constater qu'une pratique forestière raisonnée (transplantation, mise en station, pratique du

semis ou de la plantation après sélection) abolit d'emblée les trois premières barrières. Aussi le terme d'espèce introduite est-il préféré par Pourtet (1964) pour préciser cette origine volontaire, et dépasser le problème du périmètre géographique. Pour cette dernière raison, cette contribution s'en tient à une évaluation de l'importance dans le territoire forestier des espèces exotiques, et préférera la dénomination d'*espèce exotique à forte dynamique* plutôt qu'envahissante, pour offrir un focus sur la dynamique temporelle de l'importance desdites espèces.

Cette contribution se fonde sur les données statistiques de l'enquête publique « inventaire forestier national » (CNIS, 2021), un programme créé en 1958 pour établir des chiffres de statistiques de référence sur le statut et la dynamique des forêts françaises, et dont la préoccupation pour l'inventaire des espèces ligneuses et la typologie des peuplements forestiers a été exprimée dès sa création. Cet inventaire des essences s'appuie sur un référentiel de 194 taxons ligneux. Deux innovations récentes associées à ce programme permettent d'enrichir la vision que cet outil peut permettre d'établir en matière d'espèces exotiques : (i) depuis 2005, l'inventaire forestier a acquis un caractère annuel (IFN, 2006) permettant d'aborder de façon réactive la dynamique d'importance des espèces exotiques au cours du temps, (ii) depuis 2011, il procède de façon systématique à l'inventaire des habitats forestiers métropolitains pour établir les superficies et les indicateurs d'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (HIC) aux fins du rapportage de l'Union européenne (Conseil de l'Europe, 1992 ; IGN, 2018), et dans lesquels la prévalence des espèces exotiques peut être analysée.

Le présent travail aborde ainsi trois objectifs complémentaires : (i) préciser l'importance surfacique des espèces exotiques arborées dans la forêt française, en particulier sous le statut d'essence principale des couverts, (ii) pour les espèces exotiques arborées à forte dynamique pour lesquelles les statistiques sont significatives, préciser la dynamique de ces surfaces sur la période 2005-2020, permise par

l'annualisation de l'inventaire, (iii) pour les 22 HIC français dont les superficies sont suffisantes pour être documentées par l'inventaire forestier national (sur un total de 30 en incluant les forêts dunaires), préciser, par plusieurs indicateurs, l'importance des espèces exotiques et de celles à forte dynamique dans les HIC.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Importance surfacique des espèces exotiques dans les forêts françaises

Depuis 2005, l'inventaire forestier national a mis en place un protocole de caractérisation en 1/10^e surfaciques de l'importance des essences ligneuses dans les couverts forestiers (IGN, 2016). Cette caractérisation est établie sur la placette de 25 m de rayon des unités d'échantillonnage inventoriées sur le terrain (points dits de « phase 2 » d'inventaire), classées « forêt de production » selon la définition internationale (FAO, 2004). Le couvert n'est décrit qu'à concurrence d'un taux minimum de 20 % de couvert sur la placette, plus exigeant que la définition internationale des forêts (10 %). En conséquence, une partie des surfaces forestières présente un statut indéterminé pour la composition ligneuse. Dans ces couverts, l'espèce de plus forte occurrence est dite *essence principale*. Cette évaluation peut être restreinte à la strate recensable du peuplement (dont le diamètre des arbres excède 7,5 cm de diamètre à une hauteur conventionnelle de 1.30 m), c'est-à-dire à une population d'arbres dont le statut peut être qualifié de viable, selon une logique similaire à la notion de « ressource prouvée » des domaines des ressources minérales et énergétiques.

Les surfaces associées aux espèces principales de la strate recensable ont donc été considérées, l'enjeu de cet objectif d'analyse étant de quantifier l'importance des espèces ligneuses exotiques ayant atteint un stade d'installation prépondérant dans les couverts forestiers. Dans cette logique, les surfaces relatives à chacune des espèces ligneuses de la forêt française au stade d'*espèce principale de*

la strate recensable ont été établies. L'intervalle de confiance bilatéral à 95% de ces surfaces est fourni par le système d'estimation statistique de l'inventaire (Bouriaud, 2021). Ces chiffres sont établis sur la période de référence quinquennale 2016-2020, selon la logique d'assise des chiffres sur 5 échantillons annuels successifs (Vidal *et al.*, 2005) pour une meilleure précision.

Pour les besoins de l'analyse, les espèces ligneuses inventoriées ont été classées en deux catégories principales et une sous-catégorie :

i) les espèces indigènes, ii) les espèces exotiques au sens de la liste de référence du livre blanc (SBF, 2021), relativement au périmètre du territoire national, iii) parmi elles, les espèces exotiques envahissantes, renommées de façon plus neutre *espèces exotiques à forte dynamique*, du fait du rôle joué par le forestier pour certaines d'entre elles, et qui représentent une liste large de 9 espèces établie pour accroître la sensibilité du diagnostic. Elles comprennent : (i) les 2 espèces ligneuses de la liste européenne des EEE : l'ailante glanduleux, et les espèces du genre mimosa (CE, 2019), (ii) 3 espèces issues de Müller (2004) également citées dans SBF (2021) : le robinier faux-acacia, le cerisier tardif, et l'érable négundo, (iii) 3 espèces additionnelles listées dans SBF (2021) : le chêne rouge d'Amérique, le noyer noir d'Amérique, et le tulipier de Virginie, (iv) enfin le pin noir d'Autriche souvent cité pour sa dynamique (référentiels mis en œuvre en suite de MEEM, 2016). Cette classification est produite en **Annexe 1**.

2.2 Evolution récente de l'importance surfacique de quelques espèces exotiques à forte dynamique dans les forêts françaises

Afin d'évaluer quantitativement la dynamique d'espèces exotiques qui font l'objet de préoccupations exprimées, l'évolution temporelle de cette même variable a été quantifiée pour un petit nombre de taxons dont l'abondance en surface dans les forêts françaises est significative pour la période de référence 2016-2020. Certaines espèces à caractère indigène ou partiellement exotique

ont toutefois été ajoutées à cette exploration à des fins d'enrichissement de la contribution, comme c'est le cas pour l'érable sycomore, ou le pin laricio (regroupant les taxons de Corse ou de Calabre à des fins statistiques, le second ayant seul le statut d'espèce exotique ; SBF, 2021).

Pour cette exploration, l'hypothèse d'estimation statistique sur une période de référence de 5 ans a été relaxée, les échantillons annuels successifs de l'inventaire forestier étant eux-mêmes systématiques et indépendants, et, à ce titre, porteurs d'une estimation statistique cohérente (ils restent coordonnés de façon complémentaire dans l'espace ; Bouriaud *et al.*, 2023). On privilégie donc ici la résolution temporelle de l'information sur sa précision, afin d'en mieux situer la dynamique. Les tendances temporelles ont été établies par régression linéaire simple des surfaces associées à ces espèces sous le statut d'essences principales de la strate recensable, contre l'année calendaire.

2.3 Occurrence et importance en capital sur pied des espèces exotiques dans les habitats forestiers d'intérêt communautaire

L'inventaire forestier national opère depuis 2011 le relevé des habitats forestiers potentiels sur les placettes d'inventaire. Ce relevé a été déployé sur le territoire métropolitain par grande région écologique, afin de développer progressivement les outils de détermination des habitats pour les équipes de terrain (Benest *et al.*, 2016 ; IGN, 2018). Pour déterminer le type d'habitat, les équipes de terrain s'appuient sur des clés de détermination établies par grande région écologique (GRECO), et s'appuyant sur les conditions climatiques, stationnelles et floristiques observées localement en forêt, c'est-à-dire selon une logique phytoécologique.

Le référentiel des habitats utilisé est le *Prodrome des végétations de France* établi par un collectif d'auteurs (https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/28), auquel quelques groupements végétaux ont été ajoutés lorsque leur présence était avérée ou fortement pressentie. Il comprend actuellement

548 types, essentiellement du niveau de l'association végétale dans la hiérarchie phytosociologique. Bien que cette finesse de détermination soit nécessaire à la caractérisation de terrain, l'établissement de superficies d'habitats ou d'indicateurs d'état de conservation requiert une opération de regroupement. Ainsi, à chaque habitat unitaire, sont affectés plusieurs regroupements possibles associés : i) à la classification européenne en habitats d'intérêt communautaire EUR 28 (Commission Européenne, 2013), ii) à la classification de l'ensemble des habitats EUNIS (Louvel *et al.*, 2013), iii) à la classification Corine Biotope (Bissardon *et al.*, 2003), ou iv) à la version détaillée appliquée à l'échelle du pays, appelée « *Cahiers d'habitats* », de la classification européenne EUR 28 (Bensettiti *et al.*, 2001).

Pour les besoins du rapportage européen, les habitats sont regroupés selon la classification EUR 28, à partir des recommandations de regroupement fournies dans les *Cahiers d'habitats* et dans le *Prodrome des végétations de France* ou à défaut, par l'expertise. La présente étude s'appuie également sur le regroupement en habitats d'intérêt communautaire. Sur les 29 habitats forestiers d'intérêt communautaire (HIC) présents en France, 30 en comptant les dunes boisées classées dans les habitats littoraux, 29 sont identifiés dans les relevés de l'inventaire forestier national, et 22 (23 avec les habitats littoraux) permettent une estimation de superficie suffisamment précise pour répondre aux critères de publication de l'inventaire. Les moins fréquents correspondent aux forêts méditerranéennes en limite d'aire de répartition en France (**Annexe 2**).

La prévalence des espèces ligneuses exotiques dans ces habitats a été analysée selon deux indicateurs synthétiques : i) la proportion de surface de chaque HIC dont l'espèce arborée principale est exotique, ii) la part des espèces exotiques dans la surface terrière du stock de bois sur pied de chaque habitat d'intérêt communautaire. Le premier indicateur permet d'identifier les habitats les plus concernés par une substitution de leur strate arborée naturelle et d'y associer une superficie. Le second

indicateur offre théoriquement une sensibilité accrue sur la présence des espèces exotiques dans les habitats, puisque ces espèces peuvent influencer quantitativement sur la surface terrière dès lors qu'elles sont recensables.

Par différence avec les approches précédentes, le caractère indigène ou exotique des espèces a été défini au niveau des régions biogéographiques définies par l'Union européenne pour le rapportage de la directive Habitat-faune-flore : il s'agit des 4 régions biogéographiques atlantique, continentale, alpine (comprenant les Alpes et les Pyrénées) et méditerranéenne. Le statut des espèces arborées dans chacune de ces quatre régions biogéographiques a été défini avec l'aide de botanistes ou de généticiens. Il est présenté en **Annexe 3**.

3. RESULTAT

3.1 Importance surfacique des espèces exotiques dans les forêts françaises

3.1.1 Statistiques générales

La surface des forêts métropolitaines s'établit sur la période 2016-2020 à 16.98 millions d'hectares, avec une précision à 95% de $\pm 220\ 000$ ha. Au sein de cette surface, 1.48 millions d'hectares sont de composition ligneuse non définie, ce qui tient à deux raisons de poids comparable : (i) soit la forêt n'appartient pas à la forêt de production (FAO,

2004) et il n'est pas procédé à un inventaire de terrain, (ii) soit la forêt présente un taux de couvert trop faible pour être décrit (voir méthodes), qu'il s'agisse de forêts en régénération, de forêts pauvres, ou d'accrues forestières sur d'anciens terrains ouverts (nouvelles forêts).

Au sein des surfaces décrites en composition (15.49 millions d'hectares, Tableau 1), 107 taxons ligneux sont identifiés comme définissant l'espèce principale de la strate recensable des peuplements forestiers. Les deux-tiers des taxons (76) correspondent ainsi à des espèces indigènes. Les 9 espèces de la liste des exotiques à forte dynamique sont toutes détectées sous ce statut par l'inventaire.

Ces proportions changent toutefois très fortement lorsque l'on regarde l'importance surfacique des espèces. Les espèces indigènes représentent ainsi 91.2 % de la surface forestière dont la composition des couverts est identifiée. Les espèces exotiques à forte dynamique représentent quant à elles 3.3 % de cette surface. De façon remarquable, les surfaces de 5 de ces 9 espèces représentent des « zéros statistiques » à l'échelle du territoire national (IC dont le demi-intervalle de confiance atteint le niveau des surfaces), pour moins de 2500 ha en tant qu'espèce principale : l'érable négundo (2300 ha), l'ailante, le noyer noir d'Amérique (1500 ha), le genre mimosa, et le cerisier tardif (450 ha). La plus abondante de cette liste est le pin noir d'Autriche avec 214 000 ha.

Tableau 1. Effectif et importance surfacique des espèces ligneuses dans les couverts forestiers du territoire métropolitain selon leur origine et statut. L'abondance des espèces est mesurée par l'importance des surfaces forestières qu'elles occupent comme essence principale de la strate ligneuse recensable par l'inventaire (diamètre > 7.5 cm à 1.30 m de hauteur) en forêt de production. Les espèces indigènes et exotiques sont distinguées selon la catégorisation du livre blanc (SBF, 2021). La liste des espèces exotiques à forte dynamique (FD) est spécifiée dans la section Matériel et Méthodes.

Statut	Effectif	Surface cumulée (x 10 ⁶ ha)	Surface cumulée	Espèce la plus abondante (%)
espèce indigène	77	14.30	91.2	12.1
espèce exotique	30	1.37	8.7	2.4
dont espèce exotique FD	9	0.51	3.3	1.3
Total	107	15,67	100,00	12,1

3.1.2 Abondance relative des espèces

Si l'on regarde plus largement les espèces exotiques, la première d'entre elles n'occupe que le 13^e rang des surfaces ventilées par espèce principale (le sapin de Douglas avec 408 000 ha), quand les 12 premières espèces, indigènes, occupent 12.2 millions d'hectares (la première, le chêne pédonculé, occupant à lui seul un peu plus de 2 millions d'hectares). Quatre espèces dépassent le seuil de 100 000 ha, avec le pin noir d'Autriche (214 000 ha), le robinier faux-acacia (205 000 ha), et les cultivars de peuplier (180 000 ha), alors que 23 espèces exotiques sur les 32 identifiées ne dépassent pas le seuil de 10 000 ha.

Ces prévalences s'étendant sur deux ordres de grandeur au moins, les courbes de diversité-abondance (McGill *et al.*, 2007 ; par la suite et plus simplement *courbes d'abondance*) de chacune de ces catégories ont été établies pour en avoir une vision synthétique (figure 1). Un premier constat est la prédominance à la fois surfacique et en nombre de taxons des espèces indigènes. Une seconde observation tient à la distribution caractéristique en J inversé de cette diversité ligneuse dans chacune des catégories, attestant de la très grande inégalité de prévalence de l'ensemble de ces taxons. Les coefficients de Gini (indice mesurant le degré d'inégalité de répartition, allant de 0 pour l'homogénéité parfaite de distribution des surfaces, à 1 pour l'inégalité extrême où une seule espèce concentrerait la totalité des surfaces) de chacune des catégories sont ainsi très élevés (respectivement de 0.81, 0.84 et 0.70). S'agissant des espèces exotiques, ce constat est d'autant plus frappant qu'elles sont d'introduction à la fois très récente, et objet d'une mise en valeur volontariste, laissant initialement présager d'une distribution plus homogène. Cette valeur est en revanche moindre pour les espèces exotiques à forte dynamique, avec absence de dominance marquée de quelques-unes d'entre elles.

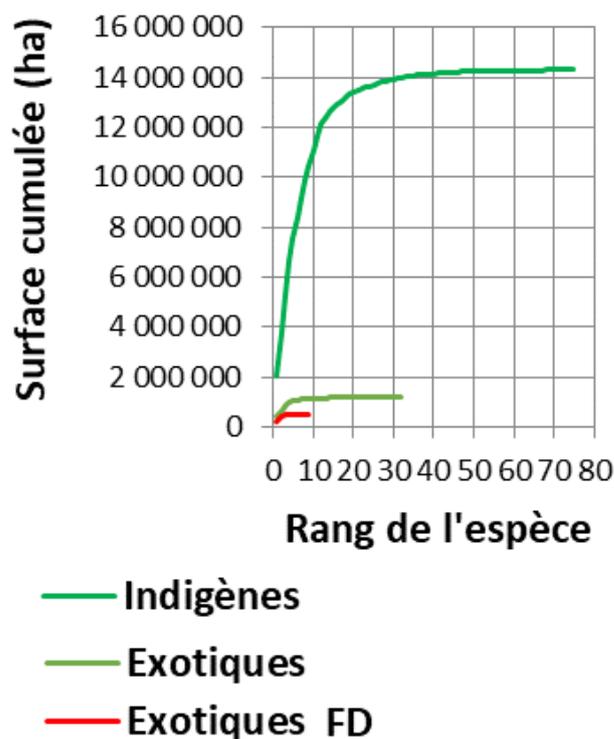


Figure 1. Courbes d'abondance cumulée des espèces ligneuses dans les couverts forestiers du territoire métropolitain selon leur origine et statut. L'abondance des espèces est mesurée par l'importance des surfaces forestières qu'elles occupent comme essence principale de la strate ligneuse recensable par l'inventaire (diamètre > 7.5 cm à 1.30 m de hauteur) en forêt de production. Les espèces indigènes et exotiques sont distinguées selon la catégorisation de SBF 2021. La liste des espèces exotiques à forte dynamique (FD) est spécifiée dans la section Matériel et Méthodes. Coefficients de Gini : indigènes / 0.81, exotiques / 0.84, exotiques FD / 0.70.

3.1.3 Part des espèces feuillues et résineuses

Enfin, une lecture de l'importance de ces catégories selon leur appartenance aux espèces feuillues et conifères est informative (tableau 2). Elle révèle que les surfaces dominées par des espèces indigènes correspondent très majoritairement à des taxons feuillus (85%), là où celles associées aux espèces exotiques sont majoritairement résineuses (53%). Au sein de ces dernières, l'importance surfacique des résineux est plus élevée encore que celle du nombre de taxons (60%). Cependant, la proportion d'espèces exotiques dominantes dans les couverts forestiers restant faible (1/3), la richesse taxonomique de l'ensemble des

surfaces reste très largement à l'avantage des espèces feuillues (73%). La moindre prévalence surfacique des espèces exotiques nuance encore le constat, avec une proportion surfacique des espèces résineuses qui atteint 21.7%. Aussi, l'effort d'introduction d'espèces exotiques majoritairement résineuses ne modifie-t-il que marginalement l'importance surfacique des feuillus et résineux des couverts forestiers, qui ne diffère de +4.7% entre l'ensemble de la forêt et celle dominée par des espèces indigènes. Les forêts françaises, très majoritairement feuillues, le restent donc après près de deux siècles d'introduction d'espèces exotiques. Enfin, cet équilibre est très contrasté au sein des espèces exotiques à forte dynamique, à nouveau majoritairement feuillues en nombre de taxons (environ 78 %), et en surfaces (60%). Ce caractère dynamique est donc davantage lié à des taxons feuillus. Ces espèces, quand elles n'ont pas été favorisées par l'action forestière, sont d'ailleurs exclusivement feuillues (SBF, 2021 ; Müller, 2004), avec une tendance marquée à la stratégie r, et à l'héliophilie (noyer noir et chêne rouge d'Amérique, robinier faux-acacia, ailante glanduleux, érable negundo).

3.1.4 Synthèse

A l'issue de cet examen, il est possible d'asseoir les observations suivantes : (i) d'une part, avec un tiers des taxons, les espèces exotiques ont une contribution substantielle à la diversité ligneuse des forêts françaises où

elles ont réussi à s'imposer dans des surfaces détectables par l'inventaire, ce qui souligne le rôle d'enrichissement effectif qu'ont pu jouer les politiques d'introduction à des périodes distinctes, (ii) d'autre part, leur prévalence (8.7 % sous le statut d'espèce principale de la strate recensable) reste cependant modeste, et amène à ne pas surestimer la puissance de l'action anthropique, en particulier forestière, dans sa capacité à remodeler la composition des forêts françaises (dont 7.2 millions d'hectares restent dominés par 4 espèces emblématiques du territoire, à savoir les espèces de chênes pédonculé, sessile et pubescent, et le hêtre commun), (iii) pour cette même raison, tandis que les surfaces dominées par des espèces exotiques résineuses sont majoritaires (60%), leur prise en compte ne modifie que peu l'importance des feuillus dans les forêts françaises, (iv) enfin, la prévalence des espèces exotiques à forte dynamique distingue de façon évidente quatre espèces mises en valeur par l'action forestière (pin noir d'Autriche, robinier faux-acacia, chêne rouge d'Amérique et Cèdre de l'Atlas) dont les surfaces s'étendent entre 26 000 et 200 000 ha, des autres espèces dont l'ordre de grandeur de l'importance est marginal (2 000 ha ou moins). La prédominance des feuillus dans cette dernière catégorie est nette, et est à relier à leur tempérament d'espèces pionnières ou post-pionnières.

Tableau 2. Part des espèces ligneuses résineuses en effectifs et importance surfacique dans les couverts forestiers du territoire métropolitain selon leur origine et statut. Voir tableau précédent pour les précisions.

Statut d'espèce	Proportion de taxons résineux (% d'effectif)	Proportion surfacique associée (%)
Espèces indigènes	15.6 (12/77)	17.0
Espèces exotiques	56.7 (17/30)	60.0
Dont Espèces exotiques FD	22.2 (2/9)	41.7
Toutes espèces	27.1 (29/107)	21.7

3.2 Evolution récente (2005-2020) de l'importance surfacique de quelques espèces exotiques à forte dynamique dans les forêts françaises

Seules les espèces les plus abondantes ont pu faire l'objet d'une analyse (Tableau 3). D'une part, certaines espèces, du fait de leur rareté, ne sont pas identifiées (sur au moins un point de sondage) tous les ans sur la période. C'est le cas avec le pin laricio de Calabre (identifiée sur 3 échantillons annuels), le tulipier de Virginie et le cerisier tardif (4 occurrences annuelles), ou encore l'ailante (5 occurrences). D'autre part, même pour les espèces dont les surfaces sont établies tous les ans, la priorisation d'une résolution annuelle conduit à une précision statistique évidemment plus faible (figure 2), réhibitoire pour certaines d'entre elles. Les fluctuations d'échantillonnage liées au caractère aléatoire des échantillons annuels systématiques de l'inventaire forestier y sont également lisibles. Aussi des tendances sont-elles présentées pour 4 espèces exotiques et une espèce indigène à forte dynamique (tableau 3 & figure 2).

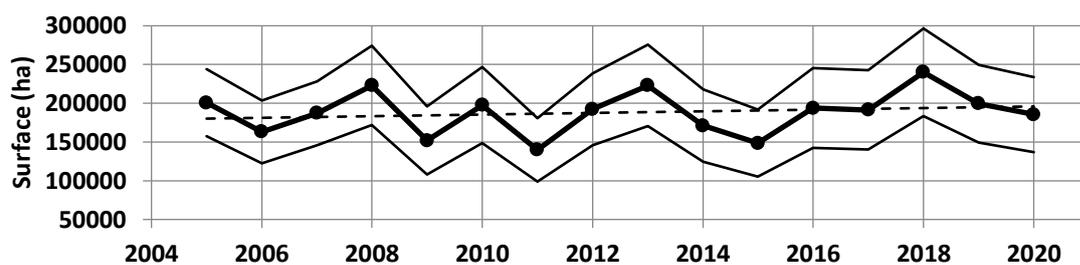
Un premier constat est qu'à l'exception du pin laricio (Corse et Calabre réunis), l'ensemble des espèces analysées montrent une tendance positive d'expansion en tant qu'espèce principale recensable des couverts forestiers (Tableau 3). Cette tendance, qui n'est pas significative (de l'ordre de +1000 ha/an) pour le robinier faux-acacia, le devient au contraire pour le pin noir d'Autriche, le chêne rouge d'Amérique, et l'érable sycomore, avec des tendances de l'ordre de +2000 à +5000 ha/an. L'évolution la plus marquée concerne ainsi l'érable sycomore. Pour essayer d'imager ces chiffres en ordre de grandeur, l'expansion du chêne rouge d'Amérique représenterait l'équivalent de la surface d'un massif comme Fontainebleau sur 15 ans, celle du pin noir d'Autriche d'un massif comme Orléans. On peut également les situer relativement à la progression moyenne annuelle de la surface totale des forêts françaises, qui est pour la période 2005-2020 de 84600 ha/an, pour un total de +1.27 millions d'hectares sur la période.

Tableau 3. Progression surfacique de quelques espèces à forte dynamique sur la période 2005-2020.

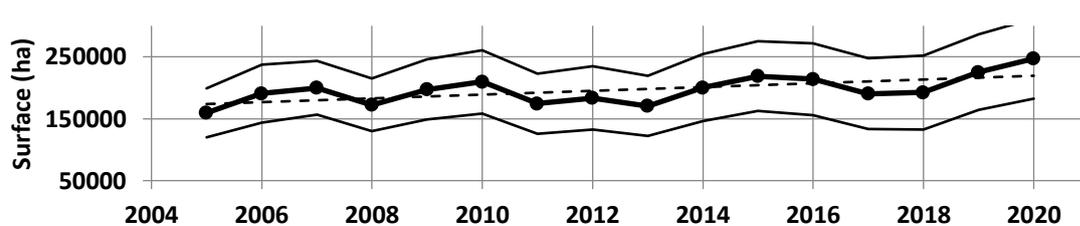
L'abondance des espèces est mesurée par l'importance des surfaces forestières qu'elles occupent comme essence principale de la strate ligneuse recensable par l'inventaire (diamètre > 7.5 cm à 1.30 m de hauteur) en forêt de production. La tendance est établie par régression linéaire simple ajustée aux chiffres issus des échantillons annuels d'inventaire forestier de la période d'étude. ¹probabilité critique associée à la tendance, ²Afin de disposer d'une période plus longue, les variants de Corse et de Calabre ne sont pas distingués, ³Aux fins d'enrichissement de l'analyse, l'érable sycomore a été adjoint à la liste. Sur la même période, la progression de surface des forêts françaises est en tendance linéaire de 84 600 ha/an, et correspond à une augmentation de 0.52%/an.

Espèce	Surface initiale (ha, 2005-09)	Tendance absolue (ha/an, 2005-2020, p ¹)	Tendance relative (%/an)
Exotique			
Robinier faux-acacia	187 000	+1 000 (0.5)	+0.5
Pin noir d'Autriche	186 000	+3 000 (<0.01)	+1.6
Pin laricio ²	168 000	-300 (0.8)	-0.2 (0.8)
Chêne rouge d'Amérique	39 000	+1 900 (<0.01)	+4.9
Indigène			
Erable sycomore ³	105 000	+5 300 (<0.01)	+5.0

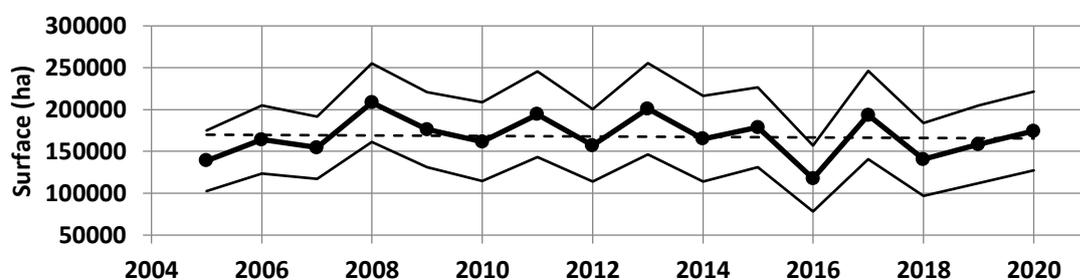
(a) Robinier faux-acacia



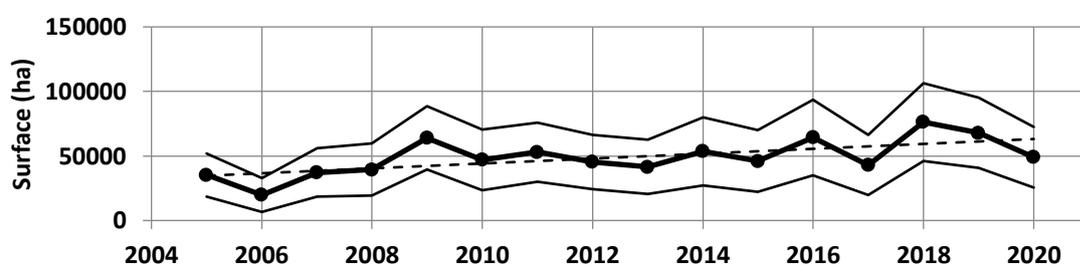
(b) Pin noir d'Autriche



(c) Pin laricio¹



(d) Chêne rouge d'Amérique



(e) Erable sycomore²

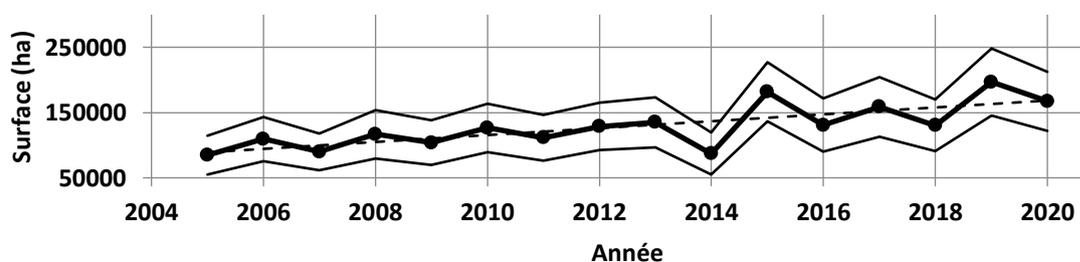


Figure 2. Tendence surfacique de quelques espèces à forte dynamique sur la période 2005-2020. Voir légende du tableau 3 pour les détails et références.

En termes relatifs, ces progressions dépassent le pourcent unitaire annuel, avec +1.6 % pour le pin noir d'Autriche, et de l'ordre de 5% pour le chêne rouge d'Amérique et l'érable sycomore. Dans la mesure où la progression relative annuelle de la forêt française est, pour la même période, de +0.52%/an, ces espèces connaissent donc une extension plus rapide que celle de l'ensemble des forêts, et occupent donc une importance comparativement croissante dans les couverts forestiers. Dans la mesure où ces espèces font l'objet d'une mise en valeur forestière, il convient de s'interroger sur l'origine de ces évolutions, spontanée, ou favorisée par la gestion forestière. Elles sont toutefois suffisamment intenses pour mériter l'attention.

3.3 Importance des espèces ligneuses exotiques dans les habitats forestiers d'intérêt communautaire

3.3.1 Part des superficies des habitats forestiers d'intérêt communautaire dont l'essence principale est exotique

Après un examen d'ensemble des surfaces associées aux espèces exotiques ayant le statut d'espèce principale, l'analyse est menée sur les types d'habitats forestiers d'intérêt communautaire (figure 3).

Sur les 23 habitats analysés, 13 sont jugés en bon état de conservation pour cet indicateur, confirmant une assez faible prévalence des essences exotiques comme essence principale des peuplements (<5%).

Deux habitats atteignent un mauvais état de conservation (part >15%), les *vieilles chênaies*

acidiphiles des plaines sablonneuses à chêne pédonculé (9190) et les *hêtraies acidiphiles atlantiques à Houx et If* (9120). Dans ces derniers, les espèces de présence marquée sont : (i) le pin laricio de Corse, l'épicéa de Sitka, et le chêne rouge dans les habitats de chênaies acidiphiles (9190), (ii) le sapin de Douglas et plusieurs essences résineuses introduites à des fins de production (épicéa, pin laricio de Corse, mélèze, sapin de Vancouver) dans les habitats de Hêtraies acidiphiles (9120).

Huit habitats sont classés dans un état intermédiaire de conservation, à savoir les *forêts mixtes riveraines de grands fleuves* (91F0), les *chênaies-charmaies du Galio-carpinetum* (9170), les *forêts galeries méditerranéennes à Saule et Peuplier blancs* (92A0), les *forêts alluviales à Aulne glutineux et Frêne commun* (91E0), les *Hêtraies calcicoles médio-européennes du Cephalanthero-Fagion* (9150), les *chênaies pédonculées ou chênaies-charmaies sub-atlantiques et médio-européennes du Carpinion betuli* (9160) ainsi que les *Hêtraies de l'Asperulo-Fagetum* (9130). Pour les deux plus impactés dans ces derniers, on repère parmi les espèces exotiques : (i) le robinier faux-acacia, les peupliers cultivés, l'érable negundo, le noyer noir d'Amérique, et le tulipier de Virginie dans les *forêts riveraines des grands fleuves* (91F0), (ii) le robinier faux-acacia dans les *chênaies-charmaies du Galio-Carpinetum* (9170).

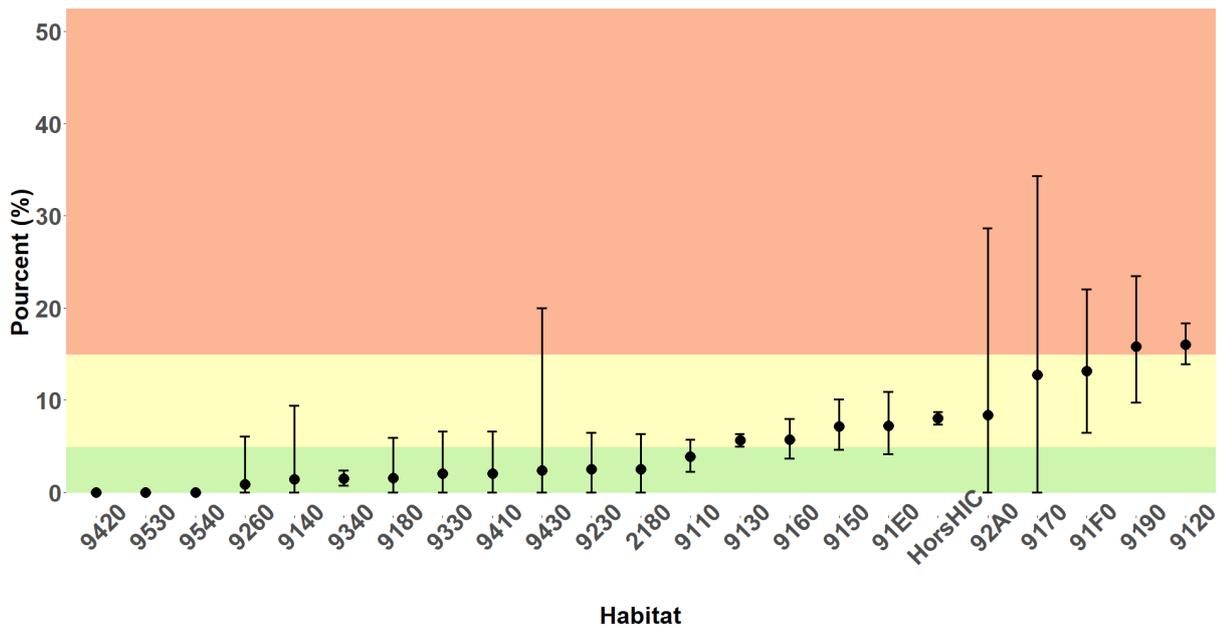


Figure 3. Part de la superficie de chaque habitat forestier d'intérêt communautaire (pourcentage) occupée par une essence principale non-indigène. Les statistiques sont établies à partir des campagnes 2016-2021 de l'inventaire forestier national. Niveaux de couleur : état de conservation de l'habitat pour cet indicateur, vert = bon état de conservation (part inférieure à 5%), orange = mauvais état de conservation (part supérieure à 15%), jaune = état intermédiaire.

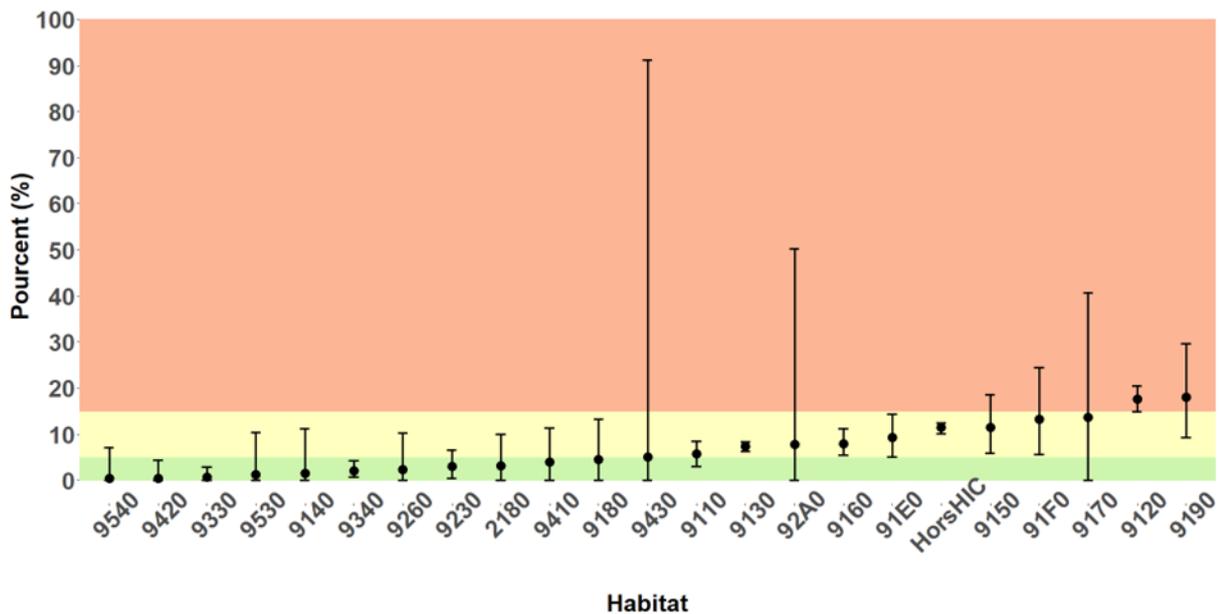


Figure 4. Part de la surface terrière totale des peuplements des habitats d'intérêt communautaire (pourcentage) constituée par des essences exotiques. Les statistiques sont établies à partir des campagnes 2016-2021 de l'inventaire forestier national. Niveaux de couleur : état de conservation de l'habitat pour cet indicateur, vert = bon état de conservation (part inférieure à 5%), orange = mauvais état de conservation (part supérieure à 15%), jaune = état intermédiaire.

3.3.2 Part de la surface terrière des peuplements des habitats forestiers d'intérêt communautaire correspondant à des espèces exotiques

La vision délivrée par cet indicateur (figure 4) reste assez similaire à la précédente, avec une proportion d'exotiques dans la surface terrière à peine plus importante que leur proportion en essence principale dans les surfaces des habitats. Le nombre d'habitats où elle ne dépasse pas 5% est moindre (11 habitats). A l'inverse, les habitats où cette proportion dépasse 15% en proportion restent les mêmes.

Il s'agit là d'un fait à caractère partiellement inattendu, dans la mesure où l'indicateur de surface terrière est quantitatif et à ce titre potentiellement plus sensible à cette prise en compte des exotiques, là où l'indicateur d'espèce principale impose le caractère prépondérant de l'essence. Le fait peut cependant s'expliquer si ces espèces sont absentes ou marginales, en termes de recensement diamétrique, dans la part de superficie où elles ne sont pas essence principale.

DISCUSSION

Aspects méthodologiques d'une première analyse

L'objectif de cette synthèse étant d'établir un aperçu global de l'importance des espèces exotiques en forêt, ces dernières étant par ailleurs de statut défini relativement au territoire métropolitain (SBF, 2021), on s'en est tenu ici à une analyse de niveau national, sans logique de régionalisation (par exemple au grain des Grandes Régions Ecologiques, GRECO), exception faite de l'analyse portant sur les habitats forestiers. Le diagnostic d'ensemble pourrait ainsi être considérablement enrichi et contextualisé, eu égard aux disparités territoriales de la progression des surfaces forestières, et notamment dans la seconde diagonale du territoire incluant la région Méditerranéenne, le Massif central, ou la Bretagne où un véritable volontarisme forestier s'est initié (IGN, 2013).

Il y a là matière à des explorations riches et accessibles, nécessitant toutefois un effort de systématisation.

Par ailleurs, sur les 17 millions d'hectares qu'occupe actuellement la forêt (moyenne 2016-2020), les surfaces pour lesquelles la composition ligneuse des couverts est décrite atteignent 15.5 millions hectares. Près de 1.5 millions d'hectares ne sont donc pas décrits. Cela tient à deux réalités différentes :

- la première est que le protocole de caractérisation des couverts est établi sur les points de seconde phase terrain, associés à la « forêt de production », c'est-à-dire la part de la forêt où rien ne s'oppose à un objectif de production (et dont sont par exemple exclus les forêts d'accès dangereux ou de durée longue, ou appartenant à des périmètres protégés). La forêt de production correspond ainsi à 16 millions d'hectares, 960,000 ha n'y appartenant pas,
- la seconde est que les couverts sont décrits à concurrence d'un taux de couvert du peuplement atteignant la classe de $2/10^{\circ}$, là où la définition internationale de la forêt, appliquée par l'inventaire forestier national (FAO, 2004) s'appuie sur un seuil minimal de $1/10^{\circ}$. Dans la forêt de production, les surfaces de composition indéterminée atteignent ainsi 524 000 ha. Si une logique d'homogénéisation de ces seuils ne serait pas infondée, elle appelle cependant à quantifier l'effort supplémentaire de caractérisation qu'elle pourrait impliquer sur le terrain.

Plus que la première catégorie, la seconde interpelle sur l'enjeu de description des couverts, puisqu'elle peut correspondre à des réalités hétérogènes en termes d'espèces exotiques, à savoir des forêts jeunes, des accrues spontanées sur terrains agricoles, des forêts pauvres ou récemment perturbées, ou des forêts en régénération (ou en échec de régénération). On pressent ainsi une véritable diversité de constats potentiels relatifs aux espèces exotiques, qui seraient à explorer.

Enfin, l'analyse s'est concentrée sur l'espèce principale de la strate recensable (arbres excédant les 7.5 cm de diamètre à 1.30m de hauteur), définie par la prépondérance d'une espèce dans les taux de couvert libres relatifs de la placette d'évaluation des peuplements (25 m de rayon). L'objectif explicite et conservatif de l'analyse était ici d'évaluer le succès d'installation des espèces exotiques dans les couverts forestiers recensables (notion d'individu établi et de ressource prouvée, notion d'installation dans la canopée libre des communautés compétitives). Toutefois, bien d'autres variables pourraient être examinées, incluant de façon plus large : (i) la simple présence des espèces dans la strate recensable, (ii) la prédominance ou la présence de ces espèces dans la strate non recensable, (iii) leur présence dans le relevé de végétation. A ce titre, le programme d'inventaire forestier vient d'initier un nouveau protocole d'évaluation de la régénération forestière et des dégâts de gibier à partir de l'échantillon annuel 2023, qui permettra de suivre l'abondance des essences à ce stade jeune. L'enjeu est ici de pouvoir anticiper des dynamiques futures, mais aussi la propension ou l'incapacité de certaines espèces à occuper les couverts supérieurs.

Faits marquants

Un premier fait tient au contraste existant entre le nombre de taxons exotiques (un petit tiers), et leur importance surfacique qui reste modeste (moins de 8%), tout particulièrement pour les espèces repérées pour leur caractère envahissant (espèces à forte dynamique 3.3%, Tableau 1). Ce fait permet de bien cerner la logique des programmes de boisement ou d'enrichissement en essences, avec une vocation de diversification évidente, mais dont le caractère extrêmement récent dans l'histoire post-glaciaire de nos forêts (de l'ordre de deux siècles pour les premiers programmes) et le coût de mise en œuvre limitent nécessairement leur importance. A ce titre, l'équilibre feuillus/résineux dans les couverts forestiers du territoire n'a été que peu influencé par ces derniers (et ce bien que les surfaces boisées en exotiques soient à 60% résineuses), avec une

part surfacique de 83% pour les surfaces dominées par des espèces indigènes, et de 78.3% dans son ensemble (Tableau 2). Ce constat synchronique est encore étayé par une analyse temporelle de la variation de ces proportions (Bontemps *et al.*, 2020 ; Audinot *et al.*, 2020), qui montre une proportion quasiment inchangée de ces catégories végétales depuis la statistique Daubrée (1908). Enfin, lorsqu'elles n'ont pas fait l'objet d'une mise en valeur sylvicole (à l'instar du robinier, du pin noir d'Autriche, ou du chêne rouge d'Amérique), les espèces exotiques envahissantes sont, sous le statut d'essence principale des couverts, en limite de détection du programme d'inventaire forestier, toujours sous les 2500 ha, telles le genre mimosa, l'ailante glanduleux, le noyer noir d'Amérique, l'érable négundo ou le cerisier tardif. Pour ces dernières, et bien qu'elles soient de tempérament héliophile prédominant, il serait utile de compléter le diagnostic par l'analyse de leur présence dans les couverts de la strate non recensable.

Le second fait marquant tient à la distribution d'abondance des espèces exotiques dans les couverts forestiers. En dépit de leur caractère à la fois très récent et d'un développement favorisé par les pratiques forestières, les courbes d'abondance cumulée des espèces indigènes et exotiques présentent ainsi des allures et des coefficients de Gini très comparables (0.81/0.84, figure 1), avec une abondance s'étendant typiquement sur deux ordres de grandeur. Un indice de Shannon calculé pour chacune de ces catégories indigène et exotique, et standardisé puisque ces deux modalités admettent un nombre de taxons différents (Ramezani, 2012 ; l'indice varie donc entre 0 et 1, 0 correspondant à une situation où une espèce occuperait toutes les surfaces, et 1 à une distribution uniforme des surfaces selon les espèces) délivre un aperçu similaire, et atteint 0.065 pour les espèces indigènes, et 0.106 pour les espèces exotiques. Quelques hypothèses non exclusives peuvent être avancées pour étayer ce constat d'hétérogénéité : (i) tout d'abord, une stratégie différenciée d'espèces exotiques, selon qu'elles aient vocation à constituer de

nouveaux peuplements forestiers ou à contribuer à l'enrichissement de peuplements préétablis (aperçu large de ces stratégies dans Alexandrian et Le Voyer, 1984), (ii) en second lieu, un succès biologique inégal parmi des espèces dont les exigences stationnelles peuvent différer (en comparaison à la rusticité du pin noir d'Autriche, les exigences écologiques du chêne rouge sont par exemple à souligner ; Timbal, 1990), (iii) ces différences peuvent elles-mêmes par la suite être amplifiées par des mécanismes d'expansion naturelle (Trotta *et al.*, 2023), (iv) enfin, un succès industriel inégal, lié à la productivité ou aux aptitudes technologiques du matériau bois peut y contribuer (Herman et Lavender, 1999 ; concernant par exemple le sapin de Douglas en Europe). La généralité de ce type de constat gagnerait à être examinée, d'abord à une résolution plus régionale, et sur d'autres territoires forestiers.

La dynamique temporelle de quelques espèces exotiques et indigènes faisant l'objet d'attention pour leur caractère envahissant potentiel, et dont la précision de l'inventaire permet l'analyse (Tableau 3), mérite enfin l'attention. A l'exception du pin laricio, toutes présentent en effet une tendance statistique positive, d'un ordre de grandeur substantiel, d'un à quelques milliers d'hectares par an ; près de 2000 ha/an pour le chêne rouge d'Amérique, 3000 ha/an pour le pin noir d'Autriche, et plus de 5000 ha/an pour l'érable sycomore (figure 2). Le constat est d'autant plus marquant que, d'une part l'approche retenue ici présente un caractère très conservatif (espèces principales de la strate recensable des couverts forestiers), d'autre part ces progressions relatives excèdent celle de la surface des forêts françaises (plus de 1% contre 0.52%), ce qui traduit une progression relative. La question de l'interprétation – mise en valeur forestière ou dynamique spontanée – est à nouveau posée. Un examen plus approfondi des données collectées par l'inventaire forestier national pourrait permettre de progresser rapidement, d'abord en analysant les dynamiques régionales de ces espèces et en les reliant à leur abondance initiale, c'est-à-dire en testant des hypothèses de localisation ou de

propagation de ces espèces à partir d'îlots d'origine ; ensuite en analysant la nature des peuplements où on les rencontre, en termes d'homogénéité de composition ou de structure. Quand ces espèces présentent une importance qui les rend détectables par l'échantillonnage d'inventaire, il y a là une véritable perspective de monitoring de la diversité ligneuse, en particulier exotique, d'évolution du rang des espèces dans les forêts françaises, et de compréhension causale des mécanismes en jeu.

Habitats forestiers

S'agissant des habitats forestiers d'intérêt communautaire, les diagnostics portés sur la part des surfaces occupées principalement par une essence exotique, ou sur la part de leur surface terrière qui est imputable à ces mêmes essences délivre – pour les 23 habitats où le diagnostic est possible par l'inventaire – un aperçu similaire, à savoir une majorité (13/11) d'habitats où elles n'excèdent pas un seuil de 5% et jugés en bon état de conservation, et une minorité où elles dépassent un seuil de 15%, et jugés en mauvais état de conservation (en réalité deux mêmes habitats : 9190 ou *vieilles chênaies acidiphiles de plaines sablonneuses*, et 9120 ou *hêtraies acidiphiles atlantiques*). Dans ces derniers habitats de stations défavorables, la gestion forestière a amené à implanter des espèces exotiques variées, avec une dominante d'espèces résineuses. Toutefois, le constat ne doit pas masquer l'observation que la très grande majorité des habitats d'intérêt communautaire, à des incidences variables, présentent des superficies ou des surfaces qui ne sont pas indemnes de toute espèce exotique, ce qui atteste de leur caractère dispersé sur le territoire. D'autre part, et à titre d'élargissement, ces habitats diffèrent de ceux dans lesquels on identifie des espèces invasives (ligneuses ou non, recensables dans les couverts ou la population d'arbres ou non ; données et résultats non présentés), et qui correspondent davantage à des milieux peu gérés comme les forêts alluviales (habitats 91E0, 91F0, 92A0), où l'érable *negundo* et le robinier faux-acacia sont particulièrement implantés, ou au contraire à des forêts gérées

plus intensément (chênaies-charmaies, habitats 9160 et 9170) où le robinier faux-acacia semble s'installer facilement. A nouveau, il y a là matière à des explorations beaucoup plus fines sur l'importance que ces espèces peuvent prendre plus généralement dans la végétation forestière.

CONCLUSIONS

Cette première analyse a permis de mettre en évidence l'importance du nombre de taxons exotiques dans les couverts forestiers du territoire métropolitain, ainsi que leur importance surfacique très relative au regard de celle occupée par des espèces indigènes, et la distribution en J de leur abondance, proche de celle des espèces indigènes. De façon manifeste, les espèces exotiques à caractère envahissant représentent une part infime des couverts, les plus importantes – différant d'un ordre de grandeur surfacique au moins des espèces plus secondaires – ayant fait l'objet d'une mise en valeur forestière. La vitesse de

progression des espèces dont l'analyse est permise par le dispositif d'inventaire est marquée, et appelle à la fois à une exploration plus causale, et à un suivi régulier. S'agissant des habitats forestiers d'intérêt communautaire, les analyses révèlent qu'un petit nombre d'entre eux semblent soumis à une plus grande pression sylvicole d'introduction d'essences exotiques, ou subissant une introduction passive d'espèces envahissantes feuillues. Le programme d'inventaire forestier national apparaît donc plus généralement comme un instrument à partir duquel caractériser de façon tangible la diversité ligneuse des forêts, sa structuration et sa dynamique. La présente analyse, ainsi que quelques travaux récents (Bontemps *et al.*, 2019 ; Audinot *et al.*, 2020) constituent ainsi autant d'encouragements à engager un véritable programme de recherche à la fois fondamentale et applicative dans cette voie, avec la perspective d'un monitoring de la diversité ligneuse des forêts.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alexandrian D., Le Voyer B., 1984 - Choix des essences et techniques de reboisement, 2èmes rencontres de Forêt Méditerranéenne. Valorisation des patrimoines forestiers méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne* **6**:89-122.
- Audinot T., Wernsdörfer H., Bontemps J.-D., 2020 - Ancient forest statistics provide centennial perspective over the status and dynamics of forest area in France. *Annals of Forest Science* **77**:77.
- Barbati A., Marchetti M., Chirici G., Corona P., 2014 - European Forest Types and Forest Europe SFM indicators: Tools for monitoring progress on forest biodiversity conservation. *Forest Ecology and Management* **321**:145-157.
- Benest F., Lalanne A., Gauberville C., Drapier J., 2016 – Premiers éléments pour un dispositif de surveillance de l'état de conservation des habitats forestiers en France. *Revue forestière française* **68**:409-425.
- Bensettiti F., Rameau J.-C., Chevallier H., Bartoli M., Gourc J., 2001 - *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, tome 1 : habitats forestiers* (2 volumes), MATE, MAP, MNHN, La documentation française, Paris, 339 p.
- Bissardon M, Guibal L, Rameau J.-C., 2003 - *CORINE biotopes – Version originale – Type d'habitats français*. GIP Atelier technique des espaces naturels, École nationale du génie rural, des eaux et des forêts (ENGREF), Nancy, 175 p.
- Bontemps J.-D., Hervé, J.-C., Denardou A., 2019 - Partition idéalisée et régionalisée de la composition en espèces ligneuses des forêts françaises. *Ecoscience* **26**:291-308.
- Bontemps J.-D., Denardou A., Hervé J.-C., Bir J., Dupouey, J.-L., 2020 - Unprecedented pluridecennial increase in the growing stock of French forests is persistent and dominated by private broadleaved forests *Annals of Forest Science* **77**:98.

- Bontemps J.-D., Hervé J.-C., Marty P., 2020 - Seeing the trees in the world's forests: an extension of the forest transition concept. *Preprints* 120514/v1 doi: 10.20944/preprints202012.0514.v1
- Bouriaud O., 2020 - *Échantillonnage et estimation dans l'Inventaire Forestier National*. URL : hal.science/hal-03039886
- Bouriaud O., Morneau F., Bontemps J.-D., 2023 - A square-grid sampling support to reconcile systematicity and adaptivity in periodic spatial surveys of natural populations. *Journal of Vegetation Science*. *Accepté*.
- CE, 2013. *Manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne, EUR 28*. Commission Européenne, DG Environnement, Nature ENV B.3, 144 p.
- CE, 2019. Règlement d'exécution (UE) 2019/1262 de la Commission du 25 juillet 2019 modifiant le règlement d'exécution (UE) 2016/1141 pour mettre à jour la liste des espèces exotiques envahissantes préoccupantes pour l'Union. C/2019/5360. OJ L 199, 26.7.2019, 1–4.
- Charru M., Seynave I., Hervé J.-C., Bertrand R., Bontemps J.-D., 2017 - Recent growth changes in Western European forests are driven by climate warming and structured across tree species climatic habitats. *Annals of Forest Science* **74**:33.
- CNIS, 2021 - Avis de conformité – inventaire forestier. 19 janvier 2022, 3 p. <https://www.cnis.fr/enquetes/enquete-inventaire-forestier-national-2022a058ag/>
- Conseil de l'Europe, 1992 - Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvage, *Journal officiel*, L206 du 22.7.1992, 7-50.
- Daubrée, L. 1908 - *Statistique et atlas des forêts de France*. Direction Générale des Eaux et Forêts, Imprimerie Nationale.
- Fady B., Cottrell J., Ackzell L., Alia R., Muys B., Prado A., Gonzalez-Martinez S. C., 2015 – Forests and global change: what can genetics contribute to the major forest management and policy challenges of the twenty-first century? *Regional Environmental Change* **16**:927-939.
- FAO, 2004. Planted forests: Definitions. <http://www.fao.org/forestry/plantedforests/67504/en/>.
- Forest Europe, 2020 - *State of Europe's forests*. FAO MCPFE 2020, 392 p.
- Hermann R. K., Lavender D. P., 1999 - Douglas-fir planted forests. *New Forests* **17**:53-70.
- IFN, 2004. La diversité floristique de la forêt française, *IF* **4**, février 2004, 8 p.
- IFN, 2006 - Observer la forêt française. Mission première de l'IFN. *IF* **12**:12 p
- IGN, 2013 - Un siècle d'expansion des forêts françaises. *IF* **31**: 8 p.
- IGN, 2016 - Les forêts mélangées. *IF* **36**:12 p.
- IGN, 2018 – Les habitats forestiers, le dispositif national de suivi et de surveillance. *IF* **43**:12 p.
- IGN, 2020 - Etat et évolution des forêts françaises métropolitaines, IGN 2020, 307 p.
- Kneitel J. M., 2019 - Gause's competitive exclusion principle. *Encyclopedia of Ecology* 110-113 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.00816-2>.
- Louvel J., Gaudillat V., Poncet L., 2013 - *EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce*. MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris, 289 p.
- Mather A. S., Fairbairn J., Needle C. S., 1999 - The course and drivers of the forest transition: the case of France. *Journal of Rural Studies* **15**:65-90.
- McArthur R. H., Wilson E. O., 1967 - The theory of island biogeography. *Acta biotheoretica* **50**:133-136.
- McGill B., Etienne R. S., Gray J. S., Alonso D., Anderson M. J., Benecha H. K., Dornelas M., Enquist B. J., Green J. L., He F., *et al.*, 2007 - Species abundance distributions moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters* **10**:995–2015.
- MEEM, 2016. *Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes*. Müller S (coord.), 43 p.

- Morneau F., Duprez C., Hervé J.-C., 2008 - Les forêts mélangées en France métropolitaine. Caractérisation à partir des résultats de l'Inventaire forestier national. *Revue forestière française* **60**:107–120.
- Müller S. (coord), 2004 - *Plantes invasives en France*. MNHN, 176 p.
- Pourtet J., 1964 - *Les repeuplements artificiels*. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy, 278 p.
- Pysek P., Richardson D. M., 2010 - Invasive Species, Environmental Change and Management, and Health. *Annual Review of Environment and Resources* **35**:25-55.
- Ramezani H., 2012 - A note on the normalized definition of Shannon's diversity index in landscape pattern analysis, *Environment and Natural Resources Research* **2**:54-60.
- SBF, 2021 - *L'introduction d'essences exotiques en forêt. Livre blanc*. Decocq G (dir.), Société Botanique de France, 143 p.
- Schnitzler A., Génot J.-C., 2022 - La féralité: un concept novateur pour les forêts. *Revue Forestière Française* **73**:271-279.
- Svensson N. G, Enquist B. J., 2007 - Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its communitywide variation across latitude and elevation. *American Journal of Botany* **94**:451-459.
- Timbal J., 1990 - Le chêne rouge d'Amérique. Ecologie et facteurs limitants. *Revue Forestière Française* **42**:165-173.
- Trotta G., Boscutti F., Jamoneau A., Decocq G., Chiarucci A., 2023 - There is room for everyone: Invasion credit cannot be inferred from the Species-Area Relationship in fragmented forests. *Applied Vegetation Science*. Accepté.
- Vidal C., Bélouard T., Hervé J.-C., Robert N., Wolsack J., 2005 - A new flexible forest inventory in France 67-73. In *Proceedings of the 7th annual forest inventory and analysis symposium*; USDA GTR WO-77, Portland, Oregon.

TRANSCRIPTIONS DES QUESTIONS-REponses

Serge Muller : Juste trois commentaires très rapides avant d'ouvrir la discussion. D'abord votre territoire correspond à la métropole. Pour d'autres territoires et départements d'Outre-mer, la Réunion par exemple, les statistiques auraient été bien différentes par rapport aux espèces exotiques. Ensuite deuxième point, vous avez évoqué un ouvrage que j'avais coordonné, qui date de 2004, c'est-à-dire d'il y a 20 ans ; vous avez regretté que ces données ne soient pas stabilisées par rapport aux espèces exotiques envahissantes, mais d'une part les connaissances évoluent et en 20 ans, elles ont beaucoup évolué et, d'autre part, les invasions évoluent aussi. Donc je pense qu'on peut ne pas avoir de stabilité, on peut juste avoir des listes qui sont valables à un moment donné. Évidemment il ne faut pas changer tous les ans, mais on a quand même une évolution. Et enfin, je pense et je dirais la même chose pour tous les autres exposés, que ce serait très intéressant si vous pouviez publier ces données, qu'elles seraient fort utiles pour tout le monde.

Jean-Daniel Bontemps : Sur cette question des territoires et départements d'Outre-mer, on ne peut qu'appeler de ses vœux, de disposer du même niveau de technologie d'inventaire. C'est un projet sur lequel on achoppe depuis plusieurs années¹. En tout cas il y a quand même des initiatives d'inventaire et on peut peut-être espérer que le contexte futur des programmes exploratoires de recherche (PEPR) puisse permettre de stimuler un petit peu ces initiatives sur ces territoires. Concernant la publication des données, toutes les données présentées sont accessibles au grand public sur le portail de l'inventaire forestier national Géoportail®.

¹ "A la date de septembre 2024, ces questions font toutefois l'objet d'une préfiguration. Voir par ailleurs : <https://foret.ign.fr/themes/les-forets-en-outre-mer>"

Ingrid Bonhême : Sur les listes, effectivement on est conscient qu'elles doivent évoluer, mais en fait on serait quand même heureux —puisque nous utilisons des listes publiées par les autres, nous ne sommes pas des spécialistes de ces sujets-là— de s'appuyer sur des listes officielles. Si justement elles étaient actualisées, millésimées, on pourrait dire sur laquelle on s'est basé pour faire les reportages, ce que nous appelons de nos vœux évidemment.

Guillaume Decocq (SBF) : J'ai des réactions sur la question des définitions des espèces exotiques et puis des espèces exotiques envahissantes, parce que ce sont deux choses différentes. Pour l'espèce exotique, la définition est forcément binaire. Après on peut dire exotique européenne, exotique, extra européenne, etc., on peut prendre en compte des distances, mais entre exotique et indigène, je pense qu'il y a un consensus. Par contre, sur la question des « exotiques envahissantes », c'est complètement autre chose. Il y a évidemment des degrés d'invasion différent, il y a des risques différents, il y a des invasions avec des impacts forts, des invasions avec des impacts moins forts, donc là, effectivement, il y a de quoi travailler. Mais ce que je voulais dire par rapport à cela et puisque la SBF a été interpellée, mais aussi par rapport à une autre remarque qui avait été faite tout à l'heure, ce n'est pas la SBF qui décide qu'une espèce est exotique, envahissante ou pas. Nous, en l'occurrence, on reprend les listes régionales établies par les Conservatoires botaniques nationaux qui, eux, ont une échelle d'appréhension qui est leur territoire d'agrément, donc qui ne correspond pas forcément à un territoire biographique. Et la manière de quantifier le degré d'invasion est assez claire, il y a normalement un protocole qui est suivi, avec un maillage du territoire de 1 km² et c'est le nombre de mailles dans lesquelles l'espèce apparaît spontanément et nouvellement sur un intervalle de temps donné, par exemple de 10 ans ; et en fonction de la vitesse, on voit si c'est une invasion rapide, plus lente ou s'il n'y a pas d'invasion. Un point de terminologie aussi, parce que plusieurs fois il a été question d'espèce à risque d'envahissement. Mais là on ne parle pas d'espèce à risque d'envahissement : on parle d'espèce exotique invasive avérée, ce n'est pas pareil. Autant on peut prévenir l'introduction d'espèces exotiques invasives avérées, alors que celle des espèces à risque d'invasion, c'est beaucoup plus difficile. Un grand défi de la recherche en écologie des invasions, c'est précisément d'avoir des caractéristiques, des traits de vie qui permettent de prédire si une espèce que l'on va introduire risque de devenir invasive. Il y a ces questions d'adaptation par rapport à des ennemis naturels évoqués par Marc-André Selosse, il y a des questions de vitesse de croissance, de capacité de photosynthèse, il y a tout un tas de traits qui permettent maintenant de faire des prédictions. On sait qu'il y a des genres plus à risque que d'autres, notamment le genre *Acer* et la question du sycomore. Ce n'est pas parce qu'une espèce est très dynamique dans son aire d'indigénat et que cette aire s'étend qu'elle est exotique envahissante ; en l'occurrence cette espèce est indigène en Europe. Par contre elle est invasive en Nouvelle-Zélande, elle est invasive en Amérique du Nord, etc. donc là encore c'est une question de territoire de référence.

Jean-Daniel Bontemps : Je dois souligner sur ce point que précisément, c'est ce qui nous pose problème. Par exemple, dans la définition mentionnée ce matin, j'ai entendu cette idée de territoire sans qu'on le précise et qui peut correspondre à des réalités très différentes. Je souligne à nouveau cette difficulté. On l'a vu d'ailleurs dans le rapportage, quand le rapportage décide que l'exotisme se rapporte au niveau national ou que d'autres conventions réglementaires le décident au niveau régional et si oui, lequel ? Parle-t-on de région écologique, parle-t-on de région administrative ? Cela touche à part entière à la notion d'exotique : oui, on sait très bien ce qu'est une espèce exotique et une espèce indigène dans l'absolu, cela a un sens biologique. Mais dès lors qu'on commence à aborder les questions de portée spatiale ou temporelle, cette notion et cette classification commence à devenir un problème. On est clair sur ce que c'est, mais dans son implémentation opérationnelle c'est beaucoup plus compliqué.

Aurore Fanal (Université de Liège) : A un moment, vous faisiez allusion au fait qu'il n'y avait que 10 espèces sur 30 exotiques qui présenteraient un risque d'envahissement. Je trouve que c'est déjà très grand. En général, on part des espèces naturalisées dont il y a moins de 10 % qui deviennent invasives. Si on parle plutôt de 30 %, la sylviculture est vraiment quand même une voix d'entrée très importante d'espèces invasives par rapport à d'autres voies d'entrée. Aussi, si je devais parler d'espèces potentiellement envahissantes, je parlerais plutôt alors des autres exotiques, comme le Douglas, par exemple, que vous avez évoqué, puisqu'il ne faut pas oublier qu'il y a un effet de masse, de pression de propagules, donc si on se dit qu'au final il n'y a pas trop de risque et qu'on augmente fortement les plantations dans une optique d'adaptation des forêts aux changements climatiques, on risque à ce moment-là de dépasser des seuils critiques de propagules et de justement avoir de nouveaux phénomènes d'invasion importants qui vont arriver avec des espèces non européennes.

Jean-Daniel Bontemps : Précisément, pour insister sur cette idée - et c'est une offre que l'on fait - que cet inventaire forestier, à la fois dans ses relevés de peuplements et ses relevés de régénération puisse servir à ça. Guillaume Decocq évoquait de façon tout à fait intéressante ce maillage kilométrique qui permet d'établir ces catégorisations, qui sont amenées à changer dans le temps, suivant par exemple ces effets de masse. Je trouve qu'il serait tout à fait intéressant de le confronter à ces données statistiques et d'essayer de réfléchir à un cadre qui permettrait, pourquoi pas, de les intégrer. Je trouve que c'est tout à fait prometteur en termes à la fois de représentativité statistique et de consolidation de ces classements. En fait, c'est ça qui me paraît vraiment intéressant, c'est l'idée de monitoring en temps réel.

Elisabeth Dodinet (SBF) : C'est effectivement une bonne idée. Je vais juste faire un petit commentaire : pour nous SBF, une espèce exotique potentielle invasive ou envahissante, ce n'est pas que dans la forêt. Donc au niveau national, on a des exotiques envahissantes qui, à partir de la forêt, sont susceptibles de devenir envahissantes dans d'autres milieux, comme les prairies, comme les zones humides, etc. Donc quand on a cette définition, elle ne peut pas s'appréhender qu'au niveau de la forêt, elle doit s'appréhender au niveau national, pour dire quels sont les dégâts qui sont fait sur l'ensemble des écosystèmes, et quel est l'argent qu'on va devoir consacrer pour lutter contre. Il y a des chiffres et il y a eu deux grosses études récentes sur le sujet, qui sont quand même un peu effrayantes.

Ingrid Bonhême : Juste sur cette notion de listes, j'insiste un peu parce que justement on a, depuis l'année dernière, formé nos équipes à identifier ces espèces parce qu'en fait, ils ne les connaissent pas forcément toutes très bien. De ce fait, si on avait une liste française officielle mise à jour tous les X années, on pourrait former nos équipes sur cette liste-là, et nous serions sûrs que sur tous les points d'inventaire, si elles sont présentes, elles seront identifiées. Donc je vous encourage une nouvelle fois à faire une liste nationale pour un suivi et un monitoring.

Brigitte Musch (ONF) : On a beaucoup focalisé sur la forêt et les forestiers sont relativement bien représentés dans la salle. Ici on est aussi à la Société d'horticulture et finalement on n'a pas beaucoup parlé de l'horticulture, de l'introduction des espèces dans les jardins, et puis quelque chose qui passe complètement sous le radar et pourtant que nous forestiers nous voyons, et contre lequel on doit beaucoup lutter, ce sont les déchets verts qui sont déposés en forêt, avec tout un tas de graines, d'espèces et pas forcément des forestières, qui se répandent dans les forêts. Donc il y a ces interactions entre le milieu forestier, le milieu des jardins, les prairies, etc. qu'il ne faut pas oublier non plus. Ce n'est pas que les forestiers qui introduisent tout et n'importe quoi !

Annexe 1. Liste des espèces exotiques du livre blanc (SBF 2021) identifiées comme espèces principales de la strate recensable des couverts forestiers par l’inventaire forestier national, et liste des espèces exotiques à forte dynamique (voir Matériel et Méthodes).

Les espèces sont classées par surface décroissante. Pour cette dernière, l’origine de la catégorisation est précisée.

Statut	Nom d’espèce	Surface (2016-2020)
Espèces exotiques à forte dynamique		
1	Pin noir d’Autriche	213 700
2	Robinier faux-acacia (Müller 2004, SBF 2021)	204 800
3	Chêne rouge d’Amérique (SBF 2021)	60 100
4	Erable negundo (Müller 2004, SBF 2021)	2 300
5	Ailante glanduleux (CE 2019)	2 100
6	Noyer noir d’Amérique (SBF 2021)	1 400
7	Mimosa sp. (CE 2019)	860
8	Cerisier tardif (Müller 2004, SBF 2021)	440
9	Tulipier de Virginie (SBF 2021)	160
Autres espèces exotiques		
1	Sapin de Douglas	408 000
2	Peuplier cultivé (sp.)	179 700
3	Epicéa de Sitka	27 900
4	Cèdre de l’Atlas	26 000
5	Mélèze du Japon (<i>Larix kaempferi</i>)	15 800
6	Peuplier grisard (hybride)	15 000
7	Sapin de Vancouver (<i>Abies grandis</i>)	6 700
8	Pin à encens (<i>Pinus Taeda</i>)	5 500
9	Pin Weymouth (<i>Pinus strobus</i>)	3 200
10	Cyprès de Lambert/Monterey (<i>Cupressus macrocarpa</i>)	2 800
11	Pin de Calabre/Turquie (<i>Pinus brutia</i>)	2 800
12	Amandier (<i>Prunus dulcis</i>)	1 900
13	Sapin de Nordmann (<i>Abies nordmanniana</i>)	1500
14	Platane d’Occident (<i>Platanus occidentalis</i>)	1 000
15	Eucalyptus sp.	1 000
16	Thuja géant/Cèdre rouge de l’Ouest (<i>Thuja plicata</i>)	500
17	Pruche de l’Ouest (<i>Tsuga heterophylla</i>)	500
18	Sapin du Colorado (<i>Abies concolor</i>)	500
19	Mélèze hybride	500
20	Pin laricio de Calabre (<i>Pinus nigra var Calabrica</i>)	500
21	Pin de Monterey (<i>Pinus radiata</i>)	400

Annexe 2. Liste des habitats d'intérêt communautaire forestiers, superficie estimée par l'inventaire forestier national et part de cette superficie dans la superficie totale définie en habitat (15,4 millions sur 15,9 millions de forêt de production hors peupleraies), campagnes d'inventaire 2016 à 2021.

Nom de l'habitat d'intérêt communautaire	Code HIC	Superficie (milliers hectares)			Part de la superficie définie en habitat*
Forêts de l'Europe tempérée					
Hêtraies du <i>Luzulo-Fagetum</i>	9110	402	±	25	2,6%
Hêtraies acidophiles atlantiques (ss bois <i>Ilex -Taxus</i>)	9120	1393	±	48	9,0%
Hêtraies de l' <i>Asperulo-Fagetum</i>	9130	3490	±	64	22,6%
Hêtraies subalp. médio-europ. (<i>Acer</i> et <i>Rumex arifolius</i>)	9140	60	±	12	0,4%
Hêtraies calcicoles médio-europ. <i>Cephalanthero-Fagion</i>	9150	536	±	37	3,5%
Chênaies pédonculées potentielles	9160	441	±	28	2,9%
Chênaies-charmaies du <i>Galio-Carpinetum</i>	9170	23	±	5	0,1%
Forêts de pentes, éboulis ou ravins du <i>Tilio-Acerion</i>	9180	81	±	13	0,5%
Chênaies pédonculées à molinie	9190	140	±	16	0,9%
Vieilles chênaies des îles Britanniques à <i>Ilex</i> et <i>Blechnum</i>	91A0	0			0
Frênaies thermophiles à <i>Fraxinus angustifolia</i>	91B0	Entre 4 et 16			ε
Tourbières boisées	91D0	Entre 7 et 17			ε
Forêts alluviales à <i>Alnus glutinosa</i> et <i>Fraxinus excelsior</i>	91E0	252	±	23	1,6%
Forêts mixtes riveraines des grands fleuves	91F0	107	±	15	0,7%
Forêts méditerranéennes à feuilles caduques					
Chênaies à <i>Quercus robur</i> et <i>Quercus pyrenaica</i>	9230	142	±	18	0,9%
Forêts de <i>Castanea sativa</i>	9260	97	±	18	0,6%
Forêts-galeries à <i>Salix alba</i> et <i>Populus alba</i>	92A0	40	±	12	0,3%
Galeries et fourrés riverains méridionaux	92D0	Entre 0 et 4			ε
Forêts méditerranéennes sclérophylles					
Forêts à <i>Olea</i> et <i>Ceratonia</i>	9320	Entre 9 et 29			ε
Forêts à <i>Quercus suber</i>	9330	114	±	20	0,7%
Forêts à <i>Quercus ilex</i> et <i>Quercus rotundifolia</i>	9340	1179	±	52	7,6%
Forêts à <i>Ilex aquifolium</i>	9380	Entre 7 et 21			ε
Forêts de conifères des montagnes tempérées					
Forêts acidophiles à <i>Picea</i> des étages montagnards à alpin	9410	143	±	18	0,9%
Forêts alpines à <i>Larix decidua</i> et/ou <i>Pinus cembra</i>	9420	58	±	14	0,4%

Forêts montagnardes et subalpines à <i>Pinus uncinata</i>	9430	37	±	11	0,2%
Forêts de conifères des montagnes méditerranéennes et macaronésiennes					
Pinèdes (sub-) méditerranéennes de pins noirs endémiques	9530	31	±	9	0,2%
Pinèdes méditerranéennes de pins mésogéens endémiques	9540	54	±	14	0,4%
Forêts endémiques à <i>Juniperus</i> spp.	9560	<i>Entre 0 et 6</i>			ε
Forêts de conifères méditerranéens et montagnardes	9580	<i>Entre 0 et 5</i>			ε
Habitat littoral (et boisé)					
Dunes boisées non-méditerranéennes	2180	96	±	14	0,6%

Annexe 3. Liste du caractère indigène ou non des espèces ligneuses pouvant atteindre 5 mètres de haut à maturité, pour chacune des 4 régions biogéographiques (domaine atlantique, domaine continental, domaine Méditerranéen, et domaine alpin).

Code	Nom latin	Nom français	CONT	ALPIN	MEDIT	France entière	
62	<i>Picea abies subsp. abies</i>	Epicea commun	NI	I	I	NI	I
59	<i>Pinus cembra</i>	Pin cembro	NI	NI	I	NI	I
57A	<i>Pinus halepensis</i>	Pin d'alep	NI	NI	NI	I	I
53CO	<i>Pinus nigra var. corsicana</i>	Pin laricio de corse	NI	NI	NI	I	I
58	<i>Pinus uncinata</i>	Pin a crochets	NI	I	I	NI	I
51	<i>Pinus pinaster subsp. pinaster</i>	Pin maritime	I	NI	NI	I	I
55	<i>Pinus pinea</i>	Pin parasol	NI	NI	NI	I	I
52	<i>Pinus sylvestris</i>	Pin sylvestre	NI	I	I	I	I
23PA	<i>Pyrus amygdaliformis</i>	Poirier a feuilles d'amandier	NI	NI	NI	I	I
23PC	<i>Pyrus pyraster</i>	Poirier commun	I	I	I	I	I
23PM	<i>Malus sylvestris</i>	Pommier sauvage	I	I	I	I	I
49PL	<i>Pistacia lentiscus</i>	Pistachier lentisque	NI	NI	NI	I	I
49PT	<i>Pistacia terebinthus</i>	Pistachier terebinthe	I	NI	NI	I	I
33B	<i>Populus alba</i>	Peuplier blanc	NI	I	I	I	I
33G	<i>Populus x canescens</i>	Peuplier grisard	I	I	I	I	I
33N	<i>Populus nigra</i>	Peuplier noir	I	I	I	I	I
24	<i>Populus tremula</i>	Tremble	I	I	I	I	I
23A	<i>Prunus dulcis</i>	Amandier	NI	NI	NI	I	I
22M	<i>Prunus avium</i>	Merisier	I	I	I	I	I
49PB	<i>Prunus brigantina</i>	Prunier de briancon	NI	NI	I	NI	I
22C	<i>Prunus cerasus</i>	Cerisier	I	I	I	I	I
23PD	<i>Prunus domestica</i>	Prunier domestique	I	I	I	I	I
49PM	<i>Prunus mahaleb</i>	Cerisier de sainte-lucie	I	I	I	I	I
22G	<i>Prunus padus</i>	Cerisier a grappes	I	I	I	NI	I
49PS	<i>Prunus spinosa</i>	Prunelier	I	I	I	I	I
34	<i>Quercus cerris</i>	Chene chevelu	NI	NI	NI	I	I
06	<i>Quercus ilex</i>	Chene vert	I	NI	I	I	I
05	<i>Quercus pubescens</i>	Chene pubescent	I	I	I	I	I
02	<i>Quercus robur subsp. robur</i>	Chene pedoncule	I	I	I	I	I
08P	<i>Quercus crenata</i>	Chene faux-liege	NI	NI	NI	I	I
03	<i>Quercus petraea subsp. petraea</i>	Chene sessile	I	I	I	I	I
08S	<i>Quercus suber</i>	Chene-liege	I	NI	NI	I	I
07	<i>Quercus pyrenaica</i>	Chene tauzin	I	I	NI	NI	I
49RA	<i>Rhamnus alaternus</i>	Nerprun alaterne	I	NI	NI	I	I
49RP	<i>Rhamnus alpina</i>	Nerprun des alpes	NI	I	I	I	I
49RC	<i>Rhamnus cathartica</i>	Nerprun purgatif	I	I	I	I	I
49BO	<i>Frangula alnus</i>	Bourdaie	I	I	I	I	I
25B	<i>Salix alba</i>	Saule blanc	I	I	I	I	I
25M	<i>Salix caprea</i>	Saule marsault	I	I	I	I	I
25C	<i>Salix cinerea</i>	Saule cendre	I	I	I	NI	I

25FD	<i>Salix daphnoides</i>	Saule faux daphne	NI	I	I	I	I
25FR	<i>Salix fragilis</i>	Saule cassant	I	I	I	NI	I
25D	<i>Salix eleagnos subsp. eleagnos</i>	Saule drape	NI	I	I	I	I
25E5	<i>Salix pentandra</i>	Saule a cinq etamines	NI	I	I	NI	I
25XR	<i>Salix x rubens</i>	Saule rouge	I	I	I	I	I
25E3	<i>Salix triandra</i>	Saule a trois etamines	I	I	I	I	I
25V	<i>Salix viminalis</i>	Saule des vanniers	I	I	I	I	I
49SN	<i>Sambucus nigra</i>	Sureau noir	I	I	I	I	I
49SR	<i>Sambucus racemosa</i>	Sureau rouge	NI	I	I	NI	I
23AB	<i>Sorbus aria</i>	Alisier blanc	I	I	I	I	I
23SO	<i>Sorbus aucuparia subsp. aucuparia</i>	Sorbier des oiseleurs	I	I	I	I	I
23C	<i>Sorbus domestica</i>	Cormier	I	I	I	I	I
23AF	<i>Sorbus latifolia</i>	Alisier de fontainebleau	I	I	NI	NI	I
23AM	<i>Sorbus mougeotii</i>	Alisier de mougeot	NI	I	I	NI	I
41	<i>Sorbus torminalis</i>	Alisier torminal	I	I	I	I	I
49TF	<i>Tamarix africana</i>	Tamaris d'afrique	NI	NI	NI	I	I
49TA	<i>Tamarix gallica</i>	TAMARIS DE France	NI	NI	NI	I	I
49TG	<i>Tamarix gallica</i>	Tamaris de france	NI	NI	NI	I	I
67	<i>Taxus baccata</i>	If	I	I	I	I	I
20P	<i>Tilia cordata</i>	Tilleul a petites feuilles	I	I	I	I	I
20G	<i>Tilia platyphyllos subsp. platyphyllos</i>	Tilleul a grandes feuilles	I	I	I	I	I
18C	<i>Ulmus minor subsp. minor</i>	Orme champetre	I	I	I	I	I
18D	<i>Ulmus laevis</i>	Orme lisse	I	I	NI	NI	I
18M	<i>Ulmus glabra subsp. glabra</i>	Orme de montagne	I	I	I	I	I
53S	<i>Pinus nigra subsp. salzmannii</i>	Pin de salzmann	NI	NI	NI	I	I
23PF	<i>Pyrus cordata</i>	Poirier a feuilles en cour	I	I	NI	NI	I
25R	<i>Salix atrocinerea</i>	Saule roux	I	I	I	NI	I
60	<i>Pinus mugo</i>	Pin mugo	NI	NI	I	NI	I
29MI	<i>Acacia farnesiana</i>	Mimosa	NI	NI	NI	NI	NI
29EN	<i>Acer negundo</i>	Erable negundo	NI	NI	NI	NI	NI
29MA	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Marronnier d'inde	NI	NI	NI	NI	NI
29AI	<i>Ailanthus altissima</i>	Ailante	NI	NI	NI	NI	NI
49MC	<i>Broussonetia papyrifera</i>	Murier de chine	NI	NI	NI	NI	NI
29CT	<i>Catalpa bignonioides</i>	Catalpa	NI	NI	NI	NI	NI
16	<i>Celtis australis</i>	Micocoulier	NI	NI	NI	NI	NI
49CS	<i>Cercis siliquastrum</i>	Arbre de judee	NI	NI	NI	NI	NI
49CA	<i>Citrus aurantium</i>	Oranger	NI	NI	NI	NI	NI
49CM	<i>Citrus medica</i>	Cedratier	NI	NI	NI	NI	NI
49CN	<i>Citrus reticulata</i>	Mandariner	NI	NI	NI	NI	NI
49AA	<i>Crataegus azarolus</i>	Aubepine azerolier	NI	NI	NI	NI	NI
66	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cypres de provence	NI	NI	NI	NI	NI
49C	<i>Cydonia oblonga</i>	Cognassier	NI	NI	NI	NI	NI
49KK	<i>Diospyros kaki</i>	Kaki	NI	NI	NI	NI	NI
29PL	<i>Diospyros lotus</i>	Plaqueminier	NI	NI	NI	NI	NI
49OB	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Olivier de boheme	NI	NI	NI	NI	NI
23F	<i>Ficus carica</i>	Figuier de carie	NI	NI	NI	NI	NI

29FA	<i>Fraxinus americana</i>	Frene d'amerique	NI	NI	NI	NI	NI
27C	<i>Juglans regia</i>	Noyer commun	NI	NI	NI	NI	NI
49LN	<i>Laurus nobilis</i>	Laurier noble	NI	NI	NI	NI	NI
42	<i>Liriodendron tulipifera</i>	Tulipier de virginie	NI	NI	NI	NI	NI
49MB	<i>Morus alba</i>	Murier blanc	NI	NI	NI	NI	NI
49MN	<i>Morus nigra</i>	Murier noir	NI	NI	NI	NI	NI
29PT	<i>Paulownia tomentosa</i>	Paulownia	NI	NI	NI	NI	NI
56	<i>Pinus strobus</i>	Pin weymouth	NI	NI	NI	NI	NI
49PN	<i>Pyrus nivalis</i>	Poirier neigeux	NI	NI	NI	NI	NI
29PV	<i>Pistacia vera</i>	Pistachier vrai	NI	NI	NI	NI	NI
26E	<i>Platanus hybrida</i>	Platane a feuilles d'erable	NI	NI	NI	NI	NI
26OC	<i>Platanus x hispanica</i>	Platane d'occident	NI	NI	NI	NI	NI
26OR	<i>Platanus orientalis</i>	Platane d'orient	NI	NI	NI	NI	NI
49PA	<i>Prunus armeniaca</i>	Abricotier	NI	NI	NI	NI	NI
49PC	<i>Prunus cerasifera</i>	Prune-cerise	NI	NI	NI	NI	NI
22S	<i>Prunus serotina</i>	Cerisier tardif	NI	NI	NI	NI	NI
29CE	<i>Quercus coccinea</i>	Chene ecarlate	NI	NI	NI	NI	NI
29CM	<i>Quercus palustris</i>	Chene des marais	NI	NI	NI	NI	NI
04	<i>Quercus rubra</i>	Chene rouge	NI	NI	NI	NI	NI
49RT	<i>Rhus typhina</i>	Sumac de virginie	NI	NI	NI	NI	NI
49VV	<i>Rhus vernicifera</i>	Vernis vrai	NI	NI	NI	NI	NI
14	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinier faux acacia	NI	NI	NI	NI	NI
25P	<i>Salix pedicellata</i>	Saule pedicelle	NI	NI	NI	NI	NI
23SF	<i>Sorbus hybrida</i>	Sorbier de finlande	NI	NI	NI	NI	NI
23SS	<i>Sorbus intermedia</i>	Sorbier de suedes	NI	NI	NI	NI	NI
68TC	<i>Thuja occidentalis</i>	Thuya du canada	NI	NI	NI	NI	NI
29TA	<i>Tilia americana</i>	Tilleul d'amerique du nord	NI	NI	NI	NI	NI
29TX	<i>Tilia x euchlora</i>	Tilleul vert	NI	NI	NI	NI	NI
29TT	<i>Tilia tomentosa</i>	Tilleul argente	NI	NI	NI	NI	NI
20X	<i>Tilia x europaea</i>	Tilleul de holande	NI	NI	NI	NI	NI
49OO	<i>Maclura pomifera</i>	Oranger des osages	NI	NI	NI	NI	NI
68CM	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cypres de lambert	NI	NI	NI	NI	NI
65	<i>Cedrus atlantica</i>	Cedre de l'atlas	NI	NI	NI	NI	NI
68CB	<i>Cedrus brevifolia</i>	Cedre de chypre	NI	NI	NI	NI	NI
76	<i>Cedrus libani</i>	Cedre du liban	NI	NI	NI	NI	NI
68CH	<i>Cedrus deodara</i>	Cedre de l'hymalaya	NI	NI	NI	NI	NI
54	<i>Pinus nigra subsp. nigra</i>	Pin noir d'autriche	NI	NI	NI	NI	NI
53CA	<i>Pinus nigra var. calabrica</i>	Pin laricio de calabre	NI	NI	NI	NI	NI
68PM	<i>Pinus radiata</i>	Pin de monterey	NI	NI	NI	NI	NI
64	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglas	NI	NI	NI	NI	NI
68CA	<i>Cupressus arizonica</i>	Cypres de l'arizona	NI	NI	NI	NI	NI
71	<i>Abies nordmanniana</i>	Sapin de nordmann	NI	NI	NI	NI	NI
70SE	<i>Abies pinsapo</i>	Sapin d'andalousie	NI	NI	NI	NI	NI
72V	<i>Abies grandis</i>	Sapin de vancouver	NI	NI	NI	NI	NI
73	<i>Picea sitchensis</i>	Epicea de sitka	NI	NI	NI	NI	NI
68EO	<i>Picea omorika</i>	Epicea omorica	NI	NI	NI	NI	NI

74J	<i>Larix kaempferi</i>	Meleze du japon	NI	NI	NI	NI	NI
68TG	<i>Thuja plicata</i>	Thuya geant	NI	NI	NI	NI	NI
68CL	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Cypres de lawson	NI	NI	NI	NI	NI
70SC	<i>Abies cephalonica</i>	Sapin de cephalonie	NI	NI	NI	NI	NI
57B	<i>Pinus halepensis subsp. brutia</i>	Pin brutia (ou) eldarica	NI	NI	NI	NI	NI
70SB	<i>Abies bornmuelleriana</i>	Sapin de turquie	NI	NI	NI	NI	NI
68SC	<i>Abies concolor</i>	Sapin du colorado	NI	NI	NI	NI	NI
68SI	<i>Abies cilicica</i>	Sapin de cilicie	NI	NI	NI	NI	NI
27N	<i>Juglans nigra</i>	Noyer noir	NI	NI	NI	NI	NI
29LI	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	NI	NI	NI	NI	NI
68PC	<i>Pinus contorta</i>	Pin de murray	NI	NI	NI	NI	NI
68SV	<i>Sequoia sempervirens</i>	Sequoia toujours vert	NI	NI	NI	NI	NI
68SG	<i>Sequoiadendron giganteum</i>	Sequoia geant	NI	NI	NI	NI	NI
68CC	<i>Taxodium distichum</i>	Cypres chauve	NI	NI	NI	NI	NI
68TH	<i>Tsuga heterophylla</i>	Tsuga heterophylle	NI	NI	NI	NI	NI
68CJ	<i>Cryptomeria japonica</i>	Cryptomeria du japon	NI	NI	NI	NI	NI
29FI	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Filao	NI	NI	NI	NI	NI
68TS	<i>Tsuga canadensis</i>	Tsuga du canada	NI	NI	NI	NI	NI
77	<i>Pinus taeda</i>	Pin a l'encens et hybrides	NI	NI	NI	NI	NI
72N	<i>Abies procera</i>	Sapin noble	NI	NI	NI	NI	NI
74H	<i>Larix x marschlinsii</i>	Meleze hybride	NI	NI	NI	NI	NI
19	<i>Peuplier Autre cultivé""</i>	Peuplier cultive	NI	NI	NI	NI	NI
29AF	<i>Autre feuillu exotique</i>	Autre feuillu exotique	NI	NI	NI	NI	NI
68CE	<i>Autre conifère exotique</i>	Autre conifere exotique	NI	NI	NI	NI	NI
36	<i>Eucalyptus</i>	Eucalyptus (genre)	NI	NI	NI	NI	NI

CONCLUSION

par **Thierry GAUQUELIN**

En conclusion de cette journée, je vous livre quelques réflexions personnelles.

- La première réflexion, c'est que j'ai trouvé vraiment passionnant le fait d'avoir présents à ce séminaire à la fois des géographes, des historiens, des écologues, des forestiers, etc. La confrontation de toutes ces disciplines est essentielle pour remettre en perspective ce vaste sujet des essences exotiques en forêt. On aurait rêvé avoir aussi peut-être des sociologues. Je me rappelle, il y a maintenant quelques dizaines d'années, d'une étude qui avait été faite dans les Comminges, près de Toulouse, par l'INRAE, qui avait demandé à la population d'un village, quels étaient pour eux les sites les plus emblématiques de la naturalité, de leurs milieux, etc., et cela avait été, pas unanimement et peut-être que la réponse serait différente aujourd'hui, une plantation de pins noirs qu'ils avaient à proximité, avec un étang où ils pouvaient pêcher, etc.
- La deuxième impression, que j'ai ressentie vraiment dans cette journée, c'est qu'il y avait l'arbre bien sûr, mais il y avait surtout toute une approche écosystémique. Et peut-être que si cette réunion avait eu lieu il y a une vingtaine d'années, on n'aurait pas du tout eu cette même idée que l'arbre fait partie d'un ensemble, d'un écosystème, avec un fonctionnement particulier, comme c'est apparu au travers de beaucoup d'interventions. C'est pourtant bien au niveau de l'écosystème qu'il faut intervenir, notamment lorsqu'on parle de l'adaptation au changement climatique. Et dans cet écosystème, il y a un compartiment tout à fait essentiel, Marc-André Selosse en a parlé, c'est le sol et peut-être n'avons-nous tout de même pas suffisamment parlé du sol, parce qu'évidemment, une forêt c'est notamment la biodiversité du sol mais aussi son fonctionnement. Une forêt, c'est 600, 800, 1000 arbres à l'hectare et c'est, pour vous donner un exemple, 1 milliard de collemboles sur 1 ha ; c'est, on va dire, 2 milliards d'acariens. Ce sont des chiffres absolument impensables, mais avec des organismes qui sont non seulement importants au niveau de la biodiversité, mais qui jouent un rôle, on l'a évoqué, dans la décomposition des litières, etc. Les collemboles, ce sont ces petits hexapodes qui vont consommer les feuilles, les fragmenter, participer à la formation de l'humus, participer au cycle du carbone et à la fameuse fixation de carbone dans les sols forestiers, etc. Là aussi, je vous livre un souvenir d'il y a un peu plus de 25 ans, à Toulouse, on avait étudié l'impact sur la mésofaune du sol, donc notamment sur les populations de collemboles, d'une plantation d'épicéas (espèce considérée comme exotique dans les Pyrénées puisqu'elle y a disparu il y a à peu près 20 000 ans), réalisée à la place d'une hêtraie native. Et bien les résultats avaient montré que les populations de collemboles diminuaient d'une façon très importante suite à ce remplacement. Alors ce n'est pas forcément lié uniquement au caractère exotique de l'espèce, parce que c'était aussi un résineux qui remplaçait un feuillu, mais on perdait une biodiversité très importante en nombre et en qualité, c'est-à-dire qu'il y avait un certain nombre d'espèces endémiques qui disparaissaient, dont on ne connaît pas forcément le rôle. Donc, cela rejoint toutes les discussions sur l'importance de prendre en considération l'ensemble de l'écosystème.



- Une troisième idée, qui a été soulevée notamment par Bruno Fady, c'est de bien se dire qu'évidemment, l'introduction d'essences exotiques, soit pour enrichir, soit dans des plantations, etc., c'est une option parmi d'autres et que la régénération naturelle est aussi une option à envisager. Sachant qu'il faudrait peut-être aussi mettre le paquet sur les études concernant cette régénération naturelle, et notamment sur les impacts des pratiques sylvicoles sur la régénération naturelle, comme le cloisonnement, les rémanents, les éclaircies...
- Et puis le dernier point que je voudrais soulever, on en a beaucoup parlé, c'est qu'il y a certes toute une gradation, mais aussi un écart important entre une migration assistée, par exemple du chêne pubescent qu'on va prendre dans le Luberon et planter dans le nord de la France —où d'ailleurs il est déjà présent spontanément en forêt de Fontainebleau ou sur le plateau de Langres par exemple—, donc avec une espèce qui est finalement assez semblable, dont on peut penser que les organismes du sol vont pouvoir dégrader la litière facilement ; c'est complètement différent d'une introduction d'un *Sequoiadendron* des États-Unis, par exemple, dont les collemboles n'ont jamais vu la couleur, ni l'odeur. Donc c'est vrai qu'il y a un grand écart entre ces deux options, qui sont aussi deux problématiques bien différentes.

En tout cas merci à toutes et tous pour cette magnifique journée où l'on a pu apprendre beaucoup de choses.

Normes de publication dans le *Journal de Botanique*

Instructions aux auteurs

Les manuscrits des articles doivent être fournis **sous format informatique** (logiciel *Word*) avec les coordonnées de chaque auteur (adresse, téléphone et courriel).

Ils sont à adresser à l'adresse suivante : **publicationjb@societebotaniquedefrance.fr**

Les illustrations, en noir&blanc ou en couleurs, sont à fournir au format *Image* en .jpeg avec la résolution minimale de 380 dpi. Chaque figure (graphe, photographies, carte...) sera référencée dans le texte (de la figure 1 à n).

Les tableaux de données et tableaux phytosociologiques doivent être définitifs et reproductibles en l'état (*Excel* ou *Word*). Une attention particulière sera portée par les auteurs à la comptabilité avec le format d'impression A4.

Le texte des manuscrits doit être parfaitement corrigé et exempt de fautes de français ou d'orthographe.

Les manuscrits sont soumis à un Comité de lecture. Le Rédacteur fait connaître aux auteurs l'avis du Comité sur l'insertion, les modifications souhaitées ou le rejet des manuscrits. Les auteurs conservent l'entière responsabilité de la teneur des textes publiés.

L'auteur doit également retourner le **contrat de cession** des droits d'auteur signé ; il lui appartient le cas échéant d'obtenir l'accord formel de ses co-auteurs, ainsi que celui de son institution si nécessaire. Un modèle est téléchargeable sur le site de la SBF.

Présentation des textes

Le texte doit se conformer aussi strictement que possible à la présentation de la revue.

Le manuscrit indique le titre, les auteurs avec leurs coordonnées, les résumés en français et en anglais.

Pour les noms botaniques, la nomenclature utilisée doit être conforme à *APGIV* pour les familles et *Flora Gallica* pour la France métropolitaine. Pour l'Europe et les autres régions, les auteurs indiqueront les *Index* utilisées en référence. La nomenclature doit être homogène dans tout le texte.

Tous les noms latins de plantes seront en italique dans le texte.

Les citations bibliographiques, les légendes des figures sont mentionnées dans le texte.

La bibliographie est placée en fin d'article. La présentation des références doit être identique à celle des numéros parus du journal :

- les noms d'auteurs référencés ou non, en minuscules (première lettre en majuscule) ;
- le titre entier de la référence bibliographique en minuscules sans enrichissement (gras, souligné, etc. exclus) ni justification ou césures, capitales (majuscules) en début de phrase et pour les initiales des noms propres ;
- les noms des périodiques en italique.

Exemples :

Mouly A., De Block P., 2008 - A new species of *Coptosperma* (Rubiaceae) from the Comoro Islands and Madagascar. *Systematics and Geography of Plants* **78**: 145-155.

Cook C.D.K. 2004. – *Aquatic and Wetland Plants of Southern Africa*. Backhuis Publishers, Leiden, 281 p.

Tirés à part

La revue fournit à chaque auteur le fichier en .pdf de sa publication. Ce fichier sera transmis aux auteurs dans un délai de 2 semaines après la parution du numéro.

