

9,50 €

n° 260

Sept.-Octobre
2021

FORÊT

entreprise

La revue technique des forestiers

Esperense

Évaluer les essences de demain

Pin maritime
Apport organique

Post-tempête
Dynamique de végétation

Tarn
Renouvellement résineux


CNPF
Institut pour le
Développement forestier

STAGES IDF 2022 Programme prévisionnel



Le service formation de l'Institut pour le développement forestier est certifié au Référentiel national qualité Qualiopi. Nous vous accueillerons dans nos prochaines formations, dans le respect strict des règles sanitaires en vigueur.

| Gestion – Sylviculture | | | |
|--|--|--------------------------|-----------------------|
| Bien préparer une plantation | A. Depaix & E. Ulrich, ONF ; J. Fiquepron, IDF | Nancy (54) | 27-30 sept. – 3,5 jrs |
| Bien choisir et planter des plants de qualité | S. Girard, IDF, J. Conche, ONF | Sécherie de La Joux (39) | 25-27 oct. – 3 jrs |
| L'équilibre forêt-gibier en pratique | P. Brossier, CRPF ; D. Pierrard, Ecole Belval ; C. Launay, Bois Landry | Champrond-en-Gâtine (28) | 11-13 oct. – 2,5 jrs |
| Sylviculture de quelques feuillus à croissance rapide | A. Depaix, ONF ; M. Baumeister, CRPF ; J. Becquey, IDF | Alsace | 8-10 juin – 2,5 jrs |
| Diagnostic | | | |
| Les enjeux de la santé des forêts face au changement climatique | F.-X. Saintonge, DSF ; J. Rosa, CRPF | Orléans (45) | Mi-juin – 2 jrs |
| Diagnostic des sols et applications forestières | T. Brusten, IDF ; J.-M. Boissier, Ecosylve | Lozère | 13-16 sept. – 3 jrs |
| Tassement, ornières, compaction des sols forestiers : risques et mesures préventives | J. Fiquepron, IDF ; P. Ruch, FCBA | Charrey-sur-Saône (21) | 3-4 nov. – 2 jrs |
| Droit et fiscalité | | | |
| La fiscalité en forêt : mode d'emploi | L. Depeige & J. Hubelé, CNPF | Toulouse (31) | 17-18 mai – 2 jrs |
| Les projets carbone forestier en pratique | S. Martel & O. Gleizes, IDF | | nov. – 2 jrs |
| Zonages environnementaux et gestion forestière : mode d'emploi | L. Depeige & S. Pillon, CNPF | Orléans (45) | 21-22 sept. – 2 jrs |
| Faune – Flore | | | |
| Les chiroptères et la gestion forestière | L. Tillon, ONF ; M. Lauer, CRPF | Rambouillet (78) | 5-8 octobre – 3,5 jrs |
| Méthodes – Outils | | | |
| Initiation SIG avec Quantum GIS (Qgis), logiciel libre | M. Chartier, IDF | Orléans (45) | 21-22 juin – 2 jrs |

Nouveautés : Formation à l'usage de l'application BioClimSol / Utilisation de l'Indice de biodiversité potentielle

Pour tous renseignements et inscriptions, contactez Christine Clémente au **02 38 71 91 14**, ou par courriel : idf-formation@cnpf.fr

Retrouvez toutes les informations sur le site www.cnpf.fr, dans se Former/Les formations de l'IDF.


 Messe München

Register as an exhibitor now:
interforst.com/application

INNOVATIONS FOR FORESTRY, WOOD AND TECHNOLOGY

July 17–20, 2022, Messe München

International Key Trade Fair for Forestry and Forest Technology with Scientific Conferences and Special Shows

interforst.com

INTERFORST

Centre national de la propriété forestière
Institut pour le développement forestier
47 rue de Chaillot, 75116 Paris
Tél. : 01 47 20 68 15
idf-librairie@cnpf.fr

Directeur de la publication
Antoine d'Amécourt
Directeur de la rédaction
Éric Sevrin

Comité de lecture
Mme Anne-Marie Bareau
M. François Didot
M. Eugène Duisant
M. Thomas Formery
M. Bernard Héois
M. Martial Hommeau
M. Henri Lherm
M. Claude Mannevy
M. Geoffroy de Moncuit

Rédactrice
Nathalie Maréchal

Assistante rédaction
Marion Sentis

Conception graphique - Mise en page
Sophie Saint-Jore

Responsable Édition-Diffusion
Christine Pompougnac

Diffusion - abonnements
François Kuczynski

Impression : **Imprimerie**
43 rue Ettore Bugatti
87280 Limoges
Tél. : 05 55 04 14 04

Tous droits de reproduction ou de traduction réservés
pour tous pays, sauf autorisation de l'éditeur.

Périodicité : 6 numéros par an
Abonnement 2021

France : 50 € - étranger : 63 €

édité par le CNPF-IDF

Commission paritaire des publications et
agences de presse : n° 1024 T 08072

ISSN : 0752-5974

Siret : 18009235500452

Les études présentées dans Forêt-entreprise ne
donnent que des indications générales. Nous attirons
l'attention du lecteur sur la nécessité d'un avis
ou d'une étude émanant d'une personne ou d'un
organisme compétent avant toute application à
son cas particulier. En aucun cas le CNPF-IDF ne
pourrait être tenu responsable des conséquences –
quelles qu'elles soient – résultant de l'utilisation des
méthodes ou matériels préconisés.

Cette publication peut être utilisée dans le cadre
de la formation permanente.

Dépôt légal : septembre-octobre 2021



Eric Paillassa © CNPF



Arboretum Reinforce de Monceaux au Perche (61)
à 7 ans, plantation de bouleau verruqueux,
cèdre de l'Atlas, et pin maritime.

Relais d'Esperense

Bienvenue et merci à madame Anne-Marie Bareau, nouvelle présidente du CNPF de prendre le relais ! Je lui souhaite beaucoup de réussite dans le pilotage et la défense de notre établissement public au service des propriétaires.

J'ai eu le plaisir et l'honneur d'exercer ce mandat de présidence durant 7 ans. Je remercie l'engagement au quotidien et la collaboration fructueuse des personnels avec l'équipe de direction et des élus, malgré des effectifs très contraints.

J'ai été l'ambassadeur d'un établissement reconnu et apprécié auprès du ministère de l'Agriculture entre autres ministères et auprès de nos multiples partenaires.

Le CNPF possède tous les atouts et la légitimité pour faire face aux nombreux défis climatiques, économiques et sociétaux auxquels la forêt, particulièrement privée, sera confrontée.

Aujourd'hui, l'enjeu – qui nous mobilise – est climatique.

Je salue les partenariats bénéfiques entre nos organismes privés et publics de R&D, pour la création du projet Esperense, porteur d'espoir. Ce réseau initie une coordination fructueuse afin de démultiplier des expérimentations d'essences nouvelles en forêt.

Les groupes de progrès, composés de sylviculteurs impliqués, sauront être – j'en suis persuadé – les acteurs privilégiés de cette dynamique d'essais.

Je martèle souvent qu'il est aussi essentiel que tous les bois produits trouvent un marché ; la diversité de nos forêts sera maintenue s'il y a une diversité des usages de nos bois !

Afin de renforcer ce lien entre la forêt et le bois, il nous appartient d'être constructif et d'expliquer l'intérêt de notre travail dans sa globalité pour la société.

En cette période d'après Covid et du retour des citoyens vers les campagnes, sachons les accueillir et leur expliquer notre savoir-faire.

Antoine d'Amécourt, ancien président du CNPF



Sylvain Gaudin © CNPF

Test de comportement
du programme
Esperense :
plantation de
calocède en motte
sur sol travaillé, suite
à une coupe rase
d'épicéa dans l'Aube.

Nous vous présentons nos excuses
pour le retard de parution de ce numéro.

Numéro suivant 261
Chêne pubescent – Projet Conqueth*
* Capacité d'Occupation du Nord par les Quercus Thermophiles

ACTUS > 4

PHOTO À L'HONNEUR > 64

ABONNEZ-VOUS À FORÊT
entreprise
OU ABONNEZ L'UN DE VOS PROCHES
La revue technique des forestiers

Renseignements sur : www.foretpriveefrancaise.com
↳ rubrique librairie ↳ les publications de l'IDF
ou par courriel : idf-librairie@cnpf.fr

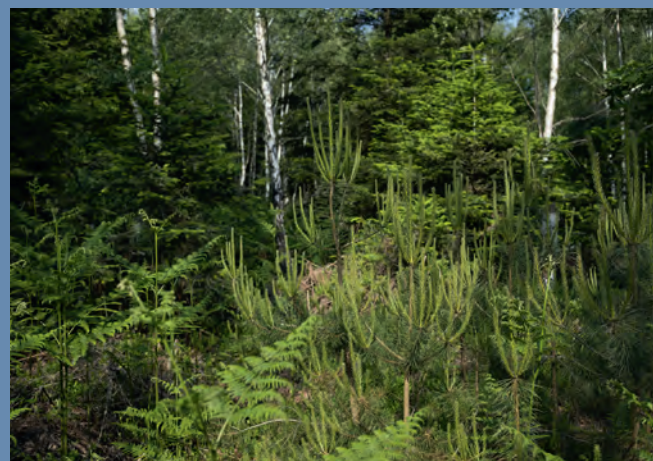
30 % de remise
pour les adhérents
de groupes de développement

ABONNEMENT NUMÉRIQUE
• 1 AN + 2 ANS D'ARCHIVES
39 €

**ABONNEMENT PAPIER +
NUMÉRIQUE • 1 AN**
60 € • ÉTRANGER : 73 €

ABONNEMENT PAPIER
1 AN • 6 NUMÉROS
50 € • ÉTRANGER 63 €

Centre national de la propriété forestière -
Institut pour le développement forestier
47 rue de Chaillot - 75116 PARIS
Tél. : 01 47 20 68 39



Sylvain Gaudin © CNPF

CNPF > 6

Renouvellement
de la ressource forestière dans le Tarn
Gregory Nouky, Alexandre Petroff, Antoine d'Aragon,
Magali Maviel, Pascal Mathieu

POST-TEMPÊTE > 13

Les observatoires
des peuplements dévastés et mités
après tempête, 1^{re} partie

Lisa Laurent, Eric Lacombe, Catherine Collet, Lucie Dietz,
Jean-Luc Dupouey, Jean-Claude Gégout,
Vincent Boulanger, Pierre Gonin

PIN MARITIME > 50

Introduction de plantes légumineuses
en Landes de Gascogne

David Vidal, Mark R. Bakker, Frédéric Bernier,
Florian Delerue, Jean-Luc Denou,
Jean-Christophe Domec, Catherine Lambrot
Sylvie Niollet, Pierre Trichet et Laurent Augusto

PARUTION > 58

Un autre regard sur la forêt
Un livre pour ouvrir les yeux

Sophie Bertin - Propos recueillis par Christine Pompougnac

FORESTIERS ET SOCIÉTÉ > 61

L'énrésinement par plantation :
10 % de nos forêts

Raymond Gabriel

Dossier :

Esperense : un réseau d'essais pour les essences de demain

- > 20 Expérimenter les essences de demain
Éric Paillassa et Brigitte Musch
- > 22 Comment prioriser les efforts d'évaluation de nouvelles essences pour l'adaptation ?
Hedi Kebli, Céline Perrier, Philippe Riou-Nivert, Yves Rousselle et Myriam Legay
- > 27 Comment choisir les espèces et provenances à expérimenter pour l'avenir ?
Brigitte Musch, Éric Paillassa, Valentin Bouttier et Salomé Fournier
- > 32 Trois protocoles d'évaluation des essences pour une science participative
Éric Paillassa, Patrick Pastuszka, Brigitte Musch
- > 36 S'approvisionner en semences pour expérimenter de nouvelles espèces ou provenances
Sabine Girard, Patrice Brahic et Joël Conche
- > 40 Premiers essais du réseau Esperense
Éric Paillassa, Alain Berthelot
- > 46 Le réseau Esperense
Un réseau participatif et multipartenaire
Éric Paillassa, Brigitte Musch, Myriam Legay

Partenariat renforcé au bénéfice de la forêt privée & publique

Antoine d'Amécourt, président du conseil d'administration du Centre national de la propriété forestière (CNPf), et Bertrand Munch, directeur général de l'Office national des forêts (ONF), signent une convention sur leur collaboration au bénéfice de la forêt française le 24 septembre 2021 en forêt d'Orléans.

Cette convention renforce les partenariats existant depuis longtemps entre les deux établissements publics en charge de la mise en œuvre de la politique forestière de l'État.

La forêt cristallise aujourd'hui de nombreuses attentes : environnementales, économiques et sociétales. Elle est également soumise à de nouveaux défis climatiques.

Cette convention vise à amplifier la synergie entre les deux établissements au service de l'innovation pour accompagner l'adaptation des forêts à ces nouvelles conditions. Une communication commune renforcée sera mise en place pour répondre aux nombreuses attentes sociétales dans ce domaine.

Pour répondre à ces enjeux, les deux établissements ayant des rôles et missions spécifiques (développement de la gestion des forêts privées pour le CNPF, gestion des forêts publiques pour l'ONF), renforcent leurs travaux autour de 4 axes :

- recherche et développement en particulier sur l'adaptation des forêts au changement climatique (ressources génétiques-matériau végétal et outils sylvo-climatiques) ;
- techniques de gestion préservant les sols ;
- nouvelles technologies destinées à l'acquisition de données forestières ;
- communication commune destinée aux professionnels et au grand public.

Communiqué du 24 septembre 2021



Bertrand Munch (à gauche), directeur général de l'ONF et Antoine d'Amécourt (à droite), ancien président du CNPF signent la convention de partenariat CNPF-ONF.

Nathalie Maréchal © CNPF



Code de bonnes pratiques sylvicoles

Le Code de bonnes pratiques sylvicoles + est garant de la gestion durable pour les forêts de petites surfaces. La loi luttant contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dites loi Climat et Résilience (loi n° 2021-1104 du 22 août 2021) dans son article 53 donne la possibilité d'adhérer à un Code des bonnes pratiques sylvicoles (CBPS+) avec un programme de coupes et travaux agréé par la délégation régionale du CNPF pour tout propriétaire de forêt de moins de 25 ha.

Les adhésions aux CBPS antérieures à la loi Climat et Résilience restent valables jusqu'à leur terme. Néanmoins, les propriétaires disposent de 2 ans (jusqu'au 25 août 2023) pour faire approuver un programme de coupes et de travaux. Leurs bois et forêts ne disposeront plus de la présomption de garantie de gestion durable prévue à l'article L124-2 du code forestier à l'expiration de ce délai.

A télécharger sur :

<https://hautsdefrance.cnpf.fr/n/code-des-bonnes-pratiques-sylvicoles/n:745>



FORÊT PASSION

Un documentaire sur les forêts limousines à découvrir absolument

Forêt Passion - YouTube : <https://youtu.be/vzDnQCqA-s>

Le syndicat Fransylva Limousin vous invite au cœur des forêts limousines. Ce film documentaire réalisé par Jean Desmaison et narré par François Berléand raconte la passion des forestiers privés et leur travail de sylviculture. Le film a reçu le prix Environnement de The Spot Festival et est sélectionné pour un prix Cannes Corporate & Media.

Le CNPF

au Congrès mondial de la Nature

Le CNPF était présent au Congrès mondial de la Nature organisé à Marseille par l'UICN.

Le CNPF a participé à la table ronde organisée sur « le renouvellement des forêts françaises en temps de changement climatique » par FNE avec INRAE et ReForest'Action, et présenté le projet MEDForFUTUR, une action de R&D en région Provence-Alpes-Côte d'Azur pour aider les forêts méditerranéennes à s'adapter aux changements climatiques.

Ce projet a été réalisé en partenariat avec l'ONF et INRAE, avec l'appui de Fransylva PACA et le soutien financier du ministère de l'Agriculture et la DRAAF PACA.

Pour en savoir plus :

<https://paca.cnpf.fr/actualite/voir/1956/le-cnpf-au-congres-mondial-de-la-nature/n:50>



Nouvelle présidence du CNPF



Marie-Claude Munsch © CNPF



Anne-Marie Bareau succède à Antoine d'Amécourt à la présidence du Centre national de la propriété forestière (CNPF), le 13 octobre 2021.

Anne-Marie Bareau est élue présidente du CNPF par son conseil d'administration, devenant la première femme atteignant cette fonction. Propriétaire forestière avec ses sœurs en Auvergne et dans le Limousin, elle est engagée au sein du CNPF depuis 10 ans notamment en qualité de vice-présidente de la délégation Auvergne en 2011, puis présidente de la délégation Auvergne-Rhône-Alpes depuis sa fusion en 2017, 1^{re} vice-présidente du CNPF de 2017 à 2020 et présidente du comité de direction du service de recherche et développement du CNPF, l'Institut pour le développement forestier (IDF), depuis novembre 2018.

Femme de terrain, engagée aussi dans la filière forêt-bois, elle s'attachera à conforter le positionnement du CNPF au service des propriétaires forestiers privés et poursuivre sa modernisation. Le rôle du CNPF, unique établissement public spécialisé et référent de la gestion durable des forêts privées, est en effet chaque jour plus essentiel au vu des enjeux forestiers croissants : besoins de la filière, nécessaire adaptation des forêts aux dérèglements climatiques et attentes sociétales multiples (production de bois, environnement, risques).

Après 7 ans en qualité de président du CNPF, Antoine d'Amécourt a démissionné de sa fonction pour se consacrer à ses nouvelles missions de conseiller régional des Pays de la Loire et de membre du Conseil économique, social et environnemental. Fervent défenseur de la forêt privée, Antoine d'Amécourt poursuit ses engagements au service de la filière forêt-bois, notamment comme président de Fransylva.

Antoine d'Amécourt (à gauche) et Anne-Marie Bareau (à droite).



Christophe Barbe © CNPF

C+FOR – Forêt et carbone

Le CNPF est le leader de la conception de projets carbone sur mesure compatibles avec le label Bas-Carbone. Il accompagne les entreprises et les établissements publics qui souhaitent contribuer à des projets de compensation carbone en forêt privée en France. Un service d'utilité forestière C+For – Forêt et carbone est créé pour développer les projets bénéficiant du Label Bas-Carbone.

La ministre de la Transition écologique, Barbara Pompili a visité un projet Label Bas-Carbone sur le site du récent incendie de Beaume de Venise dans le Vaucluse. Le projet « CNPF C+For n° 5 Cévennes ardéchoises » est un projet pilote du CNPF financé par le Groupe La Poste dès 2015. Le porteur de projet est l'ASLGF des Cévennes ardéchoises avec une partie du projet en forêt communale de Banne et de Malbosc. Le reboisement est réalisé avec l'emblématique essence endémique de la zone : le pin de Salzmann. Une expérimentation « inédite » de boisement mélangé avec 10 feuillus est réalisée : aulne de Corse, cormier, alisier torminal, chêne pubescent, micocoulier, tilleul à petites feuilles, chêne rouge d'Amérique, érable plane, frêne à fleurs, érable à feuilles d'obier. Ce projet apportera de la biodiversité dans une zone très boisée en pin maritime. Ce projet, labellisé Bas-Carbone en mai 2020, devrait permettre de capter 697 tCO₂ sur 30 ans.

Pour plus d'infos, consulter : <https://www.cnpf.fr/n/foret-et-carbone/n:2490>

<https://www.cnpf.fr/actualite/voir/1069/repertoire-2021-2022-des-projets-carbone-au-cnpf/n:170>



Nouveau site

www.peupliersdefrance.org

Une nouvelle charte graphique actualisée est complétée de rubriques en lien avec les professionnels. Le menu « popiculture » contient les pages « technique ». Un annuaire de la filière Peuplier recense les entreprises et organisations, spécifiquement peuplier. L'objectif est de faciliter leur mise en relation avec les popiculteurs, et aussi avec d'autres professionnels. La nouvelle plateforme des adhérents Merci le Peuplier, l'Annuaire de la filière Peuplier, et la mise à jour du site ont pu être réalisés grâce à un cofinancement de France Bois Forêt et du CODIFAB.

Chêne de l'Allier

Les propriétaires forestiers privés de l'Allier (Fransylva) créent la marque « Chêne de l'Allier » pour protéger la réputation de cette matière première prisée et développer sa commercialisation. Toute la filière bois bourbonnaise utilisera cette marque, y compris l'Office national des forêts.

La marque Chêne de l'Allier est là « pour protéger la réputation des chênes du département et développer sa reconnaissance dans toute la France auprès des consommateurs notamment », explique le conseil d'administration de Fransylva Allier. Le chêne de l'Allier, reconnu pour sa qualité, sert de la tonnellerie jusqu'à la charpente.

Une première en France où seules des AOC sont répertoriées, comme celle du bois du Jura. « L'AOC impose une certification complexe et coûteuse, c'est pourquoi nous avons privilégié une marque, plus simple à mettre en place. Il nous a tout de même fallu deux ans de travail », déclare Jean-Jacques Miyx, président de Fransylva, le syndicat des forestiers privés de l'Allier, avec 760 adhérents.



Renouvellement de la ressource forestière dans le Tarn

Évaluation du rythme des coupes rases et de leur devenir

Par Gregory Nouky¹, Alexandre Petroff¹, Antoine d'Aragon², Magali Maviel³, Pascal Mathieu³



20 min

¹ Actuellement CNPF-CRPF Auvergne-Rhône-Alpes.

² Syndicat des propriétaires forestiers du Tarn.

³ CNPF-CRPF Occitanie.

Une augmentation des coupes rases est observée dans le Tarn depuis 2003, avec l'arrivée à maturité des peuplements résineux plantés avec l'aide du Fonds forestier national. Après 5 ans, 85 % des surfaces sont revenues à l'état boisé. L'effort de reboisement est réalisé pour plus de 82 % des coupes de résineux et en priorité pour les forêts dotées de plan simple de gestion : le fruit d'une bonne communication des messages du CRPF et de Fransylva Tarn.

Le renouvellement de la ressource forestière privée dépend en partie des reboisements, en particulier pour les futaies résineuses. Dans le Tarn, une grande partie de ces futaies ont été plantées avec l'appui du Fonds forestier national (FFN). Mis en place en 1947, celui-ci est monté en puissance jusqu'à maintenir le boisement et reboisement d'environ 1 100 ha/an entre les années 1955 et 1974. De 1975 à 1999, marquant la fin de ce fonds, le rythme moyen était d'environ 330 ha/an (source : Direction départementale des territoires du Tarn). L'arrivée à maturité de ces plantations dans un contexte de changements climatiques et d'un déséquilibre sylvo-cynégétique a poussé le Centre régional de la propriété forestière d'Occitanie et le syndicat des propriétaires forestiers du Tarn à engager en 2018-2019 une étude visant :

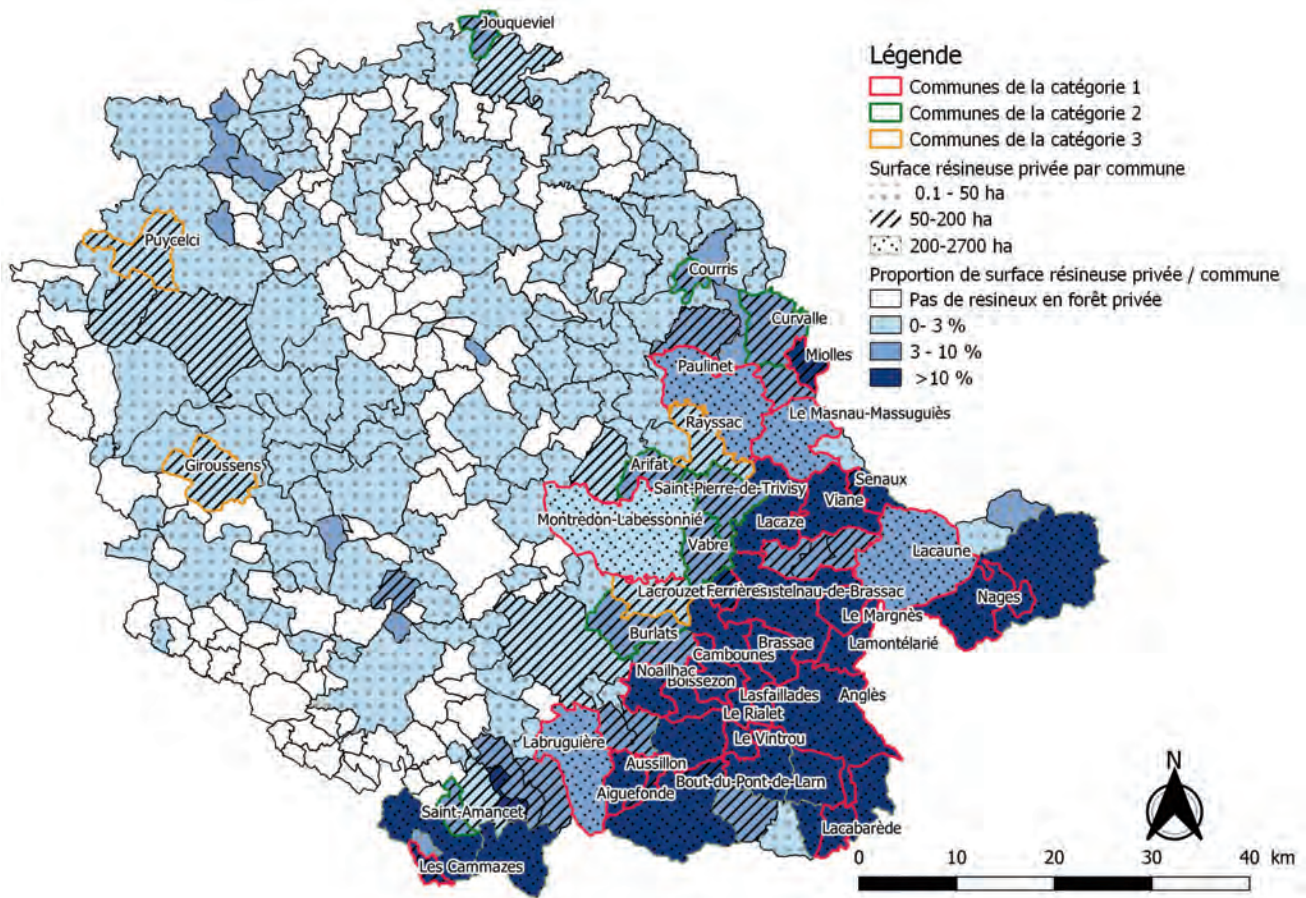
- ▀ d'abord à évaluer le rythme des coupes rases depuis 2003 et à quantifier le devenir de ces coupes rases : reboisement, défrichage, retour à un état boisé satisfaisant ;
- ▀ ensuite à caractériser les reboisements en termes de surface et d'essences pour, enfin, réaliser un suivi à 5 ans des plantations réalisées.

Cet article décrit les résultats associés aux deux premiers objectifs. Un 2^e article décrira les résultats du suivi de plantations à 5 ans.

Le premier volet de cette étude quantifie le rythme des coupes rases en forêt privée et caractérise leur devenir. Pour estimer au mieux ces surfaces à l'échelle du département dans les délais impartis, un échantillonnage par commune a été réalisé. Les communes du département sont classées en fonction de leur surface cumulée de peuplements résineux. L'échantillonnage s'est concentré sur les communes avec les plus grandes surfaces résineuses. Quelques communes avec des surfaces plus modestes sont également incluses dans l'échantillonnage. Le rythme des coupes rases et leur devenir sont analysés par comparaison de photographies aériennes successives (2003, 2006, 2010, 2013 et 2016). Une vérification de terrain a été réalisée dans les cas où l'examen des photos aériennes ne permettait pas de conclure.

Au total, le territoire de 39 communes a été analysé, pour environ 60 000 ha de forêt privée. À l'échelle du Tarn, cela représente 37 % des forêts privées et 56 % des parcelles de forêt privée occupées par des peuplements résineux. L'échantillonnage des communes contenant plus de la moitié des peuplements résineux du département, l'extrapolation des résultats à l'échelle du département pour ces peuplements, est convenable.

Figure 1 – Répartition géographique des communes sélectionnées



Les communes ont été classées en fonction de la surface occupée par des peuplements résineux d'après la BD FORET (IGN).

La catégorie 1 correspond aux communes ayant plus de 200 ha de forêts résineuses privées ou une surface forestière résineuse privée représentant plus de 10 % de la surface de la commune.

La catégorie 2 correspond aux communes ayant entre 50 ha et 200 ha de forêts résineuses privées et représentant entre 3 % et 10 % de la surface de la commune (les petites communes avec de grandes surfaces de résineux).

La catégorie 3 correspond aux communes ayant entre 50 ha et 200 ha de forêt résineuse privée et représentant moins de 3 % de la surface de la commune (les communes étendues avec de grandes surfaces de résineux).

La catégorie 4 correspond aux communes ayant moins 50 ha de forêts résineuses. Cette catégorie n'est pas échantillonnée.

La méthode d'extrapolation à l'échelle du Tarn pour les coupes de peuplements résineux consiste à distinguer les communes de la catégorie 1 des autres et de réaliser une règle de 3 sur chacun des groupes. Ainsi, la surface de coupes rases résineuses à l'échelle du Tarn s'exprime par :

$$\frac{S_{coup_com_obs_cat1}}{S_{com_obs_cat1}} \times S_{com_cat1} + \frac{S_{coup_com_obs_cat(2+3)}}{S_{com_obs_cat(2+3)}} \times S_{com_cat(2+3+4)}$$

Où S désigne une surface en ha, et les indices correspondent à :

- coup : coupée à ras
- com_obs_cat_i = communes observées de la catégorie i
- com_cat_i = toutes les communes de la catégorie i

Nous avons renoncé à appliquer cette extrapolation aux peuplements feuillus car notre échantillonnage ne couvrait que 30 % des forêts feuillues du Tarn et que la catégorie 4, contenant plus de la moitié des peuplements feuillus du Tarn n'avait pas été échantillonnée. Appliquer les prélèvements des catégories 2 et 3 à la catégorie 4 aurait induit une surestimation démesurée et difficilement quantifiable de la récolte de feuillus à l'échelle du département.

Figure 2 – Rythme des coupes rases et leur devenir quel que soit le groupe d'essences

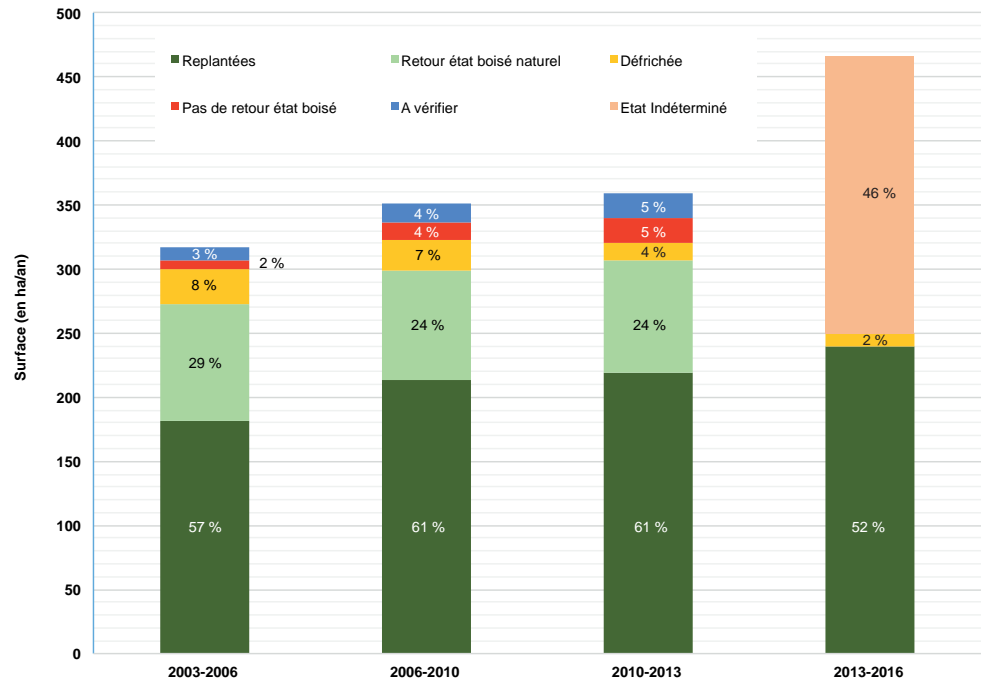
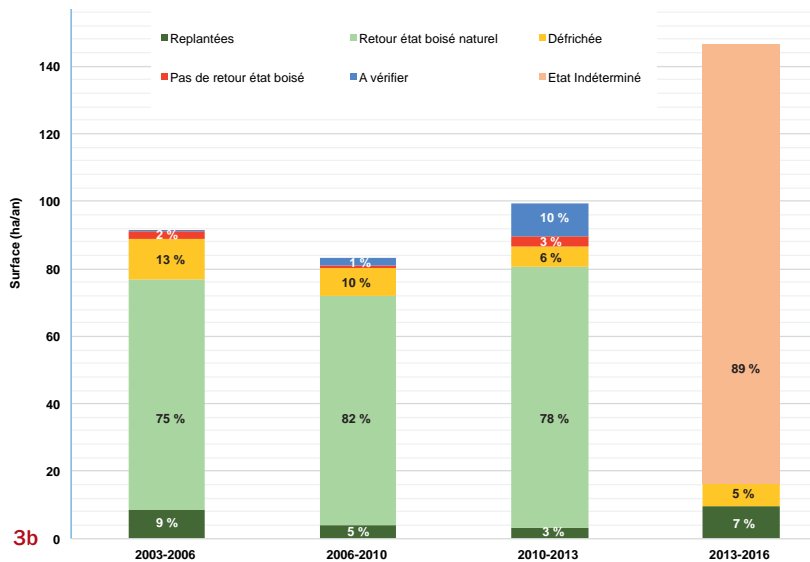
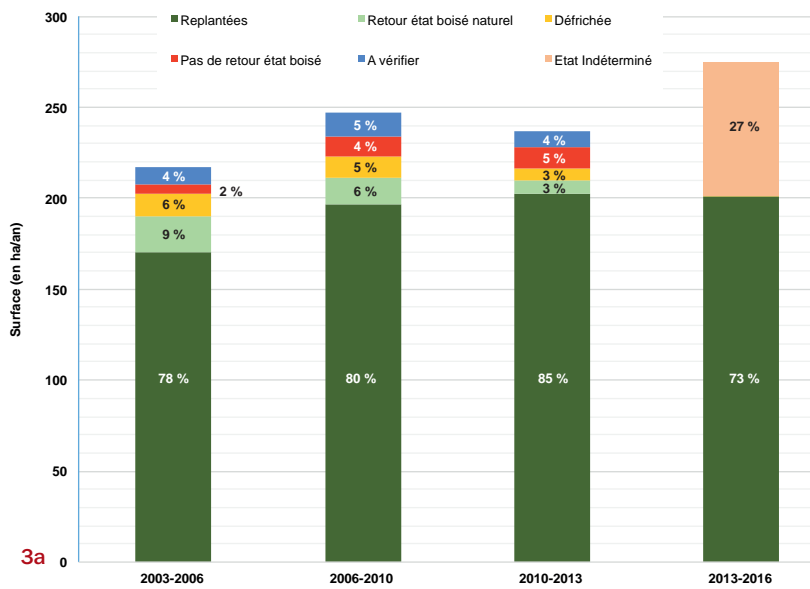


Figure 3 – Rythme des coupes rases et leur devenir en distinguant le groupe d'essences antérieures : résineux (a) et feuillus (b)



Augmentation du rythme des coupes rases entre 2003 et 2016

Au cours de la période 2003-2016, 4 829 ha de coupe rase sont détectés en forêt privée sur les 39 communes observées. La surface moyenne de coupe est de 2,1 ha. Ces coupes sont réalisées à 66 % dans des peuplements résineux, 28 % concernent des peuplements de feuillus et 6 % sont des peuplements mélangés. Sur cette période, le rythme de coupe rase augmente de 47 %, passant de 320 ha/an à 470 ha/an entre 2003 et 2016. La principale source de cette augmentation des coupes rases provient de peuplements feuillus avec + 91 % en 14 ans. Le rythme des coupes rases sur peuplements de résineux augmente lui aussi, mais de façon plus modérée (+ 25 % en 14 ans).

L'extrapolation de ces résultats à l'échelle du département montre pour les peuplements résineux un rythme des coupes rases qui passe de 380 ha/an (2003-2006), à 476 ha/an (2013-2016).

Que deviennent ces coupes rases ?

L'analyse des photos aériennes successives et la vérification de terrain a permis de classer les coupes selon les catégories suivantes : replantées, retour état boisé naturel, pas de retour satisfaisant à l'état boisé après 5 ans, défrichées, à vérifier, état indéterminé. La catégorie « à vérifier » correspond aux cas lorsque l'examen des photos aériennes n'est pas concluant et la vérification terrain n'a pas été possible. La catégorie « état indéterminé » correspond aux cas de coupe rase où d'une part le défrichement n'est pas constaté et où d'autre part le délai légal des 5 ans pour

caractériser le retour à l'état boisé n'est pas échu (photo aérienne en 2016 et étude en 2018-2019). De fait, le devenir de 46 % des coupes effectuées entre 2013 et 2016 n'est pas encore caractérisé en 2018.

Pour l'ensemble des peuplements, résineux et feuillus confondus

Sur les 39 communes observées, les surfaces de reboisement augmentent entre 2003 et 2013. La proportion des coupes rases replantées varie peu, autour de 60 % entre 2003 et 2013 (Figure 2). La proportion des coupes revenant à un état boisé naturel satisfaisant oscille autour de 25 %. La proportion des défrichements diminue de moitié passant de 8 % à 4 % de surfaces de coupe rase. En revanche, les coupes dont le retour à un état boisé n'est pas satisfaisant après 5 ans voient leur surface multipliée par 4 en 10 ans (de 2 à 5 %, soit 5 ha/an à 20 ha/an) (Figure 2). La proportion des surfaces perdues pour la forêt (défrichées ou sans retour à un état boisé satisfaisant) oscille entre 9 et 11 % des surfaces rasées, soit entre 34 ha/an et 38 ha/an sur les 39 communes.

Deux réalités bien distinctes selon les résineux ou feuillus

Pour les peuplements résineux, les coupes rases sont suivies de reboisement sur environ 82 % des surfaces, cette proportion augmente au cours des années (Figure 3a). Peu de coupes rases reviennent à un état boisé satisfaisant de façon naturelle, de l'ordre de 6 % de la surface. Ainsi, ce sont environ 88 % des surfaces de coupe rase de résineux qui reviennent à un état boisé satisfaisant. La perte de surface forestière, par suite de défrichage ou de défaut de retour à un état boisé satisfaisant après 5 ans, concerne environ 8 % des surfaces rasées. Par manque de temps, l'état de certaines parcelles après coupe n'a pas pu être confirmé (4 % environ des surfaces). Extrapolé à l'échelle du département, le rythme annuel de reboisement passe de 296 à 346 ha/an entre 2003 et 2016.

Pour les peuplements feuillus, le retour à un état boisé satisfaisant concerne entre 81 et 87 % des surfaces de coupe rase, avec seulement une faible proportion de reboisement (entre 3 et 9 %, Figure 3b). La perte de surface forestière, par suite de défrichage ou de défaut de retour à un état boisé satisfaisant après 5 ans, concerne entre 9 et 15 % des peuplements feuillus coupés à ras.

En complément, une enquête auprès d'une quinzaine de propriétaires, qui ont réalisé une coupe rase de résineux sans replanter sur la période 2003-2013, permet de cerner leurs raisons. Trois aspects reviennent dans les réponses des 13 propriétaires :

- ➡ le premier est financier, les propriétaires estimant que le revenu de la coupe n'était pas suffisant pour couvrir le coût de la plantation et des entretiens ultérieurs. Ils mentionnent également les risques sanitaires liés à cet investissement ;
- ➡ le second point de vue est le souhait de laisser faire la nature, les essences qui s'installeront naturellement étant d'après eux « adaptées » et leur éviteraient le coût lié à la plantation ;
- ➡ enfin, la troisième justification est liée aux défrichements, qui sont réalisés quand les propriétaires possèdent déjà des terres agricoles à proximité et estiment pouvoir mieux rentabiliser ces parcelles par une production agricole.

La présence d'un plan simple de gestion implique-t-elle une gestion plus durable ?

Les données précédentes sont triées en fonction de l'existence ou non d'un Plan simple de gestion (PSG). Pour l'ensemble des parcelles, tant dotées d'un PSG que dépourvues, le rythme de coupe augmente chaque année entre 2003 et 2016 (Figure 5). Entre 2003 et 2016, sur 4 829 ha de coupes rases observées sur les 39 communes :

- ➡ 60 % ont lieu dans des forêts dotées d'un PSG, ce qui représente environ 3 000 ha. Sur cette surface, 82 % des coupes sont effectuées sur des peuplements résineux, 12 % dans des peuplements feuillus. Les 3/4 des coupes rases de résineux ont donc lieu sur des propriétés dotées d'un plan simple de gestion (Figure 4b). Sur la période 2003-2013, 83 % des coupes rases réalisées dans des forêts avec PSG sont replantées (Figure 5b).
- ➡ 40 % ont lieu dans des forêts non soumises à un PSG. Les 1 800 ha coupés à ras hors PSG sont pour plus de la moitié réalisés sur des peuplements feuillus et pour plus de 40 % sur des peuplements résineux (Figure 4a). Pour les peuplements feuillus, 74 % de la surface rasée se trouve dans des forêts dépourvues de plan simple de gestion.

Figure 4 – Typologie des peuplements rasés selon la présence ou non d'un PSG

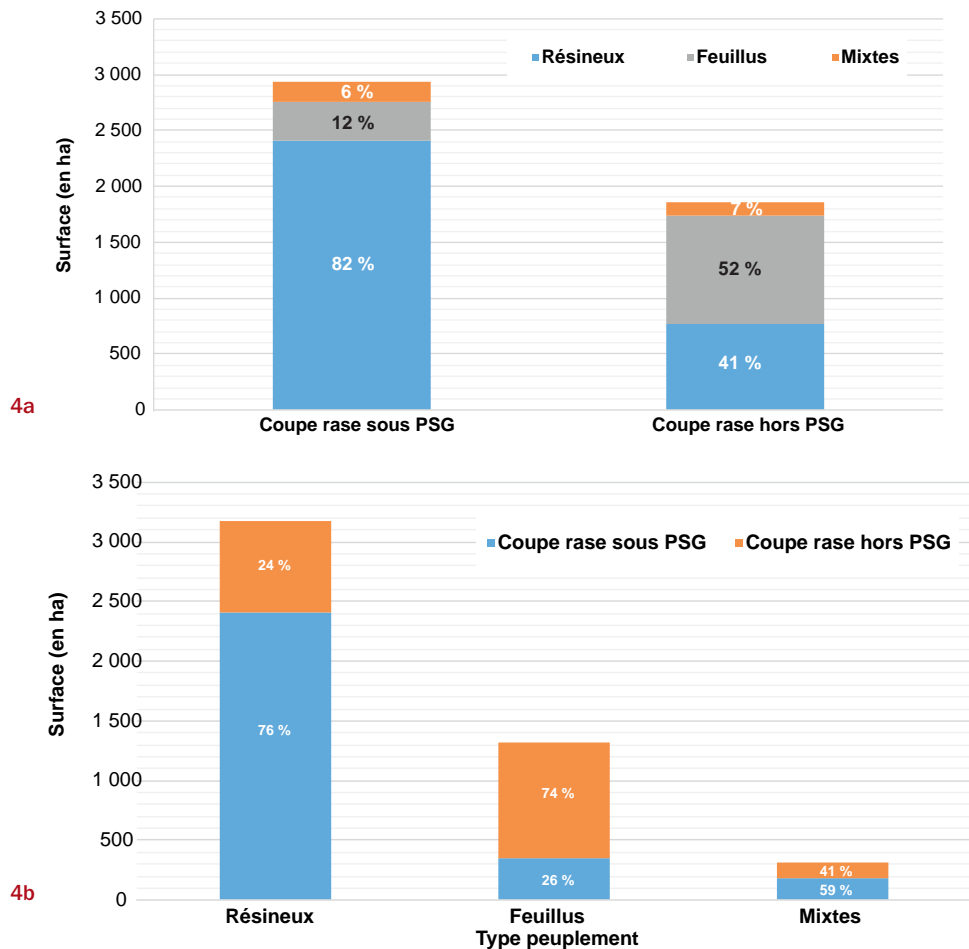
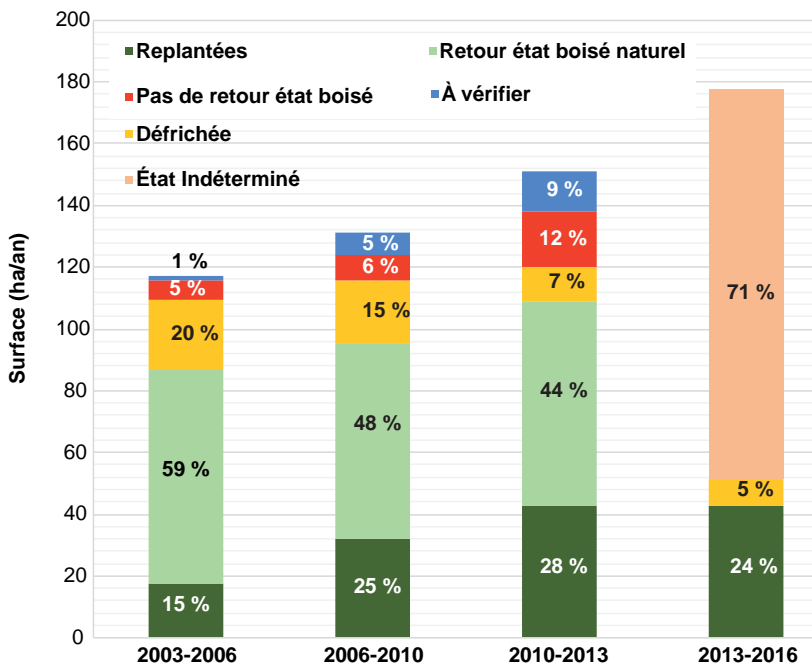


Figure 5a – Typologie du devenir des coupes rasées dans les propriétés non soumises à PSG



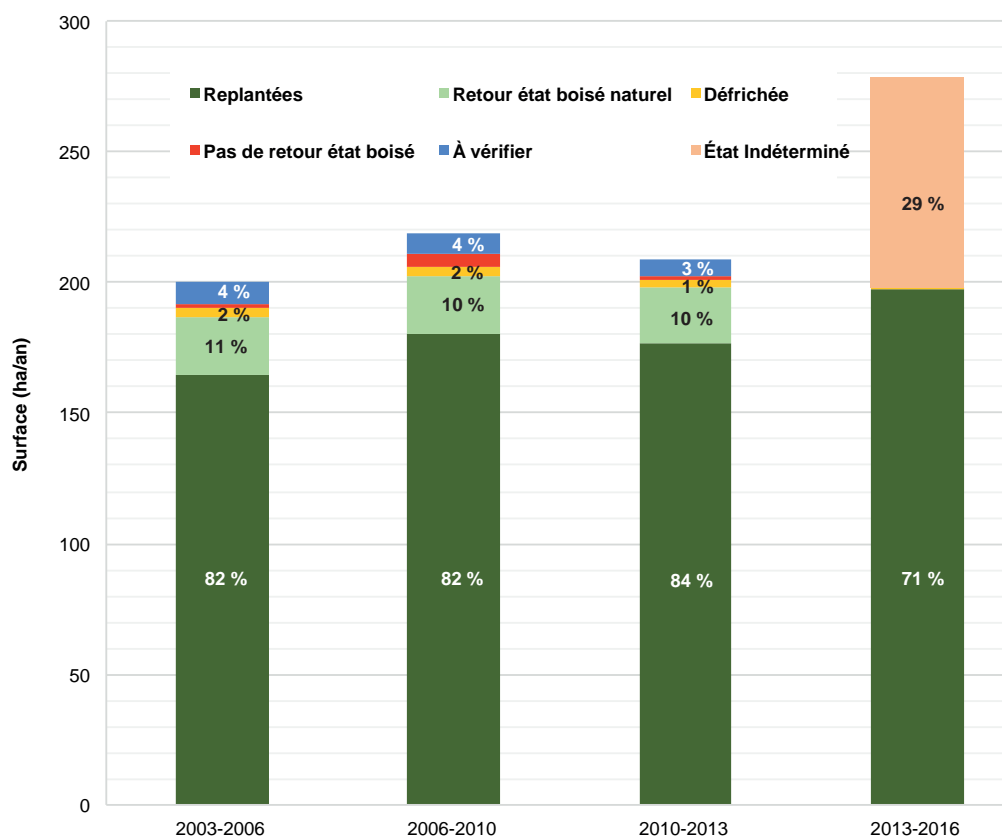
Dans les forêts avec PSG, entre 92 et 94 % des coupes rasées reviennent à un état boisé satisfaisant, soit par plantation, soit par retour naturel à l'état boisé (Figure 5b). Par comparaison, entre 72 et 74 % des coupes rasées hors PSG reviennent à un état boisé satisfaisant après 5 ans (Figure 5a).

La perte de surface à vocation forestière est de l'ordre de 35 ha/an à l'échelle des 39 communes dont 30 ha/an sur des parcelles qui ne bénéficient pas d'un PSG (Figure 5). Cette analyse met en avant l'importance du PSG, et plus généralement le document de gestion durable, pour assurer une gestion à long terme des forêts.

Quelles essences sont plantées dans le Tarn ?

Depuis la fin du Fonds forestier national, les reboisements ont pu bénéficier dans le Tarn de plusieurs campagnes d'aides publiques, quoiqu'à une échelle bien moindre. Les deux dernières ont été la reconstitution des peuplements

Figure 5b – Typologie du devenir des coupes rases dans les propriétés soumises à PSG

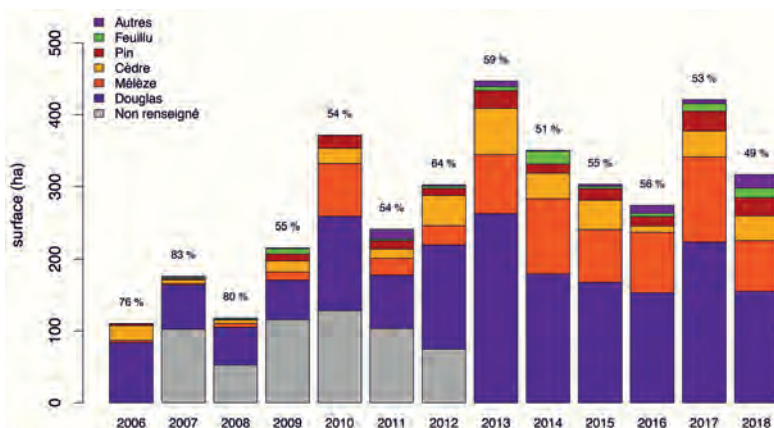


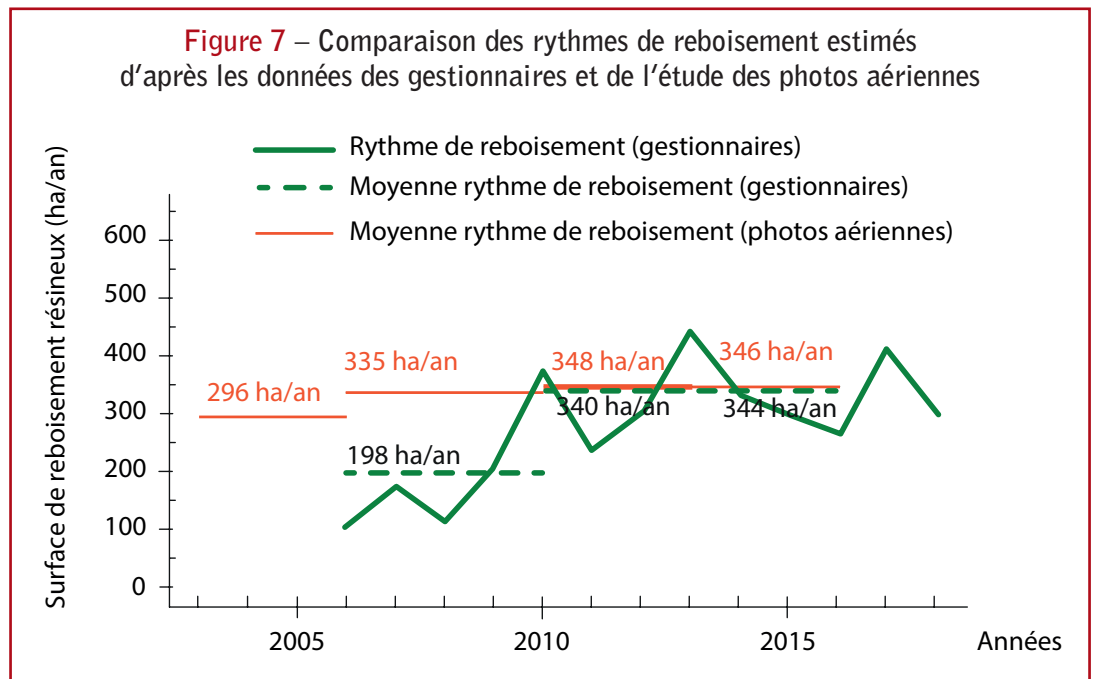
ments suite à la tempête Klaus (2009-2011) et la séquestration de carbone grâce au Fonds régional carbone (FRC, depuis 2011).

Avec l'aide des gestionnaires forestiers professionnels et de la direction départementale des territoires chargée d'instruire les dossiers de subvention, nous avons pu reconstruire l'historique des reboisements de 2006 à 2018. Les essences principales de reboisement sont le douglas vert (55 % des surfaces), le mélèze d'Europe et le mélèze hybride (24 %), le cèdre de l'Atlas (11 %) et les pins (5 %) ; les feuillus ne représentant que 2 % des plantations. Ces données de reboisement issues des gestionnaires ont été comparées aux résultats issus de l'analyse des photographies aériennes en se concentrant sur les reboisements de résineux (Figure 7 p. 12).

Ces deux sources sont globalement en accord, si on exclue la période 2006-2009. Là, les données de gestionnaires sont très inférieures aux données issues de la comparaison de photos aériennes.

Figure 6 – Répartition des surfaces reboisées en fonction des essences. Le pourcentage surmontant le total annuel correspond à la proportion de douglas vert, hors plantation dont l'essence n'a pas été renseignée





Nous pensons que les raisons sont à chercher dans l’archivage informatique, assez peu développé chez les techniciens forestiers, et dans les départs en retraite des techniciens historiquement très présents sur le territoire. La surface reboisée chaque année suite à coupe rase de résineux à l’échelle du Tarn oscille donc entre 296 et 346 hectares.

Reboisement majoritaire après la récolte

Cette étude réalisée dans les forêts privées du Tarn a permis de quantifier le rythme annuel des coupes à ras et d’évaluer leur devenir. Sur la période 2003-2016, elle a mis en lumière un accroissement du rythme annuel des coupes rases, tant sur les peuplements résineux (+ 25 %) que feuillus (+ 91 %). Cette augmentation est pour partie imputable à l’arrivée à maturité des peuplements plantés avec l’aide du FFN. Pour les peuplements résineux, l’extrapolation à l’échelle du Tarn indique un rythme de coupe passant de 380 ha/an à 476 ha/an entre 2003 et 2016 et un rythme de reboisement passant de 296 à 346 ha/an.

La continuité dans le temps du couvert forestier est plus importante dans les propriétés bénéficiant d’un plan simple de gestion. Ainsi, 92 à 94 % des surfaces coupées à ras dans les PSG reviennent à un état boisé satisfaisant dans les 5 ans du fait d’un reboisement artificiel ou par recru naturel. Par comparaison, 72 à 74 % des coupes rases hors PSG reviennent à un état boisé satisfaisant. Le reste des surfaces sont soit défrichées soit n’ont pas recouvré un état boisé satisfaisant après 5 ans.

Grâce aux données fournies par les gestionnaires du département, il est observé que les principales essences utilisées en reboisement dans le département sont par ordre d’importance : le douglas vert, les mélèzes hybrides et d’Europe, le cèdre de l’Atlas et les pins. Ces données ont permis de planifier l’étape suivante de cette étude consistant à évaluer l’état des plantations quelques années après leur installation. Les résultats, portant sur un suivi de 130 plantations après environ 5 ans, seront présentés dans un prochain article de *Forêt-entreprise*, n° 261. ■

Résumé

À la demande du syndicat des forestiers privés du Tarn, le CRPF Occitanie a évalué l’augmentation et le devenir des coupes rases dans les forêts privées du Tarn entre 2003 et 2016. Durant cette période, le rythme annuel des coupes rases de peuplements résineux passe de 380 à 476 ha/an à l’échelle du département, en raison de la maturité des peuplements plantés à l’aide du Fond forestier national. Les ¾ des coupes rases de peuplements résineux sont dotées d’un plan simple de gestion et sont suivies pour 82 % de reboisement. Les coupes rases de feuillus, en majorité sans plan simple de gestion (74 %), sont suivies à 73 % d’un retour à un état boisé de façon naturelle. Tous peuplements confondus, 10 % des surfaces coupées ne retrouvent pas d’état boisé après 5 ans. Les essences de reboisement sont par ordre d’importance le douglas vert, les mélèzes hybride et d’Europe, le cèdre de l’Atlas, les pins.

Mots-clés: forêt privée, Tarn, renouvellement de futaie, coupe rase résineux, documents de gestion durable.

Les observatoires des peuplements dévastés et mités après tempête ^{1^{re}} partie

Dynamique naturelle forestière dans les peuplements affectés par la tempête de 1999 après deux décennies

Par Lisa Laurent, Eric Lacombe, Catherine Collet, Lucie Dietz, Jean-Luc Dupouey, Jean-Claude Gégout¹, Vincent Boulanger², Pierre Gonin³



20 min

Comment évoluent les peuplements dévastés après les tempêtes ? L'étude de la dynamique naturelle de reconstitution post-tempête montre qu'une régénération naturelle s'installe en quantité suffisante en 20 ans dans de nombreux sites. La densité et la croissance des essences dépendent de la taille de la trouée et la composition du peuplement antécédent.

¹ Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, UMR Silva, Nancy, France.

² Département recherche, développement et innovation, Office national des forêts, Fontainebleau, France.

³ CNPF-IDF, Maison de la Forêt, 7 ch. de la Lacade, Auzeville-Tolosane, France.

Les ouragans Lothar et Martin de décembre 1999 ont touché une part importante des forêts de la France tempérée, principalement dans le Nord-Est et le Sud-Ouest de la France. Ils ont endommagé 968 000 hectares sur plus de 10 % de leur couvert soit 6,9 % de la forêt française et ont détruit l'équivalent de plus de trois récoltes annuelles de volume de bois (IFN, 2003). Les réflexions menées pour reconstituer les peuplements affectés par les tempêtes ont mis en évidence un manque de connaissances patent sur les critères permettant de distinguer les surfaces pouvant se régénérer naturellement de celles devant être plantées pour obtenir rapidement un peuplement d'intérêt économique. Pour progresser sur ces critères, un observatoire des peuplements dévastés (trouées⁴ de plus de 2 ha) et un observatoire des peuplements mités (trouées de moins de 1 ha) ont été mis en place à partir de 2002 pour caractériser les dynamiques naturelles de reconstitution des écosystèmes forestiers après tempête.

La succession végétale de reconstitution naturelle d'un peuplement forestier après une forte perturbation commence théoriquement par

l'installation des essences pionnières, suivies des post-pionnières, puis des dryades constitutives du stade forestier final (Rameau, 1999). Si ce scénario est souvent observé, il existe dans la littérature de nombreux témoignages de l'importance de l'intensité de la perturbation, de la taille de la zone affectée, de la présence de semis préexistants ainsi que de la composition du peuplement antérieur et des peuplements avoisinants dans la modulation de la succession forestière.

Grâce au suivi de la régénération spontanée sur 20 ans, selon plusieurs gradients écologiques (altitude, fertilité du sol) et avec diverses compositions de peuplement antécédent, l'observatoire a permis de distinguer plusieurs dynamiques naturelles à l'œuvre et d'identifier des variables responsables de la modulation de la succession forestière après tempête. L'observatoire et le dispositif de suivi est présenté succinctement, suivi des résultats de l'analyse des dynamiques de régénération spontanée (densité et composition de la régénération). Ces résultats préfigurent les possibilités de diagnostic pour optimiser les stratégies de reconstitution après tempête, objet d'un second article⁵.

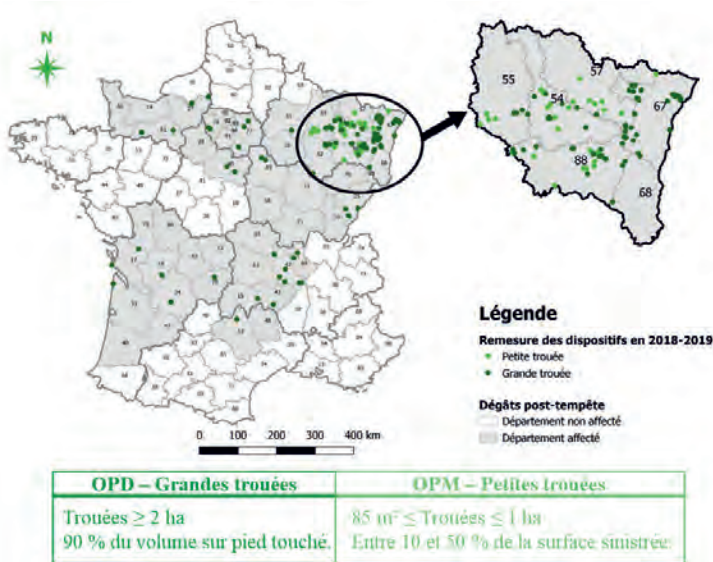
⁴ Trouée (dynamique de la végétation) : ouverture plus ou moins importante créée dans un couvert forestier, dans celui d'une formation buissonnante ou herbeuse dense et haute. Au niveau de l'écosystème forestier, les trouées créées par la mort d'arbres (ou encore par des perturbations ou des coupes pratiquées par l'homme) sont à l'origine d'une dynamique cyclique, avec des cycles sylvigénétiques ou sylviculturaux plus ou moins longs et complexes selon leur surface. Le retour à la composition d'origine peut être rapide au niveau des petites trouées, ou plus lent au niveau des grandes trouées, où se succèdent alors les phases pionnière, transitoire puis de maturité (Bastien *et al.*, *Vocabulaire forestier. Écologie, gestion et conservation des espaces boisés*. CNPF-IDF, 2011)

⁵ Parution dans le n° suivant de la revue *Forêt-entreprise* (n° 261).

Les observatoires des peuplements dévastés et mités

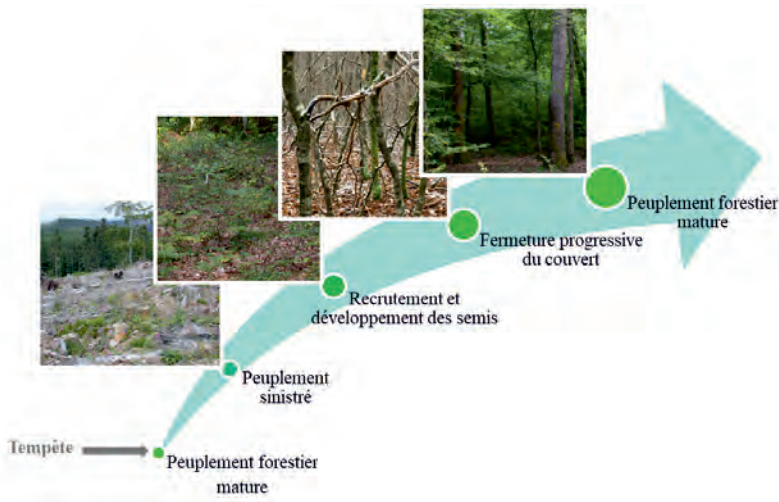
Les 114 grandes trouées de l'observatoire des peuplements dévastés (surface > 2 ha, OPD) sont réparties sur l'ensemble du territoire français, mais avec une forte concentration de sites dans la région Grand Est, région particulièrement touchée par la tempête. Les quelques sites des grandes régions écologiques (GRECO) peu représentées au sein de l'observatoire n'ont pas été retenus dans la suite de l'analyse. Les 71 petites trouées de l'observatoire des peuplements mités (surface < 1 ha, OPM) sont suivies uniquement dans la région Lorraine (Figure 1).

Figure 1 – Localisation des sites de l'observatoire des peuplements dévastés et mités installés après la tempête de 1999



L'observatoire est issu de la fusion de deux réseaux de suivi (OPD : Observatoire des peuplements dévastés ; OPM : Observatoire des peuplements mités en Lorraine).

Figure 2 – Succession d'étapes en libre évolution attendue après perturbation de large ampleur, comme une tempête.



La gestion des chablis dans les trouées a été variable : certaines trouées ont été exploitées alors que d'autres ne l'ont pas été. Ainsi, la quantité et la structure des rémanents post-tempête est très hétérogène dans ces observatoires.

Aucune intervention n'a été réalisée dans les observatoires entre les différentes périodes de mesures. Les évolutions observées sont issues de la dynamique naturelle de reconstitution des peuplements dans les trouées (Figure 2). La libre évolution des milieux ouverts après perturbation est assez rare dans les sites forestiers. Cependant, son suivi permet d'acquérir une meilleure connaissance de la dynamique de reconstitution spontanée (place des essences pionnières, compétition herbacée, diversité et dominance des essences, successions forestières...).

Les protocoles de suivi (voir encadré) étant semblables, les deux observatoires ont été assemblés pour permettre l'étude d'un gradient de tailles de trouées plus important. Pour chaque observatoire, trois campagnes de mesures ont été réalisées : en 2002, 2005 et 2018 pour les grandes trouées et en 2005, 2009 et 2018 pour les petites trouées. Les trouées suivies sont réparties le long de deux gradients écologiques (richesse chimique du sol et altitudinal) et présentent plusieurs compositions de peuplement antécédent.

Des suivis sont effectués pour caractériser les conditions environnementales et suivre la dynamique de colonisation de la communauté végétale (plus particulièrement la dynamique de la régénération ligneuse arborée).

Les mesures sont effectuées à plusieurs échelles spatiales emboîtées :

- la trouée (surface variable),
- la placette (disque de rayon 10 m),
- le plateau (disque de rayon 2 m).

Une grande trouée est constituée en moyenne de 4 placettes de 3 plateaux et une petite trouée d'une placette et de 6 plateaux. Les principales données utilisées dans le cadre de cette étude sont résumées dans le tableau 1. Les densités utilisées dans le cadre de ce travail sont calculées à l'échelle de la trouée.

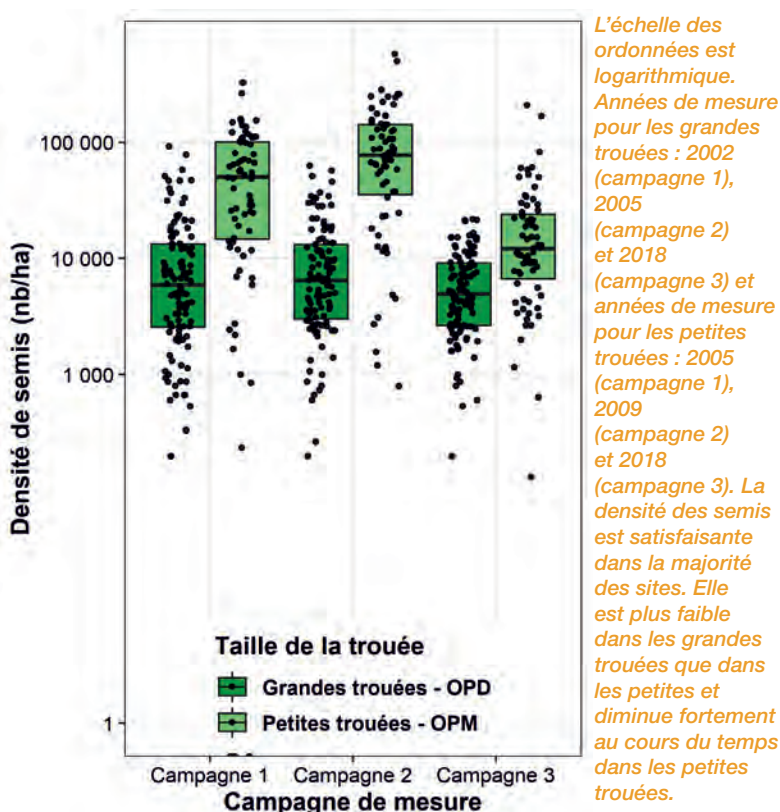
Les dynamiques identifiées dans le cadre de ce travail sont dépendantes de l'échantillonnage effectué qui n'est certainement pas exhaustif ni complètement représentatif des situations pouvant résulter d'une tempête. En particulier, la sélection des grandes trouées a été basée sur l'absence de régénération signalée par les gestionnaires forestiers : les situations ayant connu une régénération très rapide sont peut-être sous-représentées dans l'OPD.

Densité de la régénération post-tempête

Lors de la première campagne de mesure (trois ans après tempête pour les grandes trouées, six ans pour les petites), la densité des semis (toutes essences, hors rejets et arbustes) est satisfaisante dans la majorité des sites : en moyenne 11 984 semis/ha pour les grandes trouées et 66 217 semis/ha pour les petites trouées (Figure 3). Néanmoins, 25 % des grandes trouées et 6 % des petites trouées ont une densité inférieure à 2 500 semis/ha.

La densité de la régénération est toujours beaucoup plus faible dans les grandes trouées que dans les petites trouées, quelle que soit la durée écoulée depuis la tempête (Figure 3). Cette différence peut s'expliquer au moins en partie par la distance aux semenciers.

Figure 3 – Évolution de la densité de la régénération au cours du temps en fonction de la taille de la trouée



Protocole

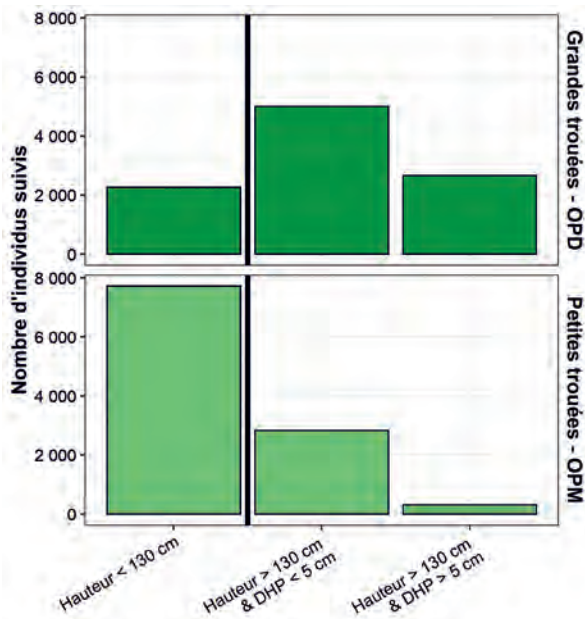
Tableau 1 – Les principales variables écologiques suivies et utilisées de cette étude

| Variable écologique suivie | Mesure correspondante |
|--|---|
| Densité et composition de la régénération ligneuse | <p>Deux premières campagnes de mesure : densité par essence (toutes essences arborées) et par classe de hauteur, traces d'abrutissement. Pour les petites trouées les semis de moins de 10 cm de hauteur ou de moins d'un an ne sont pas comptabilisés. Échelle de mesure : plateau.</p> <p>2018 : densité par essence (toutes essences arborées), traces d'abrutissement, diamètre à hauteur de poitrine (DHP) si la hauteur de la tige $\geq 1,3$ m. Évaluation de la qualité sylvicole des tiges ayant un DHP ≥ 5 cm (courbure basale, rectitude, fourchaison, état sanitaire...).</p> <p>Échelle de mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> • plateau pour les tiges de DHP < 5 cm. • plateau et placette à rayon variable pour les tiges de DHP ≥ 5 cm (10 tiges de franc-pied minimum – rayon maximum de 10 m). |
| Conditions environnementales | <p>À l'installation : description pédologique par horizon, analyse chimique de la composition du sol, des caractéristiques écologiques locales (pente, altitude, exposition...). La détermination du type de peuplement antécédent, l'inventaire des arbres résiduels et la caractérisation du type d'exploitation complètent cette description.</p> <p>Échelle de mesure : trouée.</p> |

Le schéma expérimental, les protocoles et l'échantillonnage ont été décrits plus en détail dans de précédentes publications (Quinones-Nadler, Lacombe, et Gégout 2005 ; Lacombe et Van Couwenbergh, 2010). Le protocole complet de la campagne de mesure 2018-2019 est disponible sur la page web du projet¹.

¹ <https://bit.ly/2YMvp1o>

Figure 4 – Distribution des individus mesurés 20 ans après le passage de la tempête en classes de hauteur/diamètre en fonction de la taille de la trouée (DHP : diamètre à hauteur de poitrine)



20 ans après tempête, la densité des tiges appartenant aux classes de hauteur/diamètre supérieures est plus forte dans les grandes trouées que dans les petites trouées.

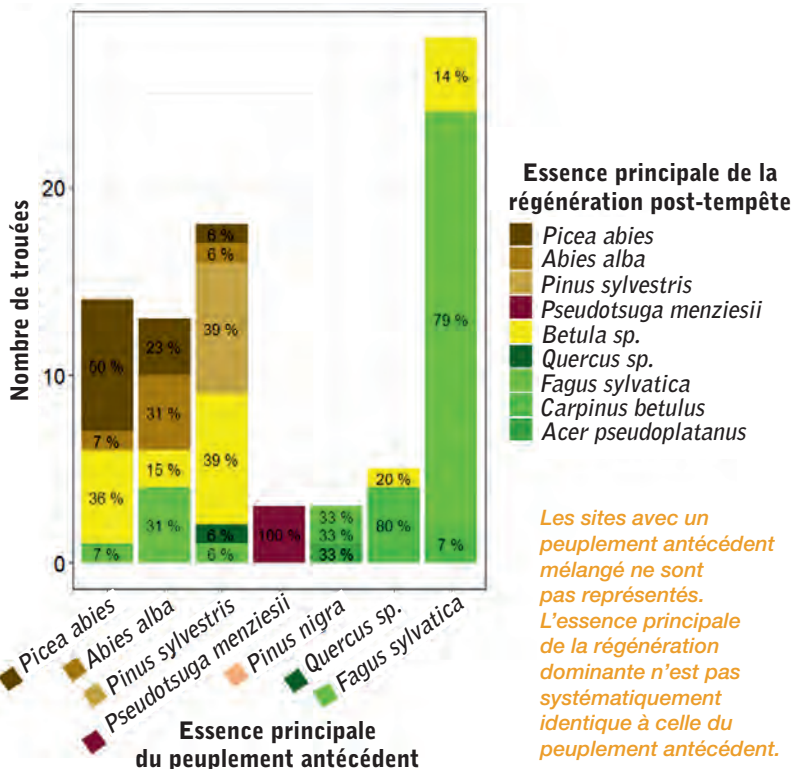
La densité de la régénération diminue de manière significative par la suite dans les petites trouées, ce qui peut s'expliquer par une forte compétition au sein de la régénération (densités de semis très élevées) et par la fermeture rapide de la canopée des petites trouées à la

suite du développement des houppiers des arbres de bordure ou du sous-étage dans les anciens taillis-sous-futaie (TSF). 20 ans après la tempête, on observe une différence de distribution des classes de hauteur et de diamètre des tiges en fonction de la taille de la trouée (Figure 4). Dans les grandes trouées, la densité moyenne des tiges de plus de 5 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) est de 1 724 tiges/ha (36 % de la régénération) pour seulement 543 tiges/ha pour les petites trouées (7 % de la régénération). Il est très probable que la forte compétition pour les ressources observée dans les petites trouées (densité plus élevée que dans les grandes trouées) soit au moins en partie responsable de cette différence de croissance. En outre, il est également possible que la plus forte disponibilité en lumière favorise le développement des semis des grandes trouées par rapport à ceux des petites trouées pour lesquelles un effet masque du peuplement environnant restreint l'éclaircissement.

Composition de la régénération post-tempête

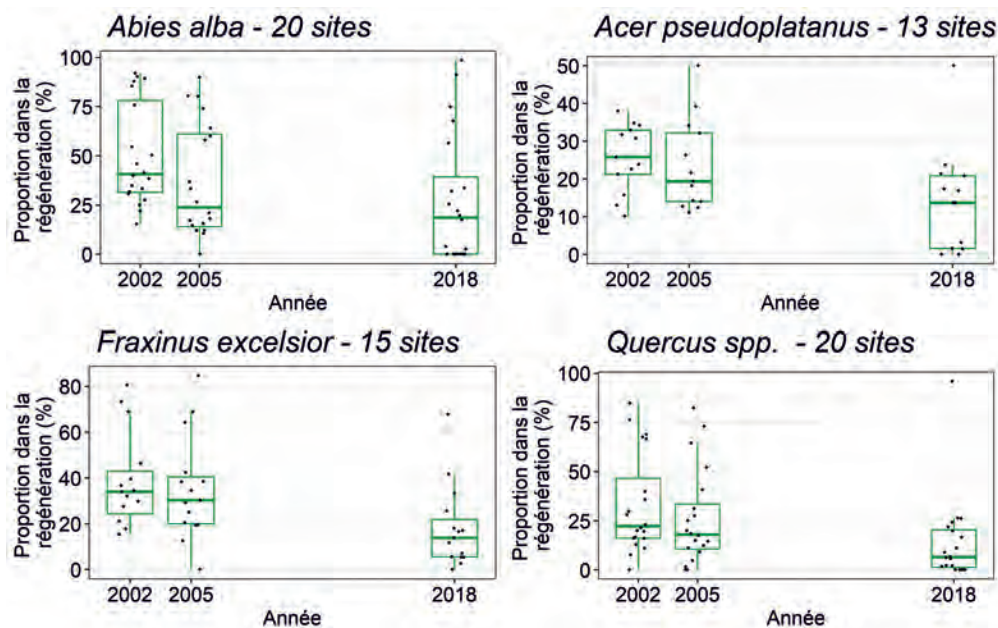
20 ans après la tempête, l'essence principale (essence la plus représentée en nombre de tiges) de la régénération dominante (tiges de plus de 5 cm de DHP) n'est pas systématiquement identique à celle du peuplement antécédent (Figure 5). Ainsi, dans plus de 70 % des sites avec un peuplement antécédent de hêtre (*Fagus sylvatica*), le hêtre est l'essence principale de la régénération dominante. À l'opposé, dans la majorité des anciennes sapinières, l'essence principale de la régénération dominante n'est pas le sapin pectiné (*Abies alba*). Les sites ayant un peuplement antécédent résineux ont souvent des régénérations feuillues ou mixtes 20 ans après la tempête. Cette tendance est encore plus marquée pour les anciennes chênaies, car le chêne (*Quercus petraea* et *Q. robur*) n'est jamais l'essence principale dans la régénération constatée à 20 ans. Ce changement d'essence principale peut s'expliquer par la présence d'une régénération pré-tempête survivante, par des différences de vitesse de croissance entre essences ou par une disponibilité en graines non représentative du peuplement antécédent (arbres relictuels, peuplements environnants...). Nous avons étudié l'évolution temporelle de la proportion des 11 essences les plus représentées au sein de l'observatoire. Pour les grandes trouées, parmi ces 11 essences, quatre ont une proportion significativement plus faible dans la régénération de

Figure 5 – Essence principale de la régénération post-tempête (essence la plus représentée en nombre de tiges) en fonction de l'essence principale du peuplement antécédent (liste L1)



Les sites avec un peuplement antécédent mélangé ne sont pas représentés. L'essence principale de la régénération dominante n'est pas systématiquement identique à celle du peuplement antécédent.

Figure 6 – Évolution de la proportion de quatre essences dans la régénération des grandes trouées



Tous les semis de plus d'un an et de plus de 10 cm de hauteur sont concernés en 2002 et 2005, mais uniquement les tiges de DHP ≥ 5 cm en 2018. Sites conservés pour chaque graphique : sites pour lesquels l'essence représente au moins 15 % de la régénération post-tempête lors d'au moins une campagne de mesure. La proportion de sapin pectiné, d'érable sycomore, de frêne commun et de chêne est plus faible dans la régénération de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête que dans la régénération trois ans ou six ans après passage de la tempête.

plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête que dans la régénération trois ans ou six ans après passage de la tempête : le sapin pectiné, l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), le frêne commun (*Fraxinus excelsior*) et le chêne (Figure 6). Dans les petites trouées, cette diminution significative ne concerne que le chêne. Plusieurs processus peuvent expliquer cette dynamique temporelle :

- la compétition avec d'autres essences très compétitives, telles que le hêtre et le charme (*Carpinus betulus*) ;
- la mortalité due à la chalarose dans le cas du frêne (*Chalara fraxinea*) ;
- l'abroustissement différencié des essences par les ongulés sauvages, qui a été montré comme pouvant causer des substitutions d'essences au cours du temps (Bernard *et al.*, 2018). En effet, du fait de leur forte appétence, les sapins et les chênes pourraient être préférés à d'autres essences moins appétentes telles l'épicéa commun (*Picea abies*) ou le hêtre. Cette hypothèse est confortée par la quantification de l'abroustissement des semis de moins de 1,5 m de hauteur au sein de l'observatoire des peuplements dévastés en 2005, avec des intensités d'abroustissement dépendantes de l'essence : le sapin pectiné (40 % des semis), l'érable sycomore (42 % des semis), le frêne (37 % des semis) et le chêne (51 % des

semis) sont fortement consommés contrairement à l'épicéa (10 % des semis), le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*, 18 % des semis) et le hêtre (16 % des semis).

- Par ailleurs, l'évolution en 2018 ne dépend pas uniquement du taux d'extinction, mais également de la vitesse de croissance, ce qui peut expliquer en partie les patrons observés.

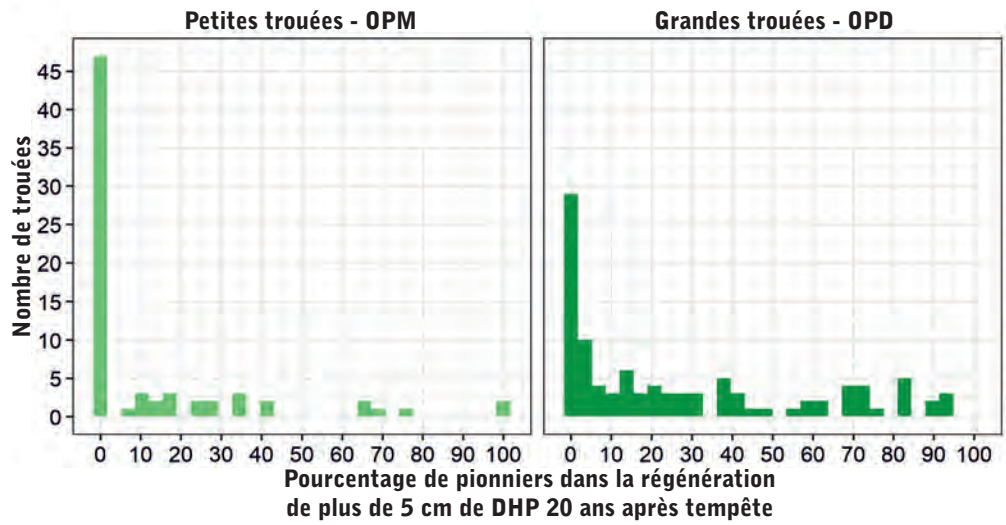
Essences pionnières qui ne s'expriment pas de façon systématique

De nombreuses essences pionnières sont présentes dans la régénération au sein de l'observatoire : l'aulne (*Alnus glutinosa*), le bouleau (*Betula pendula* et *Betula pubescens*), le pommier (*Malus sylvestris*), les saules (*Salix spp.*), le robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*) et le tremble (*Populus tremula*).

66 % des petites trouées n'ont pas d'essences pionnières dans leur régénération dominante 20 ans après tempête (arbres de DHP ≥ 5 cm) alors que c'est le cas pour seulement 25 % des grandes trouées (Figure 7). Ce résultat conforte l'importance de l'effet de la taille de la trouée sur l'expression d'un stade pionnier. Cette faible présence d'essences pionnières peut s'expliquer par la difficulté de ces essences à se développer dans les conditions défavorables produites par les petites trouées



Figure 7 – Proportion de tiges d'essences pionnières dans la régénération : aulne (*Alnus glutinosa*), bouleaux (*Betula pendula* et *Betula pubescens*), pommier (*Malus sylvestris*), saules (*Salix* spp.), robinier pseudoacacia (*Robinia pseudoacacia*), tremble (*Populus tremula*)



L'expression d'un stade pionnier n'est pas systématique et dépend de la taille de la trouée.



Régénération d'un peuplement dévasté avec forte présence de tiges d'essences pionnières 20 ans après la tempête de 1999 (*Populus tremula* et *Betula* sp.) (a. Forêt domaniale de Dammartin, Moncerf, 77 et b. Forêt domaniale de Lyons-la-forêt, 76).

(disponibilité en lumière faible, forte présence en semenciers d'essences non-pionnières à proximité...) (Figure 7). Le suivi des grandes trouées a permis d'illustrer la forte variabilité des trajectoires de reconstitution après perturbation de grande ampleur : un quart des sites ne présentent pas d'essence pionnière dans la régénération 20 ans après tempête, mais 10 % des sites ont une régénération constituée à plus de 80 % par des essences pionnières (Figure 7). Ainsi, si certains sites de l'observatoire ont permis le développement des essences pionnières, le passage par un stade pionnier n'est pas systématique.

Retard de renouvellement des anciens peuplements résineux

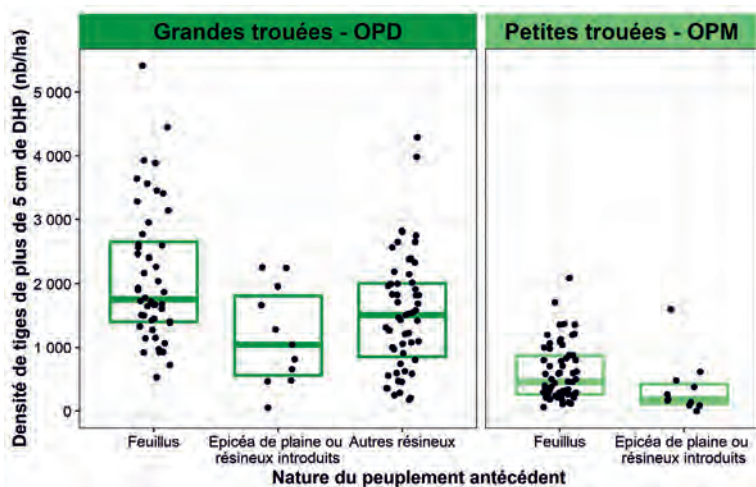
Le suivi de la régénération des grandes trouées trois ans après tempête avait mis en

évidence le fait que les épicéas introduits sur le plateau lorrain et sur plateaux calcaires en Lorraine laissaient place à des régénérations souvent peu denses (Quinones-Nadler, Lacombe, et Gégout, 2005). En complément, il apparaît que les petites trouées avec un peuplement antécédent résineux présentent une densité de semis quatre fois plus faible que les petites trouées avec un peuplement antécédent feuillu, six ans après tempête.

Après 20 ans, ce déficit de régénération est toujours observé dans les trouées (petites et grandes) formées dans les anciens peuplements d'épicéas de plaine (< 500 m d'altitude), dans les résineux introduits (*Pseudotsuga menziesii* et *Pinus nigra*), mais également dans les autres peuplements avec un antécédent résineux (résineux de plaine hors épicéas et résineux de montagne) (Figure 8).

Le retard de régénération est conforté par un retard global de colonisation par la végétation dans les grandes trouées : trois ans après tempête, le couvert de la strate de végétation 0-0,5 m est de 54 % pour les grandes trouées ayant un peuplement antécédent résineux contre 60 % pour l'ensemble des grandes trouées. Ce délai peut être imputable à la fermeture forte du couvert par les peuplements antécédents résineux avant la tempête pouvant empêcher le développement d'une régénération et d'une végétation pré-existantes. Un déséquilibre sylvo-cynégétique

Figure 8 – Densité de tiges de plus de 5 cm de DHP 20 ans après tempête en fonction de la nature du peuplement antécédent et de la taille de la trouée



BIBLIOGRAPHIE

- IFN, 2003. *Les tempêtes de décembre 1999, Bilan national et enseignements*. L'IF, n° 2.
- Lacombe E., Mengin. A, Van Couwenberghe R., 2009. *Observation de la dynamique naturelle de reconstitution après tempête : organisation et premiers résultats* in Birot Y., Landmann G., Bonhême I. : *La forêt face aux tempêtes*, pp. 363-371.
- Lacombe E., Van Couwenberghe R., 2010. Observatoire des dynamiques naturelles de végétation après tempête : premiers constats et conséquences sylvicoles. *Rendez-vous techniques de l'ONF*, n° 29-30, pp. 8-16.
- Quinones-Nadler C., Lacombe E., et Gegout J.-C., 2005. La régénération naturelle dans les peuplements dévastés par la tempête de 1999 dans le quart Nord-Est de la France. *Revue Forestière Française*, n° 3, pp. 289-310.
- Rameau J.-C., 1999. Accrus, successions végétales et modèles de dynamique linéaire forestière. *Ingénieries EAT*, n° spécial Boisement naturel des terres agricoles en déprise, pp. 33-48.
- UMR Silva. Optimisation des travaux sylvicoles post-tempête 2017-2020. <https://bit.ly/2YMvp1o>

peut également expliquer au moins en partie la faible régénération observée lorsque le peuplement antécédent est résineux, car les sites de montagne étudiés présentent souvent une forte pression des cervidés.

Conclusion et perspectives

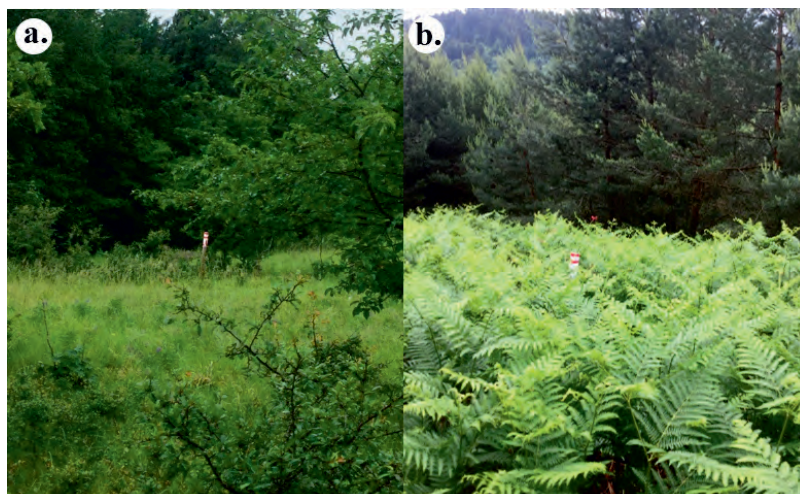
Principales conclusions

Les observatoires des peuplements dévastés et mités font partie des plus gros observatoires mis en place au niveau international pour suivre la dynamique naturelle de reconstitution après tempête. Leur suivi sur 20 ans a permis de montrer que la régénération naturelle s'installe en quantité suffisante dans de nombreux sites. Plusieurs dynamiques naturelles de reconstitution post-crise ont été identifiées grâce à ces observatoires : la colonisation potentielle des essences pionnières, la régression progressive d'essences d'intérêt sylvicole fort, la substitution d'essence principale, les difficultés de régénération des peuplements à antécédents résineux...

Cette étude a également permis de mettre en évidence l'importance de la taille de l'ouverture dans le peuplement et de sa composition préalable dans la dynamique de succession.

Généralisation potentielle

Actuellement, la forêt française fait face à de nombreuses perturbations de grande ampleur, qui ont des similitudes avec la tempête de 1999 en termes d'enjeux pour la filière forestière, d'enjeux écologiques et de mécanismes impliqués. Il est possible de généraliser, au moins partiellement, les dynamiques de reconstitution post-crise identifiées dans l'observatoire des peuplements dévastés et mités à condition de



moduler en fonction des caractéristiques de la perturbation, des caractéristiques des forêts touchées, des dynamiques propres à chaque région biogéographique, des conditions climatiques qui ont précédé et suivi ces perturbations (intensité de fructification, gel, pluviosité...) et des conditions biotiques spécifiques (abondance de gibier notamment).

Proposition d'itinéraires sylvicoles

Il existe peu de travaux qui mettent en relation les dynamiques de reconstitution forestière post-tempête avec la proposition d'itinéraires sylvicoles. L'étude et la caractérisation précise des dynamiques naturelles de reconstitution identifiées au sein des observatoires permettent de poser les bases d'un diagnostic quantitatif et qualitatif de l'état de la régénération acquise spontanément. Plus avant, il s'agira de proposer des critères d'appréciation afin d'optimiser les stratégies sylvicoles ; en d'autres termes, n'intervenir en travaux sylvicoles que lorsque cela s'avère nécessaire⁶. ■

Exemple d'une régénération peu dense 20 ans après passage de la tempête dans un site avec peuplement antécédent de pin noir (a. Forêt communale d'Attigneville, 88) et avec peuplement antécédent de pin sylvestre (b. Forêt domaniale de Rambervillers La Chipotte, 88).

⁶ Voir l'article *Les observatoires des peuplements dévastés et mités après tempête – 2^e partie*, du n° 261 de *Forêt-entreprise*.



Installation d'un test de comportement Esperense dans l'Aube pour 8 essences : pin maritime, calocèdre, chênes (sessile, pédonculé, pubescent), sapin de Bornmüller, cèdre de l'Atlas, séquoia toujours vert.

Sylvain Gaudin © CNPF

Expérimenter les essences de demain

Par Éric Paillassa, CNPF-IDF et Brigitte Musch, ONF

Depuis le début des années 2000, quelques forestiers ont commencé à se poser la question de l'impact sur nos forêts du changement climatique annoncé par le GIEC¹. Ces premières questions et inquiétudes se concrétisaient par des événements climatiques extrêmes (tempête 1999, canicule 2003, sécheresse 2005) et l'augmentation perceptible de dépérissements en forêt.

En 2008, les forestiers (la recherche, le développement, l'enseignement technique, les gestionnaires) s'associent pour créer le RMT Aforce² pour l'adaptation des forêts au changement climatique et ainsi se préparer à ce changement majeur. Par ailleurs, des programmes européens comme Reinforce³ (2009-2013) mettent en place des infrastructures expérimentales pour suivre ce changement et en

particulier 38 arboreta sur toute la façade atlantique afin d'évaluer des essences futures.

Si depuis et jusqu'en 2017, différents outils d'évaluation de risque et de diagnostic se mettent en place pour suivre ou évaluer des dépérissements de peuplement en place, la question du remplacement des essences actuelles par des essences plus résilientes face au climat changeant se pose peu, voire pas du tout pour les gestionnaires. Donc en 2017 l'évaluation de nouvelles essences / provenances n'est pas vraiment à l'ordre du jour du monde des forestiers.

Néanmoins, pour quelques-uns, connaissant le temps long nécessaire à ce type d'évaluation d'essences / provenances, il était urgent de se lancer dans une démarche nationale et multi-partenaire pour mettre en place

¹ GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ; organisme intergouvernemental ouvert à tous les pays membres de l'Organisation des Nations unies.

² Adaptation des FORêts au Changement climatiqueE : <https://www.reseau-aforce.fr/>

³ <http://www.iefc.net/newsite/sitereinforce/>, voir aussi le dossier « Reinforce, réseaux de sites expérimentaux pour le changement climatique » du *Forêt-entreprise* n° 223 (2015), coordonné par Éric Paillassa.

Sommaire

22 Comment prioriser les efforts d'évaluation de nouvelles essences pour l'adaptation ?

27 Comment choisir les espèces et provenances à expérimenter pour l'avenir ?

32 Trois protocoles d'évaluation des essences pour une science participative

36 S'approvisionner en semences pour expérimenter de nouvelles espèces ou provenances

40 Premiers essais du réseau Esperense

46 Le réseau Esperense, un réseau participatif et multipartenaire

DOSSIER

Coordonné par Eric Paillassa, CNPF-IDF
et Brigitte Musch, ONF



© DR

Eric Paillassa,
Ingénieur CNPF-IDF,
en charge de l'expé-
rimentation au CNPF,
acteur dans l'adapt-
ation des forêts au
changement clima-
tique et spécialiste
national du peuplier.



© DR

Brigitte Musch,
Ingénieure à l'Office
national des forêts,
responsable du
Conservatoire gé-
nétique des arbres
forestiers de l'ONF
– UMR BioForA – et
pilote du projet sur
la migration assistée
pour l'ONF.

une organisation d'évaluation de ces nouvelles essences. C'est pourquoi les organismes forestiers de R&D (CNPF, FCBA, IEFC, INRAe, Irstea, ONF) avec l'aide du RMT Aforce, ont déposé en 2017 le projet Esperense à l'appel d'offre Fonds Stratégique Bois du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et ce projet a été retenu.

Après 3 ans et demi de concertation, d'échanges et de réalisations, le cadre de cette organisation pour l'évaluation de nouvelles essences / provenances alternatives face au changement climatique est posé. De la gouvernance de cette opération d'évaluation à des listes d'essences potentielles à étudier, de la définition de zones à enjeux à privilégier aux protocoles d'essais communs, des aspects logistiques à une plateforme d'échange, tous les éléments pour la mise en place d'un réseau d'évaluation des nouvelles essences Esperense sont en place. Une première validation du fonctionnement de ce futur réseau a produit l'installation des 13 premiers essais du réseau Esperense au printemps 2021. Ce dossier, au travers des différents articles, reprend chaque élément constitutif du futur réseau Esperense. Mais les événements s'accroissent, ce qui complique la vie de nos forêts et des forestiers.

La grande question du moment est : quelles essences plante-t-on à la place ?

Depuis 2018, les scolytes ravagent les peuplements d'épicéa du Nord-Est affaiblis par l'évolution du climat. Par ailleurs, des signes récents de dépérissement sont perceptibles sur d'autres essences (hêtre, sapin pectiné). Cette accélération soudaine, mais prévisible pour ceux qui suivent le sujet des forêts face au changement climatique, modifie complètement le questionnement des forestiers face

à l'utilisation de nouvelles essences plus résilientes. La grande question du moment est : « Quelles essences plante-t-on à la place ? ». Début 2021, le sujet est devenu si crucial que l'État a intégré, en urgence, la reconstitution de ces peuplements en difficulté dans le plan France Relance.

Ainsi cette accélération soudaine de la pré-occupation des gestionnaires d'avoir des essences alternatives pour remplacer nos essences en difficulté face aux évolutions climatiques justifie, si cela était nécessaire, pleinement la mise en place du réseau Esperense. Il était temps.

Même si l'enjeu et la tâche sont colossaux, ne partons pas à l'aveuglette et dans la précipitation. Mutualisons nos efforts et nos connaissances et mettons en route, ensemble, ce réseau Esperense d'évaluation de nos futures essences forestières. ■

En savoir⁺

**ESPERENSE - Aforce - Adaptation des forêts
au changement climatique (reseau-aforce.fr)**

<https://www.reseau-aforce.fr/n/esperense/n:3657>

**Webinaire Esperense du 26 mai 2021
à visionner en ligne :**

[https://www.reseau-aforce.fr/n/l-experimentation-
au-service-de-la-foret-de-demain/n:4065](https://www.reseau-aforce.fr/n/l-experimentation-au-service-de-la-foret-de-demain/n:4065)

Le projet « ESPERENSE –
rEseau national multiPartenaire d'Evaluation
de Ressources gENétiques foreStièrEs
pour le futur » a bénéficié
du soutien financier du ministère
de l'Agriculture et de l'Alimentation
dans le cadre de l'Appel à projets
du Fonds stratégique de la forêt
et du bois « Innovation et investissements
pour l'amont forestier » du 13 décembre 2016.



Comment prioriser les efforts d'évaluation de nouvelles essences pour l'adaptation ?

¹ Centre national de la propriété forestière – Institut pour le développement forestier
47, rue de Chaillot 75116 Paris.

² Office national des forêts
– Département Recherche, Développement et Innovation
UMR ONF/INRAE BioForA,
2163 Avenue de la Pomme de Pin
CS 40001 Ardon
45075 Orléans Cedex 2.
³ AgroParisTech
14, rue Girardet 54000 Nancy.

Par Hedi Kebli, Céline Perrier, Philippe Riou-Nivert, CNPF-IDF¹,
Yves Rousselle, ONF² et Myriam Legay, AgroParisTech³

De nombreuses essences majeures de la forêt française sont menacées par le changement climatique. La recherche d'essences potentielles de substitution est essentielle, mais comment prioriser les efforts expérimentaux, notamment par les enjeux de production ?

⁴ Voir le dossier de *Forêt-entreprise* n° 249 :
« Forêt et changement climatique : accompagner la décision d'adaptation ».
Coordonné par L. Brunier,
C. Perrier, O. Picard,
p. 12-56, 2019.

⁵ Kebli H., Perrier C.,
Riou-Nivert P., Rousselle Y.,
Legay M., Morneau F., 2021.
Comment déterminer les zones de production forestière française considérées comme potentiellement exposées aux changements climatiques ?
Méthodologie utilisée dans le projet Esperense pour cibler l'installation d'essais de comparaison d'essences.
Revue Forestière Française,
soumis en avril 2021.

⁶ <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?article773>

Les effets du changement climatique nécessitent une mobilisation urgente de la part des forestiers pour diagnostiquer la situation de leur forêt et définir une stratégie d'adaptation. Les organismes de recherche et de R&D (Recherche & Développement) travaillent pour apporter des éléments de compréhension, et d'accompagnement, à l'évolution des sylvicultures et/ou la substitution par des essences/provenances plus adaptées. Différents outils d'aide à la décision sont ainsi développés⁴. Le projet Esperense (Kebli *et al.*, 2019), a pour objectif de concevoir et mettre en place de façon concertée et collective via un réseau de tests sur le terrain, des essences susceptibles de relayer celles en place dans nos forêts, jugées vulnérables. Débuté en

2018, ce projet, animé par le RMT Aforce et financé par le Fonds stratégique de la forêt et du bois (appel à projets 2017), regroupe les principaux acteurs de l'expérimentation forestière. Pour prioriser l'effort expérimental, une approche a été développée pour évaluer les enjeux associés aux essences, d'une part, et leur vulnérabilité au changement climatique, d'autre part⁵. Les secteurs présentant une ressource bois importante et évalués comme préoccupants vis-à-vis des changements climatiques ont été sélectionnés comme « zones à enjeux ». La ressource bois a été considérée comme entraînant dans son sillage une part importante des services écosystémiques. Sous réserve de disponibilité d'indicateurs aux échelles considérées, l'approche peut être étendue aux services écosystémiques autres que la production de bois.

Figure 1 – Découpage du territoire métropolitain en 45 grandes sylvoécórégions (GSER)

Zone géographique importante avec des facteurs de production forestière ou de répartition des habitats forestiers homogènes.



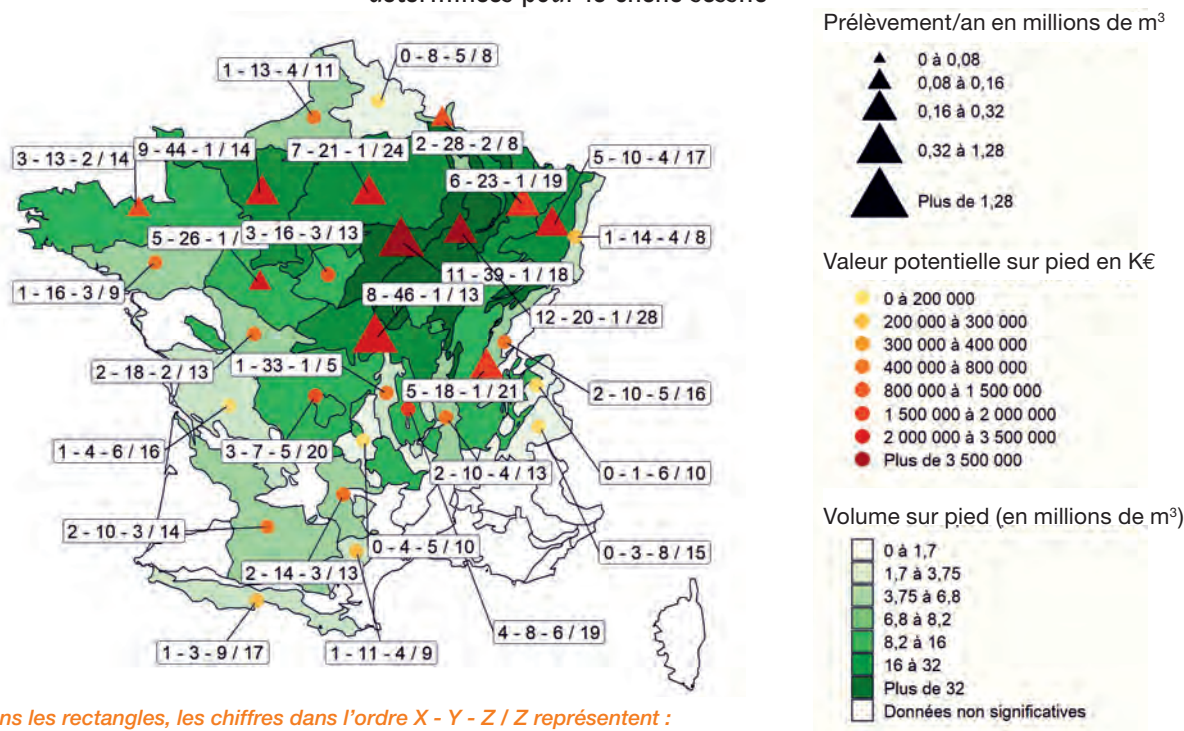
Comment sont déterminées les zones à enjeux ?

Dans le cadre du projet Esperense, les zones à enjeux sont une sélection de « grandes sylvoécórégions » (GSER). Ces GSER sont des regroupements de sylvoécórégions (SER) qui s'appuient sur une partition écologique et forestière proposée par l'Inventaire forestier de l'IGN⁶ (Figure 1). Elles correspondent donc à une relative homogénéité des conditions du milieu.

Les zones à enjeux s'appuient sur une prise en compte :

- de la production de bois en France, qui est évaluée par les variables suivantes :
 - ➔ volume de bois vivant sur pied (en m³ et en m³/ha) ;
 - ➔ volume de bois vivant sur pied par classe de diamètre (en m³ et en m³/ha) ;

Figure 2a – Exemple de représentation des zones à enjeux de production de bois déterminées pour le chêne sessile



Dans les rectangles, les chiffres dans l'ordre X - Y - Z / Z représentent :
 X : % du volume de l'essence dans la GSER par rapport au volume total de l'essence en France
 Y : % du volume de l'essence dans la GSER par rapport au volume total des essences dans la GSER
 Z / Z : rang de l'essence par rapport au nombre total d'essences dans la GSER (en termes de volume)

• Rang national (Volume/Prélèvements/Euros) = 1^{er} essence en volume, 5^e essence en prélèvement, 2^e essence en valeur potentielle

- Volume total en France = 304 204 858 m³
- Prélèvement total en France = 2 488 722 m³
- Valeur potentielle sur pied en France = 38 919 036 641 €

Source : carte élaborée à partir des données de l'IGN

↳ prélèvements en volume (mesurés sur 5 ans et exprimés en m³/an et en m³/ha/an) ;
 ↳ valeur potentielle sur pied par essence (en €), valeur théorique et estimée pour l'étude en s'appuyant sur le prix de vente actuel des bois sur pied.

(Ces données proviennent de l'IGN sauf celles sur les prix de vente des bois).

- d'une situation climatique préoccupante à plus ou moins longue échéance pour les essences en place, évaluée grâce à trois modèles développés ces dernières années :
 - ↳ le modèle IKS (ONF, Le Bouler *et al.*, 2014 ; Legay, 2015) qui définit une compatibilité climatique des essences (scénario RCP 4.5 et l'horizon 2070),
 - ↳ le modèle BioClimSol (CNPFP, Lemaire, 2014) qui définit une vigilance climatique par essence (scénario à + 1 °C soit environ 2040),
 - ↳ le modèle de surmortalité liée aux changements climatiques (AgroParisTech, Taccoen *et al.*, 2019).

Ces modèles, bien que construits sur des bases différentes (données climatiques, scénarios, horizons...), sont complémentaires et donnent ensemble une bonne appréciation de la préoccupation climatique par essence.

Ainsi, l'enjeu de production est combiné avec le niveau de préoccupation climatique estimé

dans chaque GSER et pour chaque essence, pour déboucher sur la détermination des zones à enjeux de l'étude. Elles traduisent un niveau d'exposition de la ressource vis-à-vis des changements climatiques.

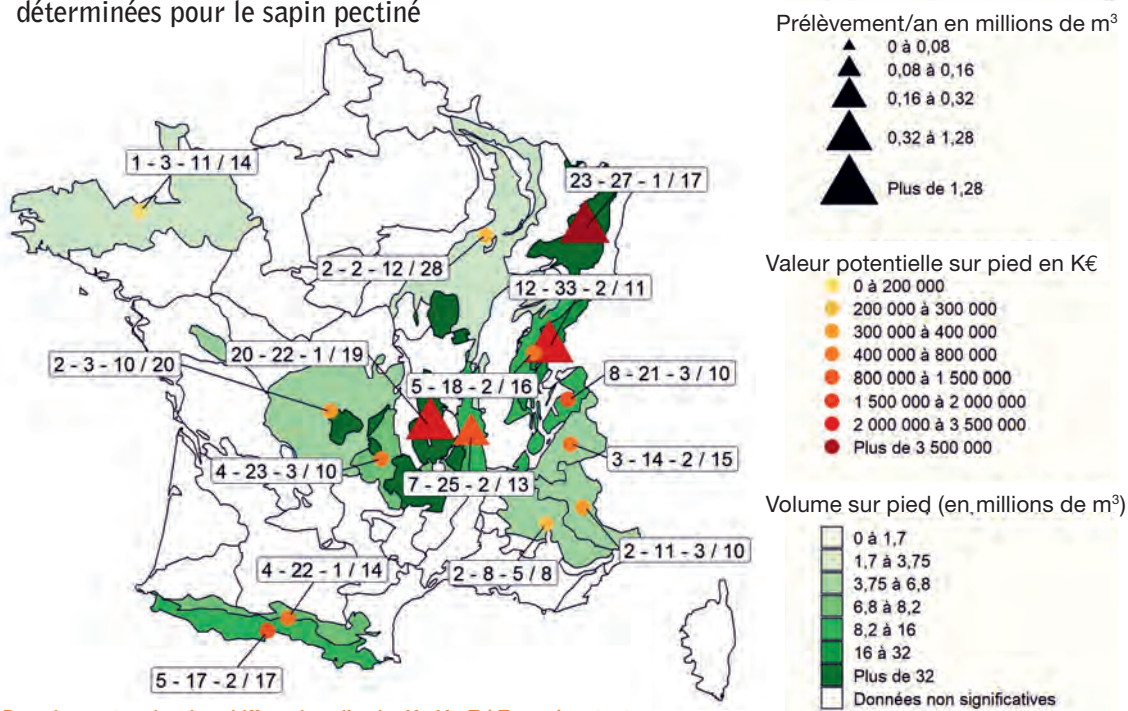
Où se situent les zones à enjeux sur le territoire ?

Dans un premier temps, les données caractérisant la ressource bois sont rassemblées et analysées par GSER et par essence ; pour 20 essences qui représentent environ 84 % du volume total de bois sur pied en France. Les figures 2a et 2b donnent un exemple de représentation synthétique de l'ensemble des données analysées pour le chêne sessile et le sapin pectiné.

Cette représentation met en évidence la combinaison des différentes variables ayant servi à l'identification de zones à enjeux de production de bois pour ces essences.

Ces zones à enjeux de production de bois sont ensuite croisées avec le niveau de préoccupation climatique évalué par les 3 modèles, par GSER et par essence. Ce croisement des enjeux de production, d'une part, et climatiques d'autre part, est réalisé pour seulement 10 essences en raison de la disponibilité limitée des modèles climatiques lors de l'étude : chêne pédonculé, chêne pubescent, chêne

Figure 2b – Exemple de représentation des zones à enjeux de production de bois déterminées pour le sapin pectiné



Dans les rectangles, les chiffres dans l'ordre X - Y - Z / Z représentent :
 X : % du volume de l'essence dans la GSER par rapport au volume total de l'essence en France
 Y : % du volume de l'essence dans la GSER par rapport au volume total des essences dans la GSER
 Z / Z : rang de l'essence par rapport au nombre total d'essences dans la GSER (en termes de volume)

• Rang national (Volume/Prélèvements/Euros) = 5^e essence en volume, 4^e essence en prélèvement, 4^e essence en valeur potentielle

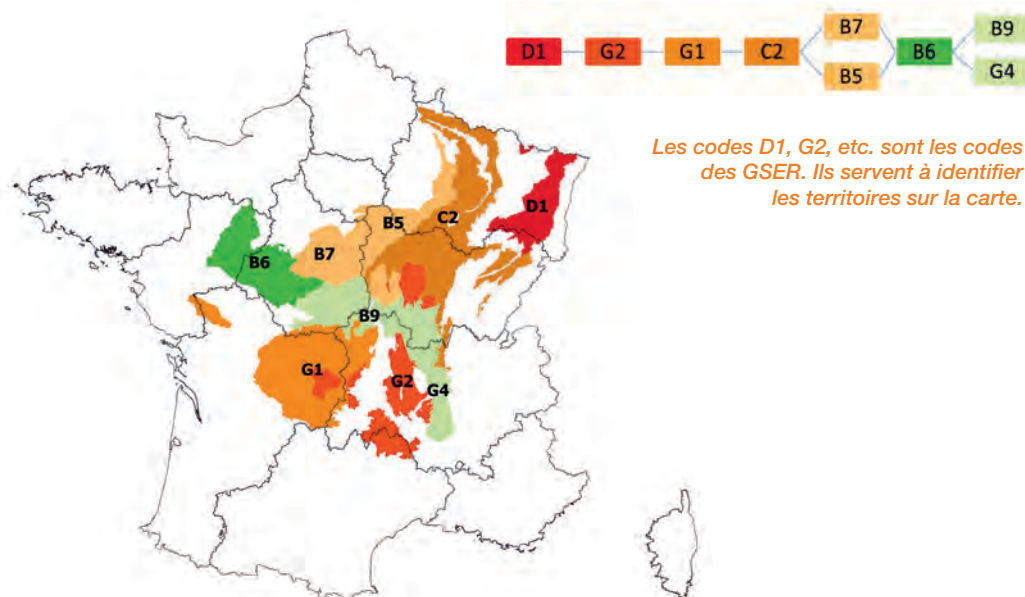
- Volume total en France = 196 754 060 m³
- Prélèvement total en France = 2 569 886 m³
- Valeur potentielle sur pied en France = 16 194 830 669 €

Source : carte élaborée à partir des données de l'IGN

sessile, charme, douglas, épicéa commun, hêtre, pin maritime, pin sylvestre, sapin pectiné. Elles représentent 72 % de la ressource nationale en volume de bois sur pied.

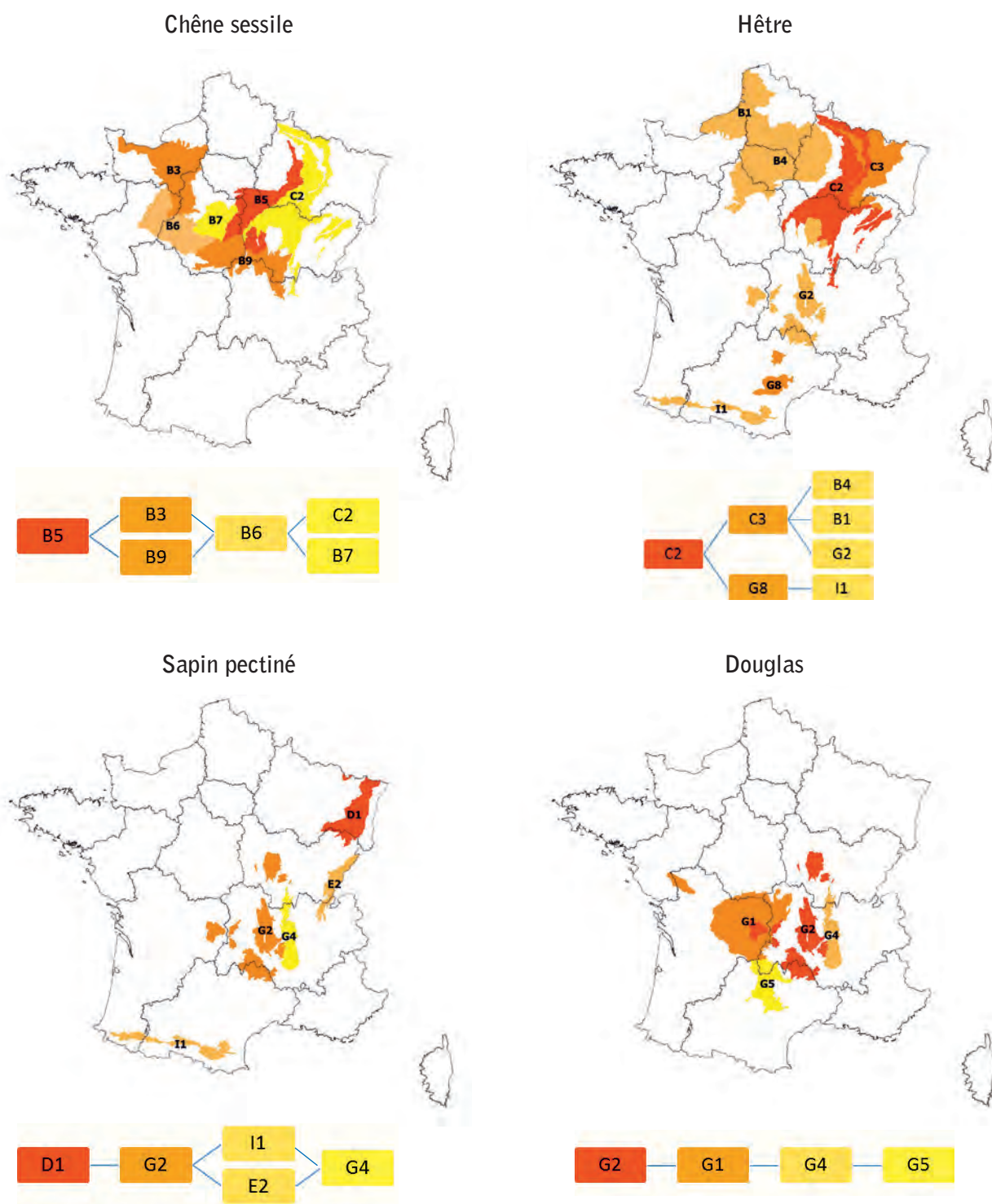
Les zones à enjeux ainsi définies sont ensuite observées de deux façons complémentaires :
 ➔ par territoire (Figure 3) : pour identifier les zones où les enjeux étudiés sont les plus élevés pour les 10 essences confondues.

Figure 3 – Représentation par enjeux décroissants (de gauche à droite) des GSER considérées comme zones à enjeux de production de bois et soumises à une situation climatique préoccupante, toutes essences confondues (10 essences étudiées)



Source : carte élaborée à partir des données de l'IGN

Figure 4 – Représentation par essence des GSER à enjeux les plus élevés (en rouge) pour le chêne sessile, le hêtre, le sapin pectiné et le douglas



↳ par essence (Figure 4) : pour identifier la répartition sur le territoire des zones à enjeux propres à chacune des 10 essences étudiées. Enfin, une approche complémentaire a permis de distinguer parmi les 10 essences sélectionnées, celles pour lesquelles les enjeux étudiés sont les plus forts à l'échelle nationale.

Quelle utilité pour les forestiers ?

Ces zones à enjeux mettent en évidence des territoires, pour lesquels il faut s'interroger en priorité sur l'avenir des peuplements en place. La méthode développée dans l'étude a été conçue pour sélectionner les territoires où installer les tests de nouvelles essences ou provenances d'Esperense.

Elle se révèle également d'intérêt pour apporter une contribution à l'établissement d'un état des lieux général des enjeux de la forêt française face au changement climatique. En effet, cibler les territoires où la production de bois risquerait d'être impactée, indique aux décideurs comme aux gestionnaires l'ampleur de l'exposition de la ressource vis-à-vis des évolutions du climat. Si cette alerte est confirmée par un diagnostic et une analyse locale plus poussée des autres enjeux associés à la forêt, elle peut renforcer les moyens de gestion et d'exploitation dans les zones identifiées. On peut imaginer agir en conséquence sur les réseaux de transport de bois, les voies de vidange des produits en forêt, dynamiser les unités industrielles pour faire face à un afflux de bois suite aux dépérissements à venir, ou bien prévoir une récolte plus précoce ou plus étalée dans les massifs âgés.

Bibliographie

■ Kebli H., Perrier C., Brahic P., Paillassa E., Girard S., 2019. Un réseau collectif d'évaluation du potentiel d'adaptation des essences et provenances pour le futur. *Forêt-entreprise* n° 249, p. 24-26.

■ Le Bouler H., Legay M., Riou-Nivert P., 2014. Le climat change, vite, trop vite : comment aider les arbres à le suivre ? *Forêt-entreprise*, n° 227, p. 26-29.

■ Legay M., 2015. IKSMAPS1 : Production de cartes pré-calculées d'évolution des aires climatiques des principales essences de la foresterie française à l'aide du modèle IKS – Volet 1 : Évaluation du modèle et cahier des charges de l'outil d'aide à la décision. RMT Aforce, 136 p.

■ Lemaire J., 2014. BioClimSol : un outil d'aide à la décision face au changement climatique. Numéro spécial de *Forêt-Entreprise*, n° 218, 64 p.

■ Taccoen A., Piedallu C., Seynave I., Perez V., Gegout-Petit A., Nageleisen L.-M., Bontemps J.-D., Gegout J.-C., 2019. Background mortality drivers of European tree species: climate change matters. *Biological Sciences*, Proceedings of the Royal Society B, Vol. 286:1900, 20190386.

Mises en garde

L'utilisation de ces cartes doit s'accompagner d'une très grande prudence en raison des limites de la méthode développée et en raison de l'incertitude associée aux données climatiques utilisées et aux modèles employés. Par ailleurs, il convient de rappeler quelques mises en garde quant à l'usage des résultats mis à disposition. Par exemple, si une forêt se situe dans une zone à enjeux, cela signifie le plus souvent qu'elle a une production de bois importante, considérée comme exposée à plus ou moins long terme vis-à-vis des changements climatiques. Cependant, cette ressource exposée peut ne représenter qu'une fraction de la forêt en place, le reste étant peu exposé. Dans une GSER qualifiée de zone à enjeux, il ne faut pas considérer systématiquement que la globalité de la forêt est exposée. Inversement, un territoire peut ne pas faire partie des zones à enjeux alors que la forêt y est particulièrement exposée. C'est par exemple le cas de la forêt méditerranéenne qui a un enjeu de production plus faible par rapport aux autres territoires mais qui est particulièrement exposée. Ainsi, il y a un vrai intérêt à définir des

zones à enjeux sur des territoires plus fins, à l'échelle d'une région administrative. De tels développements sont en cours d'étude.

Perspectives

L'approche est basée sur des variables permettant d'évaluer la fonction de production de bois. Il est possible d'étudier d'autres fonctions de la forêt comme la fonction de protection (en zone montagnaise ou littoral), ou bien la fonction de conservation de la biodiversité, à condition qu'elles puissent être caractérisées par des variables représentatives de ces fonctions. Enfin, grâce aux développements en cours des modèles, les résultats de cette étude s'enrichiront dans les prochaines années avec la prise en compte de nouvelles essences et de nouveaux indicateurs du niveau de préoccupation climatique.

Conclusion

Les cartes produites par l'étude n'ont pas vocation à prédire l'avenir mais peuvent aider à s'y préparer. Les changements climatiques risquent d'entraîner des perturbations brutales aussi bien économiques que sur les paysages. Actuellement, l'exemple douloureux de la crise des scolytes sur l'épicéa dans le quart nord-est de la France intervient après trois années de sécheresses exceptionnelles. À la différence des crises précédentes, suite par exemple aux grandes tempêtes de 1999 ou 2009 brutales et imprévisibles, les crises climatiques peuvent en partie être anticipées. Les travaux pourront servir de déclencheur et d'appui à des concertations locales avec les différents acteurs pour sensibiliser et aider à la réflexion autour de solutions d'adaptation. ■

Remerciements

Cette étude fait partie du projet Esperense porté par le RMT Aforce et financé par le Fonds stratégique de la forêt et du bois (ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation). Les auteurs remercient Éric Paillassa, Brigitte Musch, Alexandre Piboule, Hervé Le Bouler, Jean Lemaire, Christian Piedallu, Adrien Taccoen, Jean-Pierre Renaud, François Morneau et Florence Gohon pour leur participation et leur aide dans ce projet.

Résumé

Le projet Esperense a pour but de tester des essences susceptibles de remplacer celles en place et menacées par le changement climatique. Les dispositifs expérimentaux sont installés prioritairement dans des territoires où se concentrent de forts enjeux, évalués à travers la ressource de bois, et sur lesquels pèsent une menace climatique élevée. Ces territoires sont nommés « zones à enjeux ». Cet article présente la méthode développée, l'intérêt de ces zones et les précautions à prendre dans leur utilisation.

Mots-clés : changement climatique, zones à enjeux, essences.

5 des essences évaluées sur l'arboretum
Reinforce de Priziac (56) à 10 ans :
pin pondéreux, pin taeda, thuya géant,
cunninghamia, cyprès toujours vert.



Éric Paillassa © CNPF

Comment choisir les espèces et provenances à expérimenter pour l'avenir ?

Par Brigitte Musch, ONF¹, Éric Paillassa, CNPF-IDF², Valentin Bouttier et Salomé Fournier, ONF¹

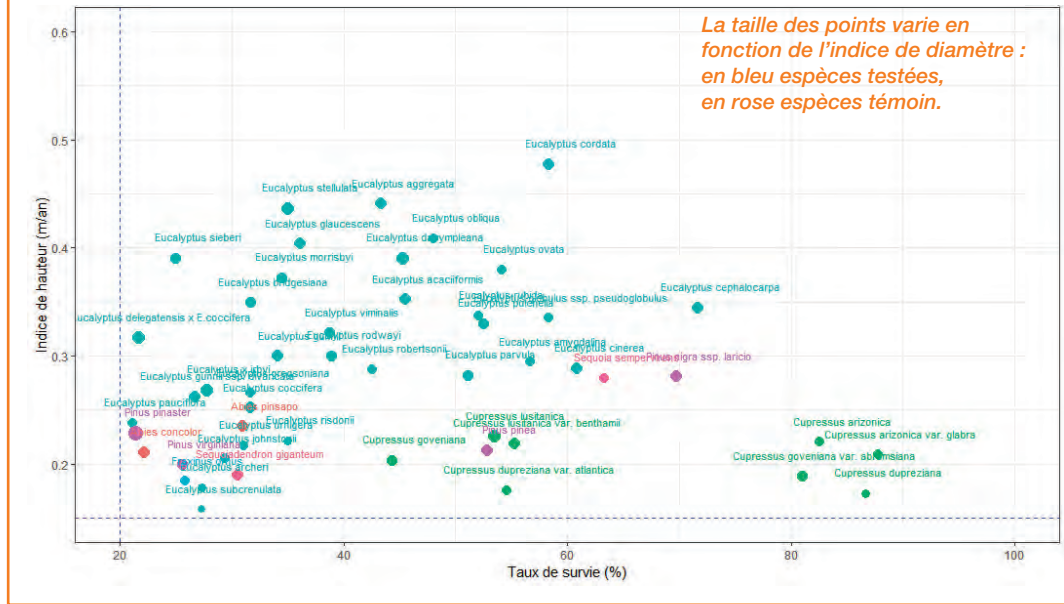
Proposer aux gestionnaires un panel d'essences susceptibles d'assurer la production de bois, tout en conservant la diversité de nos forêts est l'objectif du réseau Esperense. Sélectionner de nouvelles essences ou provenances adaptées au climat actuel et surtout aux climats futurs exige rigueur et consensus. Un vrai défi !

La diversification des essences et des provenances est une des possibilités d'action pour relever le défi de l'adaptation des forêts au changement climatique. Changer d'espèces ou de provenances par plantation est une décision lourde qui peut entraîner des conséquences sur le court, moyen et long terme. Elles peuvent aussi bien se quantifier en termes de perte de peuplement, de productivité, de modification des ressources génétiques locales ou encore de changement du paysage. Ce choix doit être construit en fonction des données scientifiques disponibles des conditions pédoclimatiques actuelles et à venir, et en coopération avec tous les acteurs.

¹ Office national des forêts

² Centre national de la propriété forestière – Institut pour le développement forestier

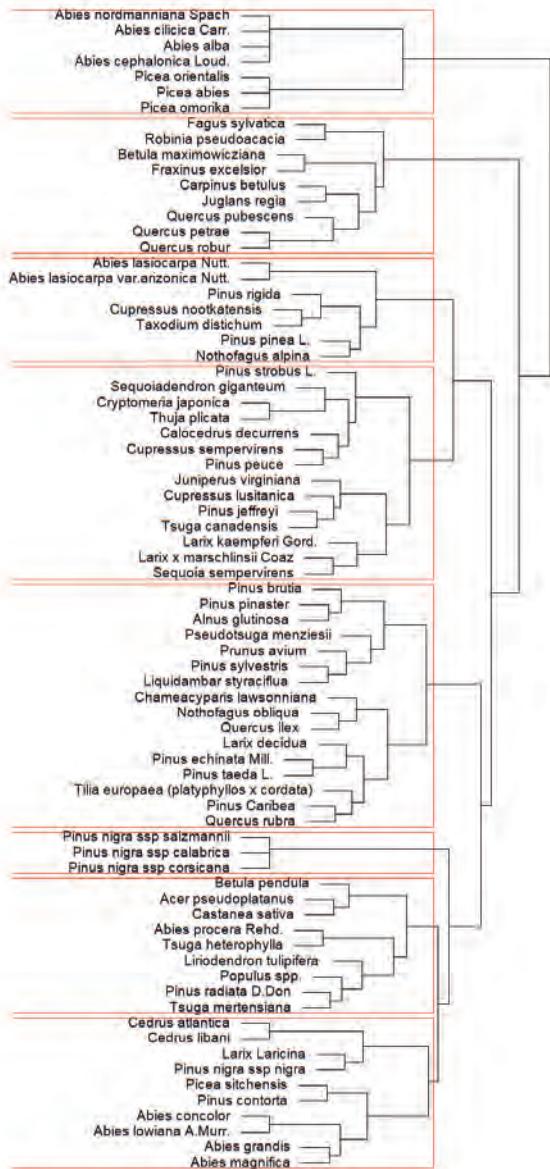
Figure 1 – Indice de hauteur en fonction du taux de survie des espèces des arboretums méditerranéens en 2012



³ GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, organisme intergouvernemental ouvert à tous les pays membres de l'Organisation des Nations unies.

Source : d'après Bouttier, 2019

Figure 2 – Dendrogramme regroupant les espèces selon leur caractéristique mécanique



Quels critères de choix ?

Les différents modèles du Giec³, quels que soient les scénarios d'émission de gaz à effet de serre, nous montrent que la température moyenne va augmenter, accompagnée de déficits hydriques de plus en plus marqués sur une période de plus en plus importante (Piboule *et al.*, 2021). Ces modifications climatiques vont s'accompagner aussi de risques accrus d'événements extrêmes que ce soit pour les températures ou les précipitations. Les forestiers jusqu'à maintenant ont pu s'appuyer sur les connaissances des générations passées pour gérer en adéquation des espèces forestières avec la station et le climat. Pour le futur, ils vont devoir relire leurs connaissances à l'aune des changements prévus, qui vont bouleverser cet équilibre.

Les forestiers vont devoir diversifier les espèces et provenances sans connaître tous les paramètres d'évolution du climat et des réactions des espèces face à ces bouleversements. Ils vont devoir favoriser des espèces ou des provenances qui puissent supporter le climat actuel, mais aussi celui de demain.

L'objectif du projet Esperense est de donner aux gestionnaires des clés pour le choix des espèces. Un des paramètres essentiels, quel que soit la zone à enjeux, est l'accroissement de la résistance au déficit hydrique. Cette résistance ne doit pas se faire dans la mesure du possible au détriment de la croissance potentielle importante ainsi que de la diversité des possibilités d'utilisation du bois. Une attention particulière doit aussi être portée au risque d'invasion biologique (voir la liste des espèces exotiques envahissantes préoccupantes).

Source : d'après Fournier, 2019



Arboretum Reinforce de Monceaux-au-Perche (61), à 7 ans, avec plus de 30 essences évaluées.



Différents outils sont à la disposition des expérimentateurs pour sélectionner les espèces les plus efficaces.

Les connaissances utilisables

Tout d'abord, de très nombreux dispositifs de tests de provenances et espèces, dont des arboretums, ont été installés. Même si leur objectif n'était pas de répondre à la question de l'adaptation au changement climatique, leur richesse et leur nombre permet d'apporter des réponses. Certains arboretums ont été conçus comme des tests d'élimination afin de tester des espèces dans des conditions climatiques de températures ou de déficit hydrique importants pour sélectionner les meilleures et enrichir la biodiversité spécifique. L'étude d'un groupe de 3 arboretums installés dans le Sud-Est de la France, il y a 40 ans, a permis d'évaluer le taux de survie d'une centaine d'espèces et de leur croissance (Bouttier *et al.*, 2019) (Figure 1). Ils ont permis d'identifier des groupes d'espèces à croissance très rapide ($> 0,4$ m/an), mais avec un taux de survie moyen à faible (40-60 %) comme les eucalyptus, et des espèces avec un taux de survie supérieur à 80 %, mais avec une croissance beaucoup plus faible (< 20 cm/an).

Dans ces mêmes conditions, le pin pignon a une croissance inférieure à 0,2 m/an et un taux de survie légèrement supérieur à 50 %. Ces résultats mettent en évidence les compromis qui devront être faits pour le choix des espèces. Grâce au modèle IKS⁴ – et bien que ce nombre d'arboretums reste limité – les résultats peuvent être généralisés à plus grande échelle. Soit dans un contexte de climat actuel

où les espèces peuvent être utilisées pour diversifier les peuplements, soit dans le cadre d'un climat futur projeté avec notamment les conditions climatiques des arboretums méditerranéens pouvant être attendues et généralisées sur une grande surface à l'échelle française. Il est toutefois nécessaire de prendre en compte les conditions de climat actuel avant d'entreprendre toute intervention et notamment plantation en vue d'adaptation des espèces. Mais hélas, tous les dispositifs ne sont pas tous aussi riches ni aussi anciens, et surtout ils ont été installés dans des conditions pédoclimatiques favorables à l'espèce.

Les connaissances complémentaires

Pour choisir les espèces, nous nous sommes aussi appuyés sur les connaissances compilées dans ClimEssences⁵.

Plus de 149 fiches ont été rédigées afin de décrire la réaction des espèces face à des facteurs climatiques et édaphiques limitants, et aussi leur potentialité en termes de croissance et production de bois ou encore leur mise en œuvre sylvicole et risque invasif. Ces données sont issues d'un travail collectif à partir de trois sources différentes : bibliographique, scientifique et technique, dire d'expert et de données du terrain (expérimentations et peuplements atypiques). Ce site comprend aussi bien des informations sur les résineux que sur les feuillus. L'ensemble de ces données est conservé dans une base de données. Pour le projet Esperense, les requêtes ont porté sur les facteurs limitants liés au climat, aux performances de croissance, mais aussi au risque d'invasion biologique.

⁴ Modélisation de la compatibilité climatique des essences (IKS).

⁵ <https://climesseces.fr/>

Bibliographie

■ Fournier S., 2019. *Évaluation du potentiel des espèces forestières pour un usage en bois de structure*. Document RDI-ONF, 46 pages.

■ Bouttier V., 2019. *Alien tree growth comparison in old French arboretums*. Rapport de stage ONF-AgroParisTech, 76 pages.

Ces deux approches ont été complétées par deux autres études (Figure 2).

La première sur la qualité du bois (Fournier, 2019) a porté sur des données quantitatives (module d'élasticité, contrainte de rupture, densité...) et des données qualitatives (couleur du duramen, classe de durabilité...). Cette étude a réuni des données sur les bois de 75 essences dont 22 feuillus : des essences de référence, autochtones et fréquemment rencontrées en France, dont les potentiels en structure sont connus ou plus incertains. D'autres essences sont originaires de différentes parties du globe et ont connu des utilisations en construction, que ce soit au niveau industriel ou sur des marchés de niche dans leur région d'origine. L'analyse de ces bases de données (Figure 2, p. 28) permet de mieux connaître des espèces peu présentes en France, en faisant des parallèles avec les essences forestières présentes dans l'étude et classiquement valorisées dans notre tissu industriel français pour un usage en bois de structure.

La seconde porte sur la prise en compte de la diversité génétique des espèces. Les arbres forestiers possèdent une très grande variabilité, qui, au cours des siècles passés et jusqu'à présent ont permis d'obtenir des peuplements qui se sont montrés résilients. Cette grande diversité est le moteur de cette évolution et

permet à l'espèce de s'adapter aux crises environnementales. Sur l'ensemble de l'aire de répartition d'une espèce, les conditions environnementales peuvent très fortement varier et en particulier l'intensité du déficit hydrique. Des peuplements, ayant subi des déficits hydriques plus prononcés que la moyenne, peuvent avoir acquis des capacités adaptatives qui sont intéressantes pour le futur. À partir des trois indices du modèle de compatibilité climatique IKS, il est possible de caractériser les peuplements à l'échelle du kilomètre notamment pour le déficit hydrique (Figure 3). Les conditions pédoclimatiques peuvent varier au sein d'une région et cette variabilité doit être prise en compte. Dans le cadre du projet Esperense, les provenances avec un fort déficit hydrique ainsi identifiées seront testées en priorité.

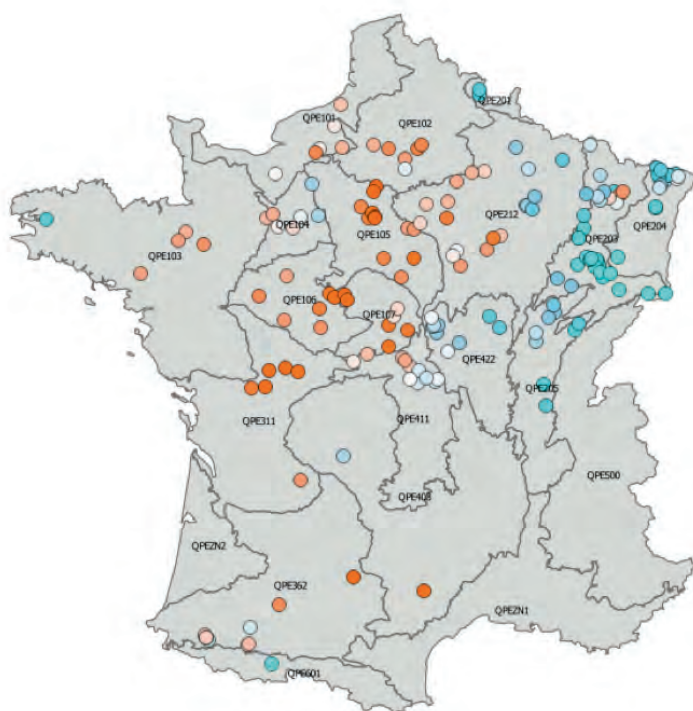
Quelles essences alternatives ?

Dans le cadre du projet Esperense, l'objectif était de proposer des alternatives aux provenances de chênes sessile et pédonculé de la zone à enjeux. Le critère de résistance au froid intense n'a pas été étudié, mais pour d'autres zones à enjeux, comme en montagne, il doit être pris en compte. Chacun de ces critères peut être modulé selon les exigences des conditions locales et la durée de rotation des espèces.

La prise en compte de l'ensemble de ces analyses a conduit à la sélection de 124 espèces. Certaines de ces espèces y figurent à titre d'espèces de référence comme le douglas ; d'autres au contraire sont des espèces plus ou moins bien connues sur le territoire français. Afin de guider l'expérimentateur pour faire son choix en fonction du risque encouru par le manque de connaissance, les différentes espèces ont été séparées en deux groupes : les **espèces aptes** et les **candidates**. Les premières sont les espèces qui sont réglementées par l'État français et les secondes ne sont présentes que dans des expérimentations ou des introductions anciennes. Au sein de ces deux catégories, le niveau de connaissances est aussi très variable selon que l'espèce est largement plantée ou qu'elle n'est présente qu'en quelques exemplaires dans des dispositifs expérimentaux. Chaque catégorie a été scindée en 3 groupes :

- **Espèces aptes :**
 - ↳ Apte niveau 3 = essence/provenance réglementée vendue à plus de 5 000 000 plants en 2018.
 - ↳ Apte niveau 2 = essence/provenance réglementée vendue entre 50 000 et 5 000 000 plants en 2018.

Figure 3 – Cartographie du niveau de déficit hydrique des peuplements porte-graines de chêne sessile



Source : d'après Mathilde Doucerain, 2020

Figure 4 – Liste des espèces pouvant être testées dans la zone à enjeux chêne sessile et chêne pédonculé

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| <i>Abies cephalonica*</i> | <i>Eucalyptus dalrympleana</i> | <i>Pseudotsuga menziesii*</i> |
| <i>Abies cilicica</i> | <i>Eucalyptus gunnii*</i> | <i>Quercus cerris*</i> |
| <i>Abies lowiana*</i> | <i>Eucalyptus x irbyi gundal*</i> | <i>Quercus chrysolepis</i> |
| <i>Abies nordmanniana*</i> | | <i>Quercus faginea*</i> |
| <i>Abies nordmanniana ssp. equi-trojani*</i> | | <i>Quercus frainetto*</i> |
| <i>Abies pinsapo*</i> | <i>Liquidambar styraciflua*</i> | <i>Quercus ilex*</i> |
| <i>Acer pseudoplatanus*</i> | <i>Metasequoia glyptostroboides*</i> | <i>Quercus macranthera</i> |
| <i>Betula alleghaniensis</i> | <i>Pinus brutia*</i> | <i>Quercus nigra</i> |
| <i>Betula papyrifera</i> | <i>Pinus nigra ssp. nigra*</i> | <i>Quercus petraea*</i> |
| <i>Betula pendula*</i> | <i>Pinus nigra ssp. salzmannii var. corsicana*</i> | <i>Quercus pubescens*</i> |
| <i>Calocedrus decurrens*</i> | <i>Pinus pinaster*</i> | <i>Quercus robur*</i> |
| <i>Carya cordiformis</i> | <i>Pinus ponderosa</i> | <i>Quercus rubra*</i> |
| <i>Castanea sativa*</i> | <i>Pinus radiata*</i> | <i>Quercus suber*</i> |
| <i>Cedrus atlantica*</i> | <i>Pinus rigida*</i> | <i>Quercus vulcanica*</i> |
| <i>Cedrus libani*</i> | <i>Pinus sylvestris*</i> | <i>Robinia pseudoacacia*</i> |
| <i>Cunninghamia lanceolata</i> | <i>Pinus taeda*</i> | <i>Sequoia sempervirens*</i> |
| <i>Diospyros virginiana</i> | <i>Platanus orientalis</i> | <i>Sorbus torminalis</i> |

Les espèces de la zone à enjeux sont marquées en orange, les * indiquent les espèces testées dans le cadre du projet.

- ➔ Apte niveau 1 = essence/provenance réglementée vendue moins de 50 000 plants en 2018.
- Espèces candidates :
 - ➔ Candidate niveau 2 = essence/provenance existant dans au moins 20 sites expérimentaux (IDF-ONF).
 - ➔ Candidate niveau 1 = essence/provenance existant dans 6 à 20 sites expérimentaux (IDF-ONF).
 - ➔ Candidate niveau 0 = essence/provenance existant dans moins de 5 sites expérimentaux (IDF-ONF).

Ainsi, l'expérimentateur sait quel niveau de risque il encourt en utilisant une espèce ou une autre. Le niveau de risque est une notion importante, car selon les acteurs, **la capacité à accepter l'échec d'une plantation par méconnaissance de l'auto-écologie d'une essence est plus ou moins importante.**

La dernière étape, après s'être assuré de la compatibilité avec les facteurs édaphiques et la mise en œuvre sylvicole sur les fiches de ClimEssences, est de vérifier la compatibilité climatique des espèces sélectionnées pour le court et le moyen terme lorsque cela est possible. Les cartes de compatibilité climatique permettent de vérifier si l'espèce peut actuellement et dans le futur survivre, car le défi est aussi de tester des espèces et des provenances qui pourront croître le temps de leur révolution.

Pour chacune de ces espèces, il est important de prendre en compte la diversité des provenances qui peut avoir une large amplitude.

Il est alors généralement conseillé de ne pas tester une seule provenance par essence, ce qui pourrait conduire à des interprétations incomplètes, des résultats, la variable diversité génétique n'ayant pas été prise en compte.

Pour le projet Esperense, parmi les 124 espèces sélectionnées, toutes n'ont pas été proposées pour les expérimentations. En effet, le projet propose une méthodologie qui peut être appliquée à différents enjeux. Pour l'enjeu chêne sessile et pédonculé, seules 47 essences ont été sélectionnées (Figure 4). L'étape suivante a été de se procurer les semences dans le temps du projet. La durée du projet, la rythmicité des fructifications et les contraintes sanitaires ont impacté l'approvisionnement. Pour ces raisons, seules 60 Unités Génétiques (espèces x provenances) ont pu être installées dans les dispositifs du projet.

Et après

Le projet Esperense a permis de collationner des données disponibles de différentes sources et de proposer une méthodologie robuste pour le choix des espèces. La liste a été validée par les acteurs de la recherche et de l'expérimentation. Les données récoltées sur ces espèces et provenances vont permettre d'accroître les connaissances. Cette liste est évolutive, c'est-à-dire que certaines espèces peuvent être ajoutées et d'autres supprimées en fonction de nouvelles informations collectées. ■

Remerciements à Bruno Fady, INRAE⁶ pour sa contribution au projet Esperense et l'article.

⁶ Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

Trois protocoles d'évaluation des essences pour une science participative

Par Éric Paillassa, CNPF-IDF¹, Patrick Pastuszka, INRAE², Brigitte Musch, ONF³

L'évolution climatique actuelle met en danger certaines essences de production à court ou moyen terme sur notre territoire. La recherche d'essences/provenances alternatives résilientes est un défi majeur, qui nécessite la mobilisation de tous et des expérimentations précises. Trois protocoles d'évaluation sont définis pour les participants du réseau Esperense.

¹ Centre national de la propriété forestière – Institut pour le développement forestier.

² Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

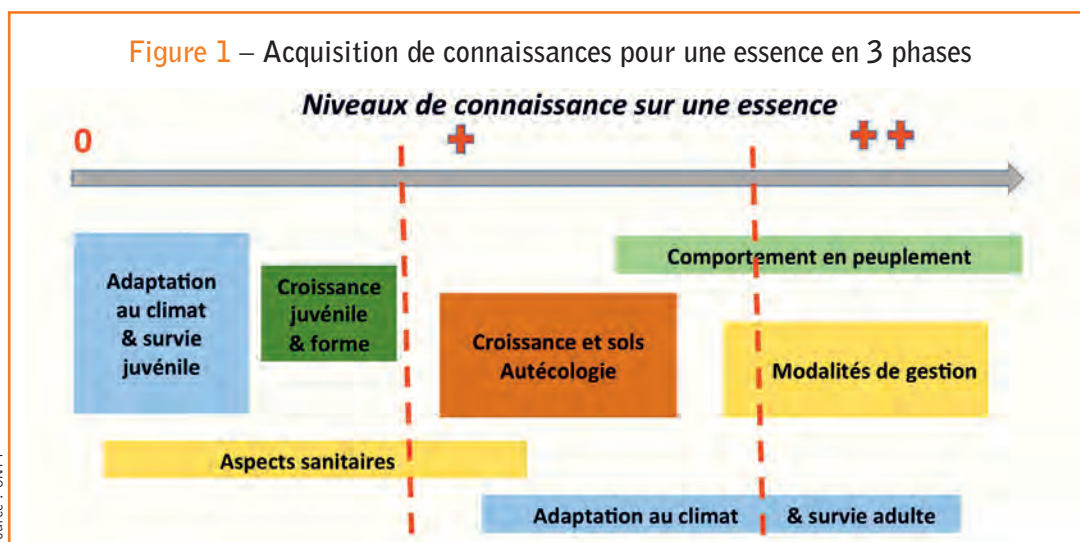
³ Office national des forêts.

Le projet Esperense a identifié un premier panel d'une centaine d'essences qui pourraient être des essences de production alternatives face au défi climatique. Ces essences seraient, d'après les données existantes, plus tolérantes face aux déficits hydriques et aux fortes chaleurs. En assurant une continuité dans la fonction de production de bois, ces essences participeraient aussi à la fonction de stockage du CO₂. Le comportement de ces essences est peu ou pas connu sur le territoire national. Elles doivent être évaluées pour confirmer ou infirmer leurs capacités à prendre le relais de nos essences actuelles, et ce dans nos conditions de sol, et de climats actuel et futur. Ces évaluations doivent se faire dans le cadre d'expérimentations rigoureuses pour acquérir des connaissances fiables, nécessaires aux forestiers tant à court, que moyen et long terme : c'est l'objectif des 3 protocoles d'évaluation proposés.

Mais outre ces protocoles, une localisation géographique appropriée de ces expérimentations apportera des réponses encore mieux adaptées, en anticipant dès aujourd'hui des climats futurs.

L'évaluation d'une essence

L'évaluation d'une essence peu ou pas connue nécessite une démarche adaptée et progressive pour connaître le taux de survie, la croissance, les risques sanitaires et la sylviculture à pratiquer. La figure 1 présente les trois phases successives d'acquisition de ces connaissances. Dans la première phase, l'objectif est d'évaluer l'adaptation au climat. Trois critères peuvent rapidement informer sur l'intérêt d'une essence : sa capacité de survie, la croissance et la forme au stade juvénile. C'est aussi à ce stade qu'il faut identifier d'éventuels risques sanitaires et invasifs. Les risques d'échecs potentiels sur des essences inconnues (mortalité, non adaptation, croissance insuffisante) sont



non négligeables. Il est préférable, à ce stade, de travailler avec des effectifs d'arbres réduits, mais avec des répétitions pour gommer les influences environnementales. Cette évaluation juvénile doit donc permettre un premier tri entre les essences qui ont un intérêt potentiel et les autres dont il ne sera pas nécessaire de poursuivre l'évaluation.

La deuxième phase porte sur les essences présentant un intérêt potentiel identifiée au stade juvénile, avec comme objectif d'évaluer les interactions croissance et station. Elle vise à préciser l'autécologie de l'essence. Elle sera sur une période nécessairement plus longue que la précédente et avec des arbres plus grands, permettant ainsi de poursuivre l'évaluation des possibilités d'adaptation au climat et leur capacité de survie. Cette évaluation permet de commencer à accumuler des informations sur le comportement social de l'essence, ce qui nécessite de travailler sur des effectifs d'arbres plus conséquents.

La troisième phase concerne une évaluation « grandeur nature » de l'essence. Il s'agit de tester son comportement en peuplement réel, son adaptation au climat à l'âge adulte, et aussi sa sylviculture. Pour cette phase, il est nécessaire de travailler sur un « mini » peuplement.

Stratégie de participation

Cette évaluation des essences, organisée en 3 parties distinctes, peut être déclinée dans 3 types d'expérimentations ou tests, définis dans le cadre du projet Esperense. Il s'agit ici des **tests d'élimination** (première phase), **de comportement** (deuxième phase) et **d'ilot d'avenir** (troisième phase).

Leur objectif est d'organiser l'évaluation des essences dans le temps, et pour permettre à un maximum d'acteurs de participer à cette évaluation. En effet, l'ampleur de cette évaluation et l'urgence de l'adaptation des forêts au changement climatique sont telles que toutes les énergies doivent être mobilisées pour acquérir les connaissances et les appliquer rapidement.

Ainsi, avec une difficulté de réalisation et de suivi sur le terrain différente selon les tests, ces 3 protocoles permettent de proposer des tests d'évaluation adaptés aux compétences et aux moyens des différents acteurs.

L'utilisation de ces 3 types de tests est **une première particularité du réseau Esperense**.

Le test d'élimination

Son objectif est de trier à court terme (10 ans), un grand nombre d'essences potentielles, peu ou pas connues afin de sélectionner celles dont il apparaît intéressant de poursuivre l'évaluation. Ce test doit être réalisé sur un sol sans facteur limitant majeur, comme par exemple une forte hydromorphie, la présence de calcaire actif, la faible profondeur du sol ou une argile trop compacte. Cette exigence doit permettre de mettre les essences dans les meilleures conditions de sol possible afin qu'elles expriment au mieux toutes leurs potentialités d'adaptation et de croissance, mais aussi afin d'éviter l'élimination d'une essence intéressante qui ne serait pas adaptée à un des facteurs sol limitants. Le faible nombre d'arbres étudiés par essence sur un site permet d'une part d'étudier un grand nombre d'essences sur une surface raisonnable, mais aussi de limiter au maximum l'impact d'un éventuel échec (mortalité, très faible croissance) pour une essence inadaptée. La complexité et les exigences du test d'élimination réservent ce test principalement aux organismes de recherche et de développement.

Le test d'élimination

Objectif

Sélectionner rapidement des essences potentielles parmi un grand nombre, sur des bons sols et selon les enjeux

Résultats attendus

- Liste d'essences à évaluer de façon plus approfondie
- Liste d'essences à abandonner pour des raisons identifiées (sensibilité climatique, croissance juvénile insuffisante, sensibilité aux agents pathogènes)

Plan d'expérience

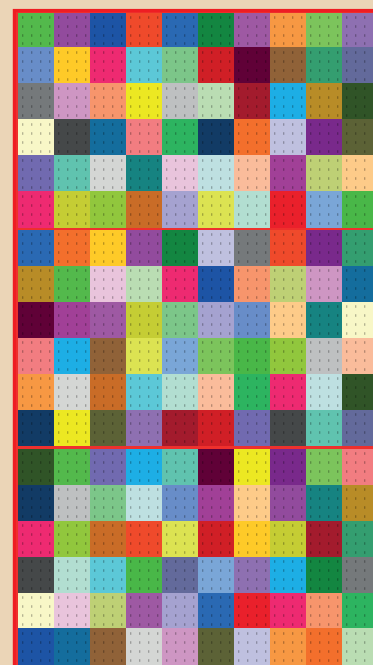
- Entre 40 et 60 essences/provenances étudiées (*une couleur pour une essence/provenance*)
- Unités expérimentales de 48 arbres suivis par essence/provenance
- Parcelle unitaire de 16 arbres
- Répartis en 3 blocs (3 PU de 16 arbres)
(1 PU = un carré de 16 croix d'une même couleur)
- Surface totale de plus de 2 ha

Suivis

- Survie et croissance juvénile & vigilance sanitaire
- Très régulier dans le temps
- Pendant 10 ans

Acteurs

INRAE, FCBA, CNPF, ONF



Exemple de plan d'essai.

Le test de comportement

Objectif

- Évaluer à moyen terme le comportement d'essences/provenances d'intérêt potentiel sur des sols différents

Résultats attendus

- Éléments d'autécologie
- Comportement/concurrence
- Réaction à l'éclaircie

Plan d'expérience

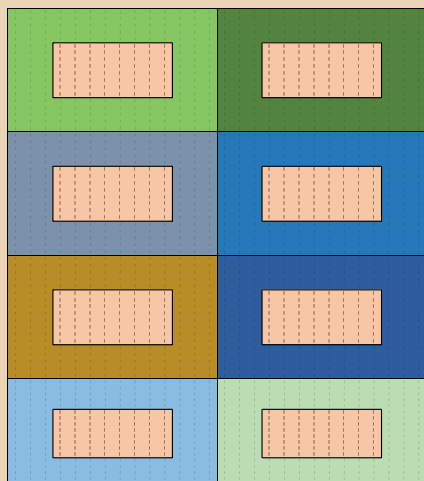
- 3 à 8 essences/provenances étudiées (une couleur pour une essence/provenance)
- 252 arbres dont 64 suivis (carré de 64 croix sur fond beige)
- Pas de répétition
- Surface entre 1 et 2 ha

Suivis

- Survie et croissance & vigilance sanitaire
- Régulier dans le temps
- Pendant 30 ans

Acteurs

CNPF, ONF, Groupes de progrès de la forêt privée, gestionnaires privés



Exemple de plan d'essai.

Le test de comportement

Dans la démarche progressive d'acquisition des connaissances, le test de comportement intervient pour étudier les essences qui ont montré de bonnes capacités de croissance et d'adaptation, et des risques limités lors des tests d'élimination. Il s'agit, pour ces essences, d'évaluer sur un moyen terme (20/30 ans) leur comportement et leur croissance en fonction de sols variés, mais représentatifs au sein d'une région. Le nombre d'essences étudiées y est plus faible que dans le test d'élimination, mais le nombre d'arbres suivis est plus important. Ainsi, les premières indications sur le comportement en peuplement de ces essences, et leur réaction à une éventuelle première éclaircie, pourront être acquises.

De par son faible nombre d'essences étudiés sur un même site, son plan d'expérience et son suivi simplifié, le test de comportement est réalisable par toutes les structures de développement et de vulgarisation, dont les groupes de progrès.

Le test îlot d'avenir

Objectif

- Apprivoiser une nouvelle essence/provenance

Résultats attendus

- Confirmation de l'intérêt de l'essence
- Identification d'adaptations nécessaires par rapport à des gestions classiques

Plan d'expérience

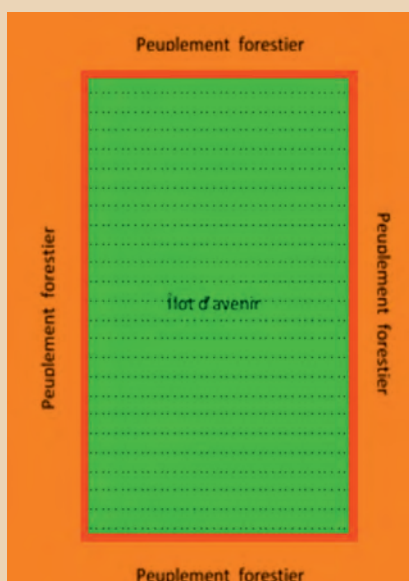
- 1 essence/provenance étudiée
- Nombre d'arbres fonction de la densité x surface
- Pas de répétition
- Surface entre 0,5 et 2 ha

Suivis

- Survie et croissance & vigilance sanitaire
- Peu régulier
- Durant la vie du peuplement

Acteurs

ONF, Groupes de progrès de la forêt privée, gestionnaires privés



Exemple de plan d'essai.

Le test en îlot d'avenir

Ce test convient pour les essences peu connues, mais ayant montré de réelles qualités de croissance et d'adaptation, et qui n'ont jamais fait l'objet de plantation en vraie grandeur avec une gestion sylvicole sur le long terme. L'îlot d'avenir est un « mini » peuplement qui permet d'aborder l'adaptation de l'essence en conditions réelles de gestion et avec un effectif d'arbres conséquent. La surface de l'îlot permet cependant de limiter le risque en cas d'échec qui reste toujours possible.

La mise en place d'îlot d'avenir peut être réalisée par des gestionnaires ou des propriétaires qui souhaitent, sur une surface réduite, évaluer une essence nouvelle, relativement connue mais peu ou pas plantée localement.

Évaluer les essences, mais où ?

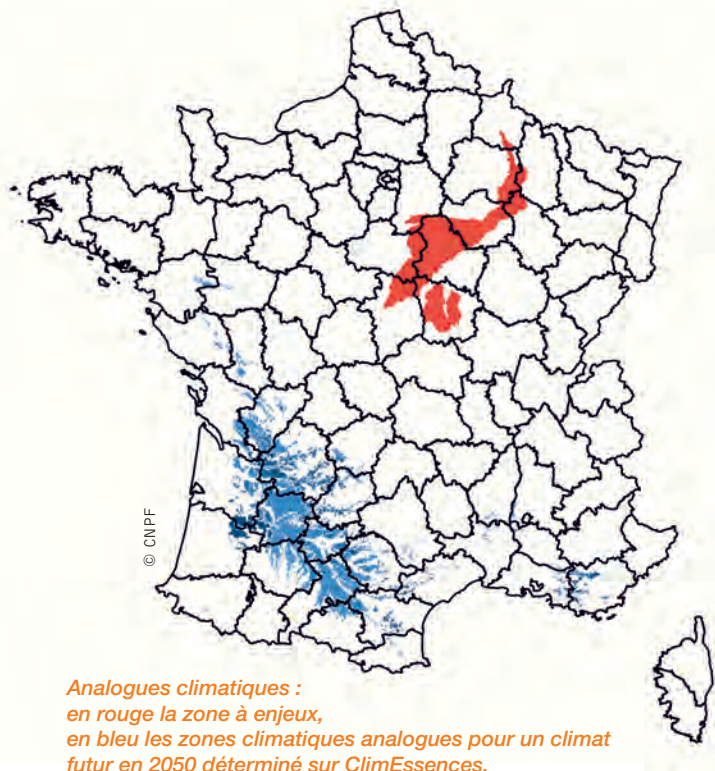
L'ampleur du défi expérimental pour la recherche d'essences alternatives résilientes impose d'optimiser les moyens mis en œuvre, et donc de cibler cette recherche dans les secteurs géographiques à risque pour les essences forestières en péril. C'est pourquoi le réseau Esperense met en place ces expérimentations dans les zones à enjeux définies précédemment (voir article p. 22 : *Comment prioriser les efforts d'évaluation de nouvelles essences pour l'adaptation ?*).

Par cette démarche, la recherche d'essences alternatives se déroule précisément dans les

En savoir +

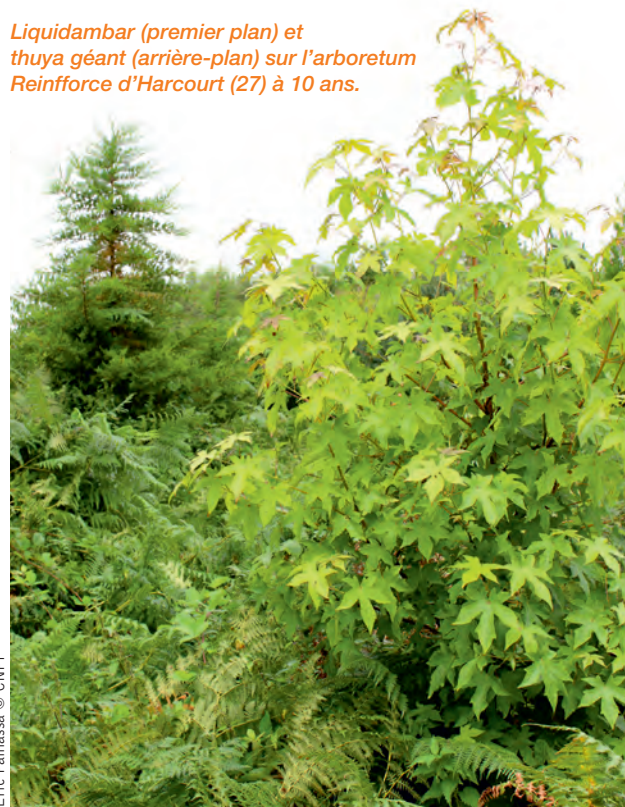
Une conférence en ligne :

L'expérimentation au service de la forêt de demain - Aforce - Adaptation des forêts au changement climatique
<https://www.reseau-aforce.fr/n/1-experimentation-au-service-de-la-foret-de-demain/n:4065>



Analogues climatiques :
en rouge la zone à enjeux,
en bleu les zones climatiques analogues pour un climat futur en 2050 déterminé sur ClimEssences.

Liquidambar (premier plan) et thuya géant (arrière-plan) sur l'arboretum Reinforce d'Harcourt (27) à 10 ans.



Eric Paillasse © CNPF

conditions de sol et de climat des essences à remplacer. Cette localisation « orientée » des expérimentations est une **deuxième particularité du réseau Esperense**. Ainsi, il est recherché une priorisation des réponses pour les secteurs menacés.

Cependant face à la problématique du climat changeant, si cette évaluation des essences localisées sur la zone à enjeux convient pour connaître leur adaptation à cette zone, cette évaluation se déroule selon le climat actuel et ne répond qu'à une partie du problème. Qu'en est-il de leur adaptation dans le climat futur ? Peut-on essayer d'anticiper l'avenir, et tenter d'avoir des indications sur le comportement de ces essences avec un climat futur de la zone à enjeux ?

Les sites miroirs

Le réseau Esperense propose de répondre à cette question en utilisant l'analogie climatique et en installant des sites miroirs.

L'analogie climatique est une analyse climatique qui permet de connaître où se trouve actuellement un climat futur⁴ d'un lieu. En utilisant la fonctionnalité « analogie climatique » du site ClimEssences⁵, il est possible de connaître l'analogie climatique d'une sylvo-corégion (SER) pour un futur climatique déterminé. Sur la carte ci-dessus, nous avons en bleu les zones « analogues climatique » de la zone à enjeux en rouge, pour un climat futur déterminé de ClimEssences (2050 – RCP 4,5 – moyenne des modèles climatiques).

Un site miroir est un site expérimental en tout

point identique à celui qui est installé dans la zone à enjeux (rouge), mais installé dans la zone analogue climatique (bleue) de la zone à enjeux étudiée. La difficulté majeure pour l'installation de ces sites miroir est de trouver un site « analogue » avec un sol proche de celui du site « zone à enjeux », afin de ne pas introduire un biais sol entre les 2 dispositifs.

La mise en place de site miroir permet ainsi d'avoir un même essai selon 2 climats différents, et donc de proposer une anticipation du comportement des essences étudiées dans un climat futur.

Les sites miroirs sont une **troisième particularité du réseau Esperense**.

Conclusion

La méthodologie expérimentale proposée par le réseau Esperense doit permettre de relever ensemble le défi de l'adaptation des essences aux climats futurs. Le choix des 3 protocoles est une volonté forte pour une participation de tous, dans une démarche de science participative. Le ciblage de l'expérimentation sur les zones à enjeux et la mise en place de sites miroirs doivent permettre d'optimiser ce travail expérimental. ■

Résumé

Le réseau Esperense évaluera des essences de production alternatives face au changement climatique. Pour acquérir des connaissances sur ces nouvelles essences sélectionnées, trois types d'expérimentation – test d'élimination, test de comportement, test îlot d'avenir – seront installés avec les membres du réseau.

Mots-clés : protocoles expérimentaux, acquisition connaissances, réseau Esperense.

⁴ En l'état des connaissances scientifiques actuelles, plusieurs climats futurs sont envisageables selon les scénarios du GIEC, des climats plus ou moins optimistes, mais aussi des climats pessimistes.

⁵ <https://climesences.fr>



Aperçu de la production de différentes unités génétiques à la pépinière de Guémené-Penfao, en juillet 2020.

S'approvisionner en semences pour expérimenter de nouvelles espèces ou provenances

Par Sabine Girard CNPF-IDF¹, Patrice Brahic et Joël Conche, ONF²

Une fois les espèces potentiellement intéressantes identifiées, il faut trouver les semences correspondantes afin de produire les plants qui seront ensuite installés dans des dispositifs expérimentaux. Quels enseignements peut-on tirer de l'expérience menée dans le programme Esperense ?

¹ Centre national de la propriété forestière – Institut pour le développement forestier.

² Office national des forêts.

Après avoir identifié une zone géographique avec un fort enjeu de production forestière (les chênes en secteur ligérien dans Esperense 2021), des modèles climatiques ont été utilisés pour identifier des espèces compatibles avec les conditions climatiques futures. Le résultat de ce travail a abouti à une liste d'une cinquantaine d'espèces, point de départ pour la recherche de semences.

Identifier précisément les unités génétiques à expérimenter

Expérimenter de nouvelles espèces ou provenances implique de connaître très précisément l'origine du matériel qui sera testé, qu'il s'agisse de l'identité complète d'une variété

issue d'un travail de sélection ou des coordonnées géographiques d'un peuplement source de graines. En effet, au sein d'une même espèce, des provenances originaires de régions distinctes peuvent se comporter différemment dans un contexte pédoclimatique donné. Pour mémoire, lors de l'épisode de froid intense de janvier 1985, les pins maritimes originaires du Portugal ont gelé sur la façade atlantique, tandis que les provenances landaises sont restées indemnes ; de même, dans le Sud-Est de la France, les peuplements de pins d'Alep issus de graines espagnoles ont subi de lourdes pertes contrairement à ceux constitués des provenances locales.

Par conséquent, raisonner en terme d'espèces n'est pas suffisamment précis, il faut

utiliser l'« unité génétique » c'est-à-dire le « triptyque » : **espèce + provenance ou variété + année de récolte des semences**. Ainsi, des plants de chêne sessile³ issus de glands récoltés en 2018 en forêt domaniale de Bercé (Sarthe, QPE106) correspondent à une unité génétique, d'autres issus d'une récolte en forêt domaniale de Grésigne (Tarn, QPE362) à une autre, des douglas issus de la récolte de 2016 de la variété Californie-VG à une autre, etc.

Mobiliser des réseaux d'approvisionnement fiables

La quasi-totalité des semences des unités génétiques françaises ont été fournies par la sècherie de la Joux (ONF) et le département « Semences d'arbres » de Vilmorin. En complément, deux opérations spécifiques ont été organisées en 2019 par l'ONF pour récolter des semences de *Sequoia sempervirens* dans la Sarthe et de *Pinus rigida* dans le Cher. Pour les importations, des programmes⁴ antérieurs avaient permis d'identifier, sur différents continents, des réseaux d'approvisionnement de semences fiables, c'est-à-dire :

1. respectant les réglementations et procédures en vigueur,
2. présentant des garanties de traçabilité des origines géographiques,
3. expédiant avec soin les semences.

En complément des réseaux commerciaux, une collaboration scientifique entre l'ONF et la Turquie, a permis d'accéder à des semences de *Pinus brutia* et de *Quercus vulcanica*, les glands de cette dernière étant particulièrement difficiles à mobiliser.

Respecter les différentes réglementations

Le commerce des semences fait l'objet de différentes réglementations à différentes échelles territoriales (internationale, européenne et nationale) qui encadrent l'importation et la circulation des végétaux :

- ➔ des réglementations phytosanitaires dont l'objectif est d'empêcher l'introduction d'organismes nuisibles (l'importation des USA de semences des genres *Pinus* et *Pseudotsuga* est ainsi interdite car celles-ci peuvent héberger un champignon *Fusarium circinatum*, organisme de quarantaine sur le territoire européen⁵) ;
- ➔ des réglementations qui encadrent le commerce des semences, produits dont la qualité ne peut être appréciée instantanément et visuellement au moment de l'achat. De ce fait, lorsque l'on importe des semences, un certain nombre de démarches administra-

tives doivent être effectuées nécessitant des compétences spécifiques, régulièrement actualisées.

Confronter les disponibilités à la liste initiale

Alors que la liste initiale comportait une cinquantaine d'espèces, la disponibilité en semences en France et à l'étranger a fortement limité le nombre d'unités génétiques qu'il a été possible de produire.

Au final, 60 unités génétiques concernant 39 espèces ont été produites pour alimenter les 13 dispositifs installés. Plus de 85 % d'entre elles provenaient d'Europe : Turquie, Bulgarie, Roumanie, Hongrie, Espagne, Italie (Figure 1). Le quart de ces unités génétiques a été fourni sous forme de plants par des pépinières privées françaises et espagnoles. Les autres, correspondant à des espèces ou provenances « nouvelles » ou peu connues des professionnels, ont été produites par le Pôle National des Ressources Génétiques Forestières (PNRGF) sur les sites de Cadarache (13) et Guémené-Penfao (44).

Documenter l'itinéraire de production des plants

La quasi-totalité des plants a été produite hors sol, en godets (photo ci-contre). Les itinéraires de production utilisés en pépinières privées ont été archivés et le PNRGF a effectué un suivi précis du développement des semis dont il avait la charge.

³ *Quercus petraea*.

⁴ FORECCAsT, FOREst Climate Change Adaptation, projet LIFE 2017-20 : <http://www.foreccast.eu/fr/homepage/accueil.html>

TREC : Transfert Raisonné en Espèces introduites, Projet RMT Aforce 2016-17. <https://www.reseau-aforce.fr/n/trec/n:3415>

REINFFORCE, Réseau d'INfrastructures de recherche pour le suivi et l'adaptation des FORêts au Changement climatique, projet interreg IV, 2009-13, <http://www.iefc.net/newsite/sitereinforce>

⁵ Les organismes de quarantaine sont des organismes nuisibles qui ont une importance potentielle pour l'économie de la zone menacée et qui ne sont pas encore présents dans cette zone. Ils font l'objet d'une lutte officielle.

Figure 1 – Origine géographique des 60 unités génétiques destinées aux 13 dispositifs installés dans le cadre du programme Esperense

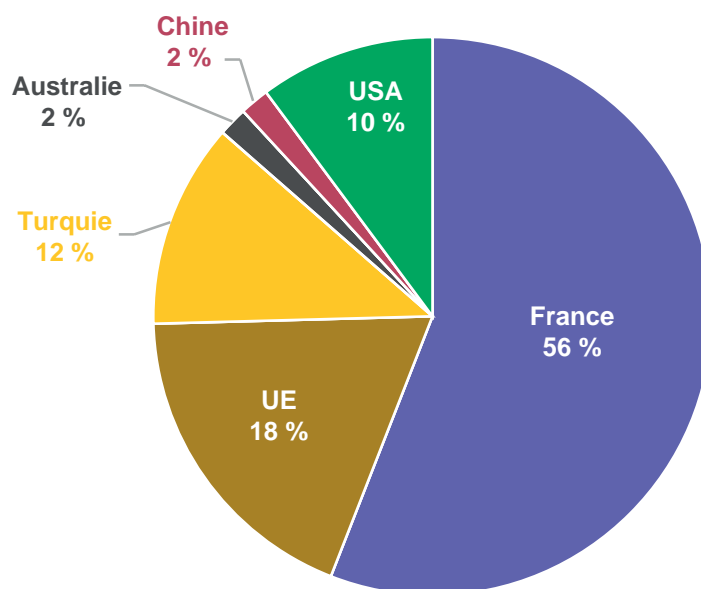
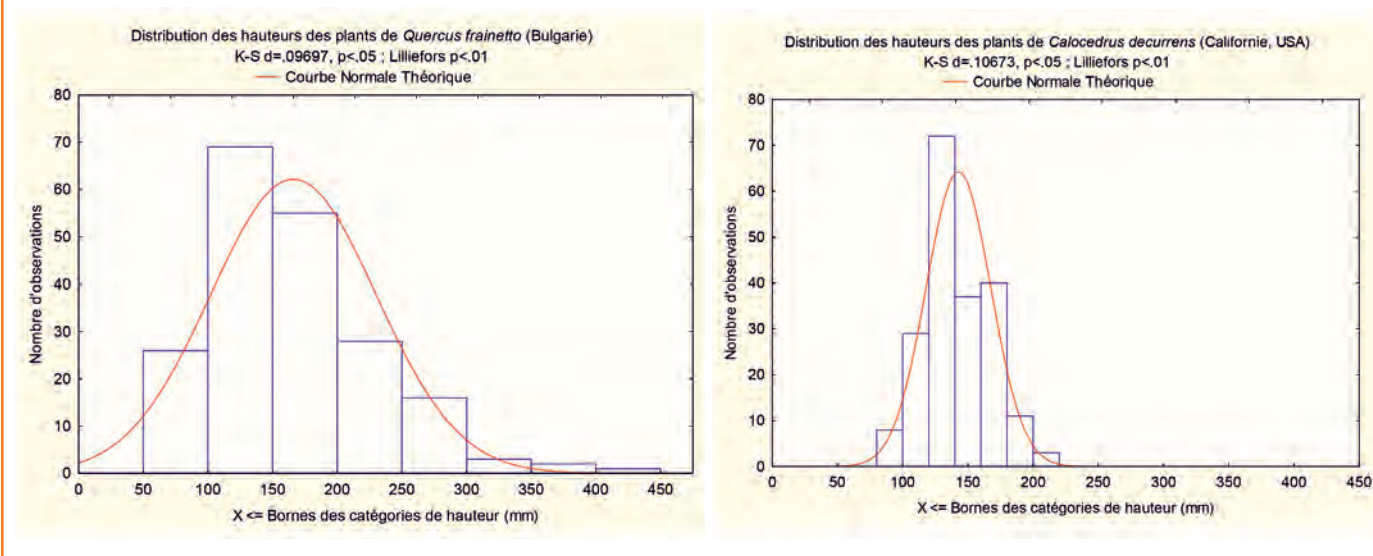


Figure 2 – Distribution des classes de hauteurs (en abscisse en mm) d'un échantillon de 200 plants pour 2 espèces, *Quercus frainetto* et *Calocedrus decurrens*, après une saison d'élevage à la pépinière de Cadarache (13)



Quel que soit le lieu d'élevage, la hauteur et le diamètre au collet de 200 plants de chaque unité génétique ont été mesurés en fin d'élevage (Figure 2) ; l'objectif était de récolter le maximum d'informations, en particulier sur le matériel de reproduction peu ou pas connu jusqu'alors en France, pour les mettre à disposition de la filière.

Pour certaines espèces (cas de *Quercus vulcanica* et *Quercus frainetto*) voire certaines provenances (cas de *Quercus cerris*, Figure 3), l'élevage a été trop court pour permettre aux plants d'atteindre des dimensions satisfaisantes. Leur production devra *a priori* se dérouler sur 2 ans.

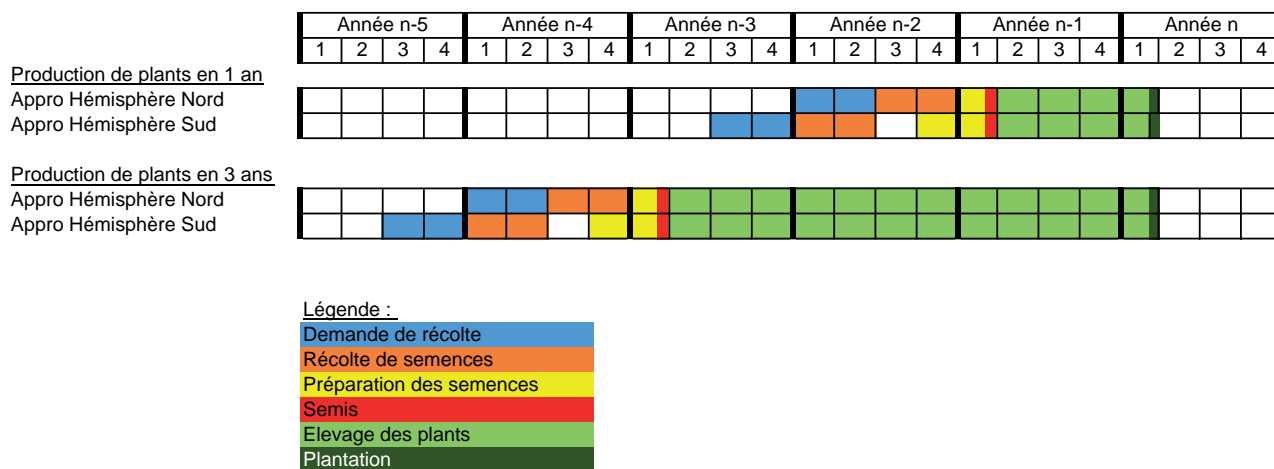


Figure 3 – Des différences de développement ont été observées selon les provenances de chêne chevelu (*Quercus cerris*) considérées.

En un an, les provenances françaises et italiennes ont atteint des dimensions suffisantes pour être plantées (+ 20 cm), ce qui n'a pas été le cas de la provenance bulgare.



Figure 4 – Rétroplanning pour l'approvisionnement en semences



Organiser l'acheminement des plants

Au total, plus de 20 000 plants ont été produits pour installer 4 tests d'élimination, 4 tests de comportement et 5 îlots d'avenir. Dans un premier temps, ils ont été tous regroupés à Guémené-Penfao pour être étiquetés individuellement et assemblés par sites, blocs et unité génétique afin de faciliter leur distribution sur les chantiers de plantation.

Une nécessaire anticipation

Expérimenter de nouvelles espèces ou provenances nécessite beaucoup d'anticipation pour pouvoir disposer des plants souhaités au moment voulu. Le choix des unités génétiques doit intervenir bien avant la récolte des semences, surtout si des récoltes spécifiques doivent être organisées – soit au minimum 3 ans avant la plantation (Figure 4). Par ailleurs, la conservation des semences étant très peu pratiquée à l'étranger (y compris aux USA), les disponibilités dépendent uniquement des fructifications et des récoltes de l'année.

Une coordination nationale et multipartenaire indispensable

Implanter un réseau d'essais de nouvelles essences sur l'ensemble du territoire, comme celui imaginé par Esperense, nécessite une centralisation des opérations pour rechercher et s'approvisionner en semences d'unités génétiques « rares ». Cela requiert également de planifier collectivement – et sur plusieurs années – l'installation de ces essais afin d'organiser au mieux la production de plants en pépinières privées et au PNRGF. Enfin, il serait judicieux de faire élever chaque année, une certaine quantité de plants destinés au réseau pour les mettre à disposition des différentes structures en capacité d'installer des essais et d'en assurer le suivi expérimental. ■

Résumé

Les 13 tests d'élimination, de comportement, et îlots d'avenir installés dans le cadre du programme Esperense ont utilisé plus de 20 000 plants appartenant à 60 unités génétiques différentes. Un quart de ces plants a été produit dans des pépinières privées. Le reste a été élevé sur les sites de Guémené-Penfao (44) et Cadarache (13) du Pôle national de Ressources Génétiques (ONF) et concernait les unités génétiques « nouvelles » ou peu connues des pépiniéristes français. Les semences de ces unités ont été importées de différents pays ou sont issues de récoltes spécifiques et ont fait l'objet d'un suivi précis de leur développement.

Mots-clés : provenances des nouvelles semences, traçabilité, nouvelles espèces, programme Esperense.

Premiers essais du réseau Esperense

Par Éric Paillassa, CNPF-IDF¹, Alain Berthelot, FCBA²

Les premiers essais mis en place du réseau Esperense ont validé le processus de décision et de réalisation de ces tests d'évaluation de nouvelles essences, retenu par les partenaires du projet. Ces réalisations concrètes ont identifié les points délicats et les précautions particulières à prendre. L'installation des 13 premiers dispositifs Esperense est une étape primordiale, qui a nécessité une chaîne logistique organisée.

¹ Centre national de la propriété forestière – Institut pour le développement forestier.

² Institut technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement.

³ Voir article p. 27 de ce dossier : *Comment choisir les espèces et provenances à expérimenter pour l'avenir ?*

⁴ Voir article p. 36 de ce dossier : *S'approvisionner en semences pour expérimenter de nouvelles espèces ou provenances.*

⁵ Voir article p. 22 de ce dossier : *Comment prioriser les efforts d'évaluation de nouvelles essences pour l'adaptation ?*

⁶ SER = Sylvoécocorégion.

Une fois les principaux éléments du réseau Esperense définis : les zones à enjeux, les essences, les protocoles, le matériel végétal ; la dernière phase du projet s'est portée sur l'installation de quelques essais. Son objectif est de valider l'ensemble du processus Esperense. Les partenaires du projet se sont ainsi engagés à installer 13 dispositifs : 4 tests d'élimination, 4 tests de comportement et 5 îlots d'avenir.

Le choix de l'enjeu chènes

La première décision a été de définir quel enjeu retenir pour cette évaluation en vraie grandeur de la démarche expérimentale Esperense. La volonté des partenaires était d'optimiser les moyens en se concentrant sur un seul enjeu : l'enjeu national chènes (sessile et pédonculé).

Ce choix fait suite à des dépérissements de plus en plus nombreux dans les chênaies. De plus, de par son importance économique majeure pour la filière bois nationale, ce choix du renouvellement des chènes s'est imposé naturellement aux partenaires.

Les essences étudiées

Le choix de cet enjeu signifie que l'objectif est ici de trouver des essences alternatives aux chènes et résilientes face aux climats futurs pour, à terme, les remplacer là où ils se trouvent actuellement en cas de forts dépérissements. Pour débiter cette recherche, une première liste de 47 essences potentielles « enjeu chènes » a été proposée dans le cadre du projet Esperense³. À partir de celle-ci, nous avons réalisé des choix d'essences, mais nous avons également choisi des provenances pour celles-ci. Ce choix initial s'est heurté à la diffi-

culté d'obtenir des graines ou des plants pour certaines essences⁴. Cette difficulté majeure illustre un des enjeux de ce réseau qui est d'arriver à expérimenter les essences choisies et donc de trouver le matériel végétal à planter. L'anticipation sur la recherche de plants et de graines est donc essentielle et doit se dérouler, selon les essences, entre 1 et 3 ans avant l'année de plantation.

Au final, 60 essences/provenances ont été produites pour alimenter les 13 sites à mettre en place (Tableau 1). Les 4 tests d'élimination comportent tous les 60 essences/provenances. Les 4 tests de comportement comportent uniquement 8 essences. Les 5 tests îlot d'avenir comportent chacun une essence différente.

Zones à enjeux et sites

Le choix de l'enjeu chêne, outre la liste d'essences potentiellement alternatives, définit aussi les zones géographiques à enjeux, c'est-à-dire là où la production de chêne de qualité est en péril à moyen ou long terme, et donc les zones géographiques où étudier le remplacement éventuel du chêne.

La carte 1 (p. 42) présente les localisations géographiques de la zone à enjeux chêne, telle qu'elle a été définie par la méthodologie décrite précédemment⁵. Elle regroupe principalement les 3 SER⁶, Champagne humide (B51), Pays d'Othe et Gâtinais oriental (B52), Pays-Fort, Nivernais et plaines prémorvandelles (B53). Le secteur défini ainsi par ces 3 SER correspond à la zone géographique pour la prospection des futurs sites d'essais à installer dans la zone à enjeux.

Tableau 1 – Liste des essences/provenances mises en place dans les 13 essais en 2021

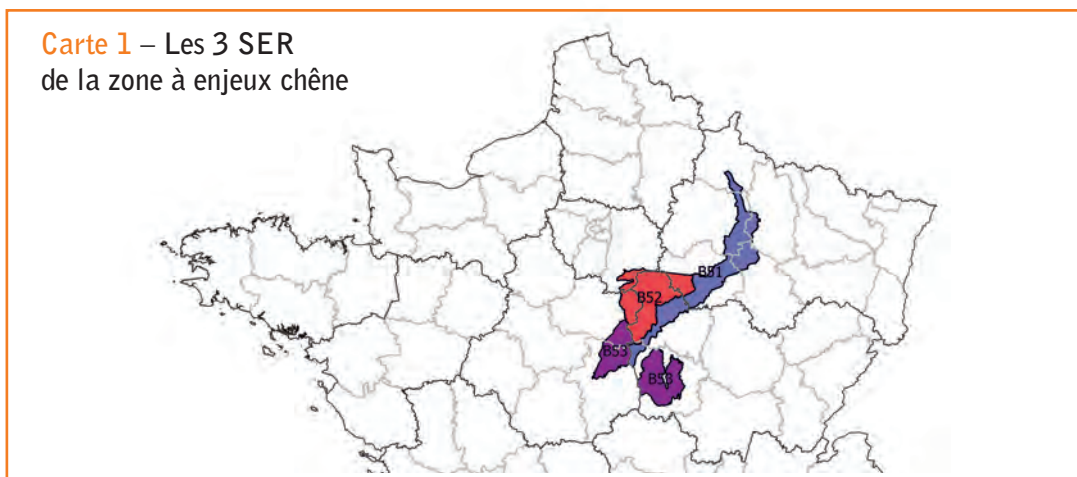
| Essence | Test | Nombre provenances | Provenance, dénomination officielle |
|-------------------------------|-------|--------------------|--|
| Sapin de Céphalonie | E | 1 | France, ACE700 – Région méditerranéenne (futur VG St Lambert) |
| Sapin de Low | E | 2 | USA, Californie, Peddler Hill / USA, Oregon, Mac Laughlin |
| Sapin de Nordmann | E | 1 | France, Angéli |
| Sapin de Bornmüller | E C | 1 | France, VG1-Uludag VG |
| Bouleau verruqueux | E | 1 | France, BPE130 – Ouest |
| Calocèdre, cèdre à encens | E C | 2 | USA, Oregon, 511-20 Ashland / USA, Californie, Mont Shasta* |
| Châtaignier | E | 2 | France, CSA101 – Massif central 009 (St Thual,35) / France, CSA102 – Ouest Bassin parisien 003 (Saint-Gobain) |
| Cèdre de l'Atlas | E C | 2 | France, CAT900 – France, F.D Rialsesse / France, CAT-PP-001-Ménerbes* |
| Cèdre du Liban | E I | 2 | Turquie, Taurus, 233 – Aslanköy** / Turquie, Taurus, Egirdir |
| Eucalyptus de Gunn | E | 1 | Nouvelle-Zélande, Tasmanie Snug Plains |
| Eucalyptus à petites feuilles | E | 1 | France, hybride EGU x EDA, clone 645 |
| Février d'Amérique | E | 1 | France, Gard, Ledenon |
| Copalme d'Amérique | E | 1 | Italie |
| Séquoia changeant | E I | 1 | Chine |
| Pin de Calabre | E | 3 | Turquie, TB 125 / Turquie, TB 27 / Turquie, TB 32 |
| Pin noir d'Autriche | E | 1 | France, PNI902 – Sud-Est, 014 (Jabron, 04) |
| Pin laricio de Corse | E | 2 | France, PLO-VG-001 – Sologne Veyrières / France, PLO-VG-002 – Corse Haute Serre |
| Pin maritime | E C | 1 | France, PPI-VG-013 – Saint-Laurent VF3* / France, PPA-VG-009 – Tamjout |
| Pin de Monterey | E | 1 | Turquie, Marmara, Kerpe (TM386) |
| Pin rigide | E | 1 | France, Cher, Vouzeron |
| Pin sylvestre | E | 3 | France, PSY-VG-003 – Haguenau / Espagne, Catalogne, ES07 – Prépíreino Catalan / Espagne, Catalogne, ES06 – Pirineo montano Humedo Catalan |
| Pin à encens | E | 1 | France, PTA311 – Façade Atlantique, 016 (Campet, 47) |
| Douglas vert | E | 2 | France, PME-VG-004 – Californie / France, PME-VG-007 – France 2 |
| Chêne chevelu | E | 3 | Bulgarie, Tserovitsa, C01QCE06400112 / France, QCE 901 – France hors Alpes niçoises, Maine-et-Loire, Cizay-la-Madeleine / Italie, Emilia Romagna |
| Chêne faginé | E | 1 | Espagne |
| Chêne de Hongrie | E I | 1 | Bulgarie |
| Chêne vert | E | 1 | France, QIL782 – Provence Corse |
| Chêne sessile | E C I | 3 | France, QPE422 – Morvan Nivernais, 002 Bertrange (58)* / France, QPE362 – Gascogne, 006 (Saint-Lézer, 65) / France, QPE104 – Perche, 002 (Bellême, 61) |
| Chêne pubescent | E C | 2 | France, QPU741 – Languedoc, Aveyron, Aguessac* / France, QPU751 – Provence |
| Chêne pédonculé | E C | 3 | France, QRO421- Massif central, 007 (Limoges, 87) / France, QRO361 – Sud-Ouest, 023 (Noguères, 64) / France, QRO100 – Nord-Ouest, 006 (Compiègne, 60)* |
| Chêne rouge d'Amérique | E | 1 | France, QRU903 – Sud-Ouest, 034 (Pontacq, 64) |
| Chêne liège | E | 2 | Espagne, Catalogne, ES09 – Cataluna Litoral / France, QSU702 – Maures et Esterel |
| Chêne de Turquie | E | 1 | Turquie |
| Robinier faux-acacia | E | 3 | Hongrie, Putsztavacs / Bulgarie, Hrishteni / Roumanie, Carei |
| Séquoia toujours-vert | E C I | 3 | USA , Californie, Zone 097 / USA, Californie, Zone 093* ** / France, Sarthe, Bercé |

E = test élimination

C = test de comportement (* provenance testée)

I = test îlot d'avenir (** provenance testée)

Carte 1 – Les 3 SER de la zone à enjeux chêne



⁷ <https://climessences.fr>

Sur les 13 sites d'essais à installer, 8 ont été mis en place dans la zone à enjeux (carte 2, cercle rouge). La table 2 précise leur localisation et l'organisme responsable.

Les analogues climatiques et sites tests

Les SER de la zone à enjeux étant connus, il a alors été possible d'identifier les secteurs géographiques des analogues climatiques pour les sites miroirs, en utilisant le modèle IKS contenu dans le site ClimEssences⁷. Le futur climatique retenu a été d'un optimisme prudent (échéance 2050, scénario du GIEC RCP 4.5, modèle climatique moyen), c'est-à-dire avec une évolution climatique certaine mais non catastrophique. Les analogues climatiques obtenus des 3 SER sont présentés sur les cartes 3, 4 et 5.

Ces 3 secteurs géographiques analogues climatiques correspondent alors aux zones géographiques à prospecter pour le choix des futurs sites d'essais miroir à installer. Cinq sites ont été mis en place dans les zones analogues climatiques. La carte 2 les localise (cercle bleu), et le tableau 3 en précise la localisation, et l'organisme responsable.

Carte 2 – Localisation des 13 tests mis en place début 2021

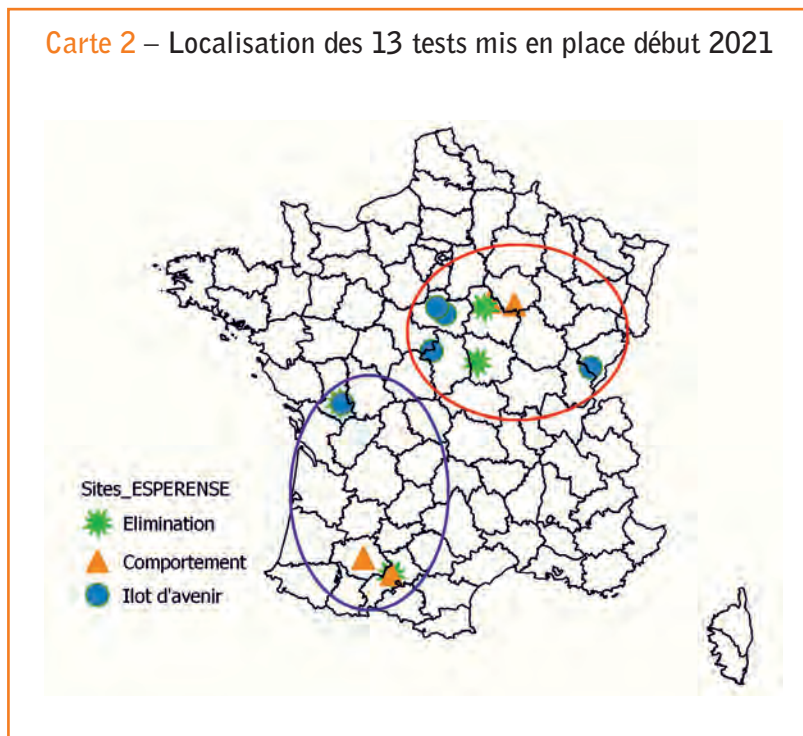
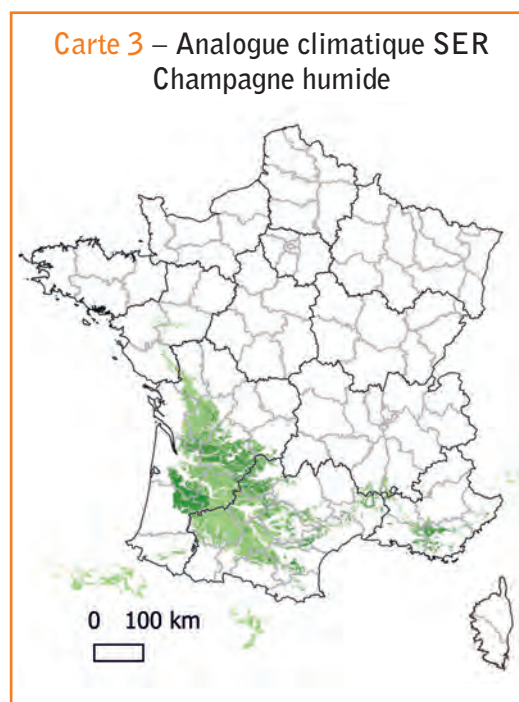


Tableau 2 – Les 8 sites mis en place dans la zone à enjeux

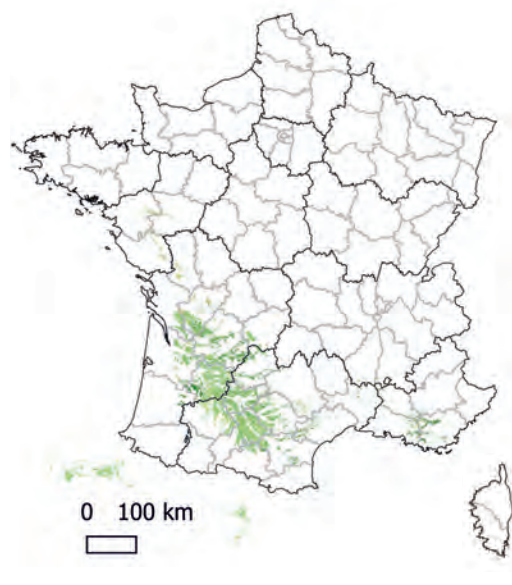
| Zone à enjeux | Organisme responsable | Localisation / Propriété |
|-----------------------|-----------------------|---|
| Tests d'élimination | FCBA | FD de Guérigny (58) P85 – Forêt publique |
| | INRAE | Forêt de Joigny (89) – Forêt privée (SFCDC) |
| Tests de comportement | CNPF | Bois de Praslin (10) – Forêt privée (SFCDC) |
| | INRAE (Irstea) | Forêt de Potence (89) – Forêt privée (SFCDC) |
| Îlots d'avenir | ONF | FD Vierzon (18) – Forêt publique FD Orléans (45) x 2 – Forêt publique FD Levier (25) – Forêt publique |

Carte 3 – Analogue climatique SER Champagne humide



Source : ClimEssences 2020

Carte 4 – Analogie climatique SER Pays d’Othe et Gâtinais oriental



Carte 5 – Analogie climatique Pays-Fort, Nivernais et plaines prémorvandelles



Tableau 3 – Les 5 sites mis en place dans les zones analogues climatiques

| Zones analogues climatiques | Organisme responsable | Localisation / Propriété |
|-----------------------------|-----------------------|---|
| Tests d'élimination | ONF | FD de l'Hermitain (79) P33 – Forêt publique |
| | INRAE | Lherm (31) – Forêt privée |
| Tests de comportement | CNPFP | Castin (32) – Forêt privée |
| | | Lherm (31) – Forêt privée |
| Îlots d'avenir | ONF | FD de l'Hermitain (79) – Forêt publique |

Bon sol ou sol représentatif

Si les zones à enjeux déterminent géographiquement les secteurs à prospecter, il est ensuite essentiel de choisir, dans ces secteurs, des sites dont le sol convient à l'objectif et aux exigences des expérimentations envisagées. Pour mémoire, les tests d'élimination doivent être installés sur des sols sans facteur limitant (hydromorphie, calcaire actif, forte acidité, argile compacte, faible profondeur). Les tests de comportement et îlots d'avenir, eux, doivent être installés sur des sols les plus représentatifs pour le secteur donné.

Si, dans un premier temps, le choix des sols est déterminé par la zone à enjeux, la difficulté majeure sera de trouver, dans un deuxième temps, les sols « équivalents » dans les zones analogues climatiques futur.

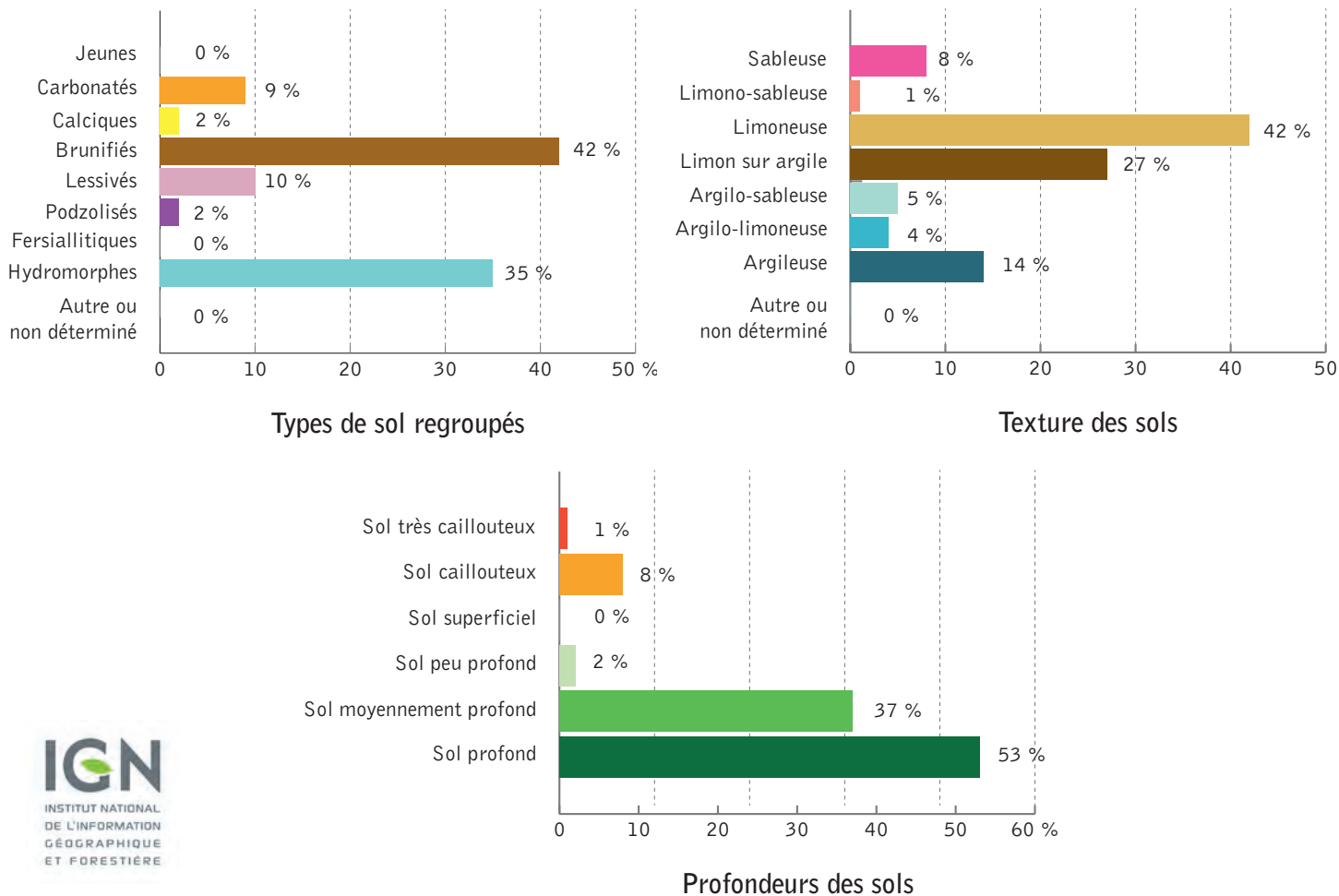
Pour connaître les sols de la zone à enjeux étudiée (ici, SER B51, B52 et B53), les fiches descriptives des SER de l'IGN apportent toutes les informations nécessaires, type de

sol, texture, profondeur du sol... caractérisant globalement les sols représentatifs de la SER. La figure 1 présente un exemple de ces informations sur les sols pour la SER B52.

À partir de ces informations, il a été possible de cibler les sols pour nos recherches de sites, dans la zone à enjeux chênes retenue (carte 6). Ainsi, pour les tests d'élimination que nous devons mettre en place sur la zone à enjeux définie par la SER B51, B52 et B53, nous avons recherché des sites sur sol brunifié, moyennement profond à profond, à texture limoneuse ou un limon sur argile. Pour les tests de comportement et îlot d'avenir, le choix de site sur sol brunifié ou sur sol hydromorphe correspondait aux 2 sols les plus représentatifs de la zone à enjeux.

Pour les tests à mettre en place sur les analogues climatiques, l'objectif a alors été de trouver des sols équivalents ou de qualités relativement proches.

Figure 1 – Extraits de la fiche descriptive IGN « Sylvoécocorégion B52 Pays d’Othe et Gâtinais oriental ».



Le tableau 4 présente les types de sols des 13 sites retenus. Les exigences sur les sols ont pu être respectées dans les grandes lignes pour les 3 types de tests : sol sans facteurs limitants pour les tests d’élimination et sols représentatifs pour les tests de comportement et îlots d’avenir.

Pour la zone à enjeux, le choix important de sites proposés, malheureusement dû à la crise des scolytes sur épicéa, a facilité la recherche de sites par rapport aux exigences imposées sur le sol.

Pour les zones analogues climatiques, la recherche de sites avec un sol « équivalent » a été plus difficile surtout du fait d’une adéquation faible entre les sols de la zone à enjeux et ceux des zones analogues climatiques. Les sols des sites retenus sont alors partiellement proches des sols de la zone à enjeux.

Un bilan positif

La mise en place de ces 13 premiers dispositifs du réseau Esperense a validé la faisabilité

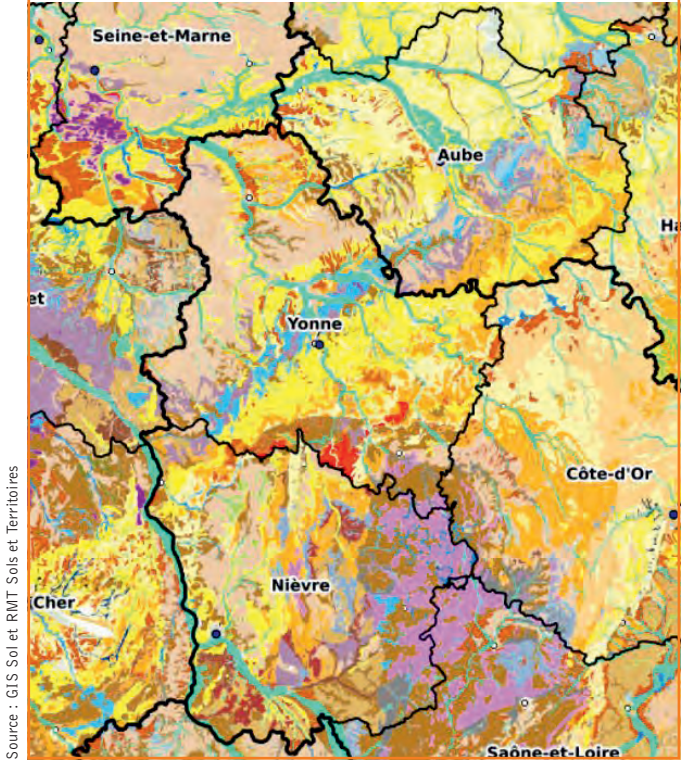
de ce processus exigeant de mise en place des essais Esperense pour l’évaluation des nouvelles essences.

Il convient cependant de rappeler que c’est le choix de l’enjeu poursuivi qui détermine tout le processus d’installation : choix des essences à étudier, localisation des essais à mettre en place et types de sols pour ces essais.

La disponibilité en plants de nouvelles essences à étudier est le facteur le plus limitant pour la réalisation de ces essais. Il convient donc d’anticiper le plus possible l’expérimentation afin de préparer très en amont leur fourniture.

Enfin, le choix des sites d’implantation des essais doit être raisonné par rapport à l’enjeu, tant du point de vue de la localisation que des caractéristiques du sol en fonction du type de test. Cette démarche peut amener à refuser des opportunités de sites proposés, mais il est important, dans un souci d’efficacité, de bien cadrer les quelques moyens de mise en place et de suivi de ces expérimentations. ■

Carte 6 – Extrait de la carte des sols sur GéoPortail, pour les 3 départements (Aube, Nièvre, Yonne) de la zone à enjeux chênes



Source : GIS Sol et RMT Sols et Territoires

Tableau 4 – Types de sol des 3 types de tests sur la zone à enjeux et sur les zones analogues climatiques

| Test | Zone Enjeu/Analogue | Site | Type de sol |
|----------------------|---------------------|--------------------------------|--|
| Élimination | Enjeu | FCBA - FD de Guérigny (58) | Limoneux sur argile, profond |
| | Enjeu | INRAE - Forêt de Joigny (89) | Limoneux, moyennement profond, acide et peu hydromorphe |
| | Analogue | ONF - FD de l'Hermitain (79) | Limoneux sur argile, moyennement profond, acide |
| | Analogue | INRAE - Lherm (31) | Limono-argileux, légèrement acide |
| Comportement | Enjeu | Irstea - Forêt de Potence (89) | Limono-argileux, moyennement profond, acide et peu hydromorphe |
| | Enjeu | CNPF - Bois de Praslin (10) | Limoneux, moyennement profond légèrement hydromorphe |
| | Analogue | CNPF- Castin (32) | Limono-argileux, faiblement calcaire |
| | Analogue | CNPF - Lherm (31) | Limono-argileux, légèrement acide |
| Îlot d'avenir | Enjeu | ONF - FD Levier (25) | Argileux, faiblement calcaire et moyennement profond |
| | Enjeu | ONF - FD Vierzon (18) | Sablo-limoneux, hydromorphe |
| | Enjeu | ONF - FD Orléans (45) | Sablo-limoneux, hydromorphe |
| | Enjeu | ONF - FD Orléans (45) | Sablo-limoneux, hydromorphe |
| | Analogue | ONF - FD de l'Hermitain (79) | Limoneux sur argile, moyennement profond, acide |

Résumé

À partir du choix de l'enjeu national chênes (sessile et pédonculé), la mise en place de ces 13 premiers dispositifs du réseau Esperense a validé la faisabilité de ce processus exigeant de mise en place des essais Esperense pour l'évaluation des nouvelles essences sélectionnées. Au final, 60 essences/provenances ont été installées pour être évaluées sur 13 sites :

- 4 tests d'élimination avec chacun les 60 essences/provenances,
- 4 tests de comportement avec chacun les mêmes 8 essences, et 5 tests îlot d'avenir comportent chacun une essence différente.

Mots-clés : installation, essai, réseau Esperense

Le réseau Esperense

Un réseau participatif et multipartenaire

Par Éric Paillassa, CNPF-IDF¹, Brigitte Musch, ONF², Myriam Legay, AgroParisTech

¹ Centre national de la propriété forestière – Institut pour le développement forestier.

² Office national des forêts.

Le réseau Esperense a vocation à fédérer les activités expérimentales forestières sur l'évaluation de nouvelles essences face au changement climatique. Ce réseau, destiné aux forêts françaises, découle d'une coordination fructueuse, signe du consensus des différents organismes ou acteurs forestiers. Son fonctionnement et sa gouvernance sont structurés, afin de garantir la cohérence des résultats et sa pérennité. Ce réseau doit initier une mobilisation de tous, dont les groupes de progrès, afin de démultiplier ces expérimentations.

La rapidité du changement climatique et son ampleur indiquent, qu'à court ou moyen terme, la plupart des essences et peuplements forestiers en France seront concernés par celui-ci. Face à ce phénomène, la recherche d'essences et de provenances alternatives adaptées passera inévitablement par des expérimentations nombreuses, afin d'évaluer le comportement des essences potentiellement intéressantes dans une variété de conditions de sol et de climat. Cet effort expérimental inédit nécessitera l'implication de tous.

Pour répondre au rythme imposé par la rapidité des changements, le réseau Esperense propose une méthode d'acquisition et d'intégration simultanées des connaissances, qui s'apparente à une approche de recherche/action.

Pourquoi participer au réseau ?

L'adhésion à la démarche s'ancre dans la conviction de l'urgence d'agir et dans la volonté de s'impliquer dans une démarche collective et participative.

Tout d'abord, participer à un réseau permet de s'engager dans une action collective, de partager les questionnements et d'échanger ses connaissances sur le sujet. Dans un réseau, chacun apporte ses compétences, ses connaissances pour enrichir l'ensemble.

Dans le cadre du réseau Esperense, l'action collective s'inscrit dans la réalisation d'expérimentations d'évaluation de nouvelles essences potentielles, selon un schéma commun. Il est essentiel à la réussite de l'action, car il assure, par le regroupement de données mesurées de manière conformes et harmonisées, la robustesse indispensable à l'acquisition des connaissances recherchées et essentielles pour l'avenir de nos forêts.

Le regroupement des expérimentations permettra d'identifier des réussites, en mettant en évidence l'intérêt et le potentiel de certaines essences pour le futur, et aussi de recenser des échecs et éventuellement de comprendre leurs

Expérimentation en forêt privée d'installation de chêne pubescent chez Geoffroy de Moncuit et Claire de Soumagnac, dans le Loiret ; visite d'Antoine d'Amécourt ancien président du CNPF et Bertrand Munch, directeur général de l'ONF.



Nathalie Maréchal © CNPF



causes. La connaissance des échecs est essentielle, et doit aussi être largement partagée. Éviter les erreurs n'est-il pas le premier objectif du conseil aux gestionnaires forestiers ?

Comment participer à ce réseau ?

Le réseau Esperense est ouvert à toutes les organisations forestières nationales, régionales, ou locales, mais aussi aux structures de gestion en capacité de mettre en place de l'expérimentation forestière au sens large. Les propriétaires souhaitant participer doivent se rapprocher d'une de ces organisations ou structures de gestion.

Quatre étapes principales sont identifiées pour participer au réseau Esperense :

- la première est que l'organisme (ou la structure) rejoigne le réseau en signant l'accord de consortium. En effet, la participation au réseau Esperense implique d'accepter ses principes et son mode de fonctionnement, décrits dans cet accord.
- la deuxième est que cet organisme s'engage à respecter le cahier des charges lors de l'installation de ces expérimentations. Il est essentiel que les dispositifs installés soient conformes à ceux décrits dans les 3 protocoles du réseau afin de garantir la qualité des données produites et leur harmonisation.
- la troisième est de mettre en place des dispositifs, en suivant le cahier des charges.
- la quatrième est de faire remonter l'information expérimentale (description de l'essai, résultats de l'essai...) sur la plateforme de partage du réseau.

L'accord de consortium

L'accord de consortium est le document cadre qui décrit l'organisation et le fonctionnement du réseau.

Le consortium Esperense aura deux catégories de membres :

- les membres fondateurs, qui sont les partenaires du projet Esperense, qui ont défini le cadre du réseau,
- les membres associés, qui sont les organismes ou structures qui rejoindront le réseau.

Tous les membres du réseau sont des structures en capacité de mettre en place au moins un des 3 types de test expérimental du réseau (élimination, comportement, îlot d'avenir), de les entretenir et de les suivre en procédant aux mesures prévues dans les protocoles.

La gouvernance du réseau est composée d'un « bureau exécutif », en charge du fonctionnement courant et d'un « comité des membres », lieu d'échange et de prise de décisions stratégiques. Par ailleurs, le consortium pourra s'appuyer sur un conseil scientifique pour les questions relatives aux aspects scientifiques et techniques (évolution des listes d'essences, analyse des résultats...) et sur un conseil d'orientation pour les questions forestières plus générales comme le choix des zones à enjeux, la logistique des graines et plants... Afin d'assurer une diffusion optimale de l'information expérimentale, en particulier auprès des chercheurs, le réseau Esperense trans-

Site d'évaluation d'essences à 10 ans : arboretum Reinforce de Monceaux au Perche (61).



Nathalie Maréchal © CNPF

*Brigitte Musch, Claudine Richter, Gaël Legros, Bertrand Munch, Christophe Poupat, Eric Sevrin (au 1^{er} rang).
Xavier Pesme, Gilles Deboisse, Jean-Pierre Piganiol, Antoine d'Amécourt, Claire Hubert, Dominique de Villebonne
visitent un ilot d'avenir Esperense installé en forêt domaniale d'Orléans : plantation de Metasequoia, un résineux originaire de Chine.*

³ IN-SYLVA France est une infrastructure nationale regroupant les dispositifs de recherche des établissements travaillant sur la recherche forestière : <https://www6.inrae.fr/in-sylva-france/>

mettra à la plateforme In-Sylva³ le descriptif des tests réalisés dans le cadre du réseau.

Le cahier des charges

Le cahier des charges pour la mise en place des tests fixe les conditions minimales d'intégration d'un site expérimental au réseau afin de garantir sa cohérence et la robustesse des résultats. Ce cahier des charges comporte quatre exigences principales :

- les dispositifs doivent être installés dans des zones jugées prioritaires, parce que des enjeux forestiers importants y sont menacés (« zone à enjeux »), ou parce qu'elles permettent de simuler les conditions futures d'une zone à enjeux (« analogue climatique » d'une « zone à enjeux ») ;
- la mise en place des tests et leur suivi doivent respecter les indications de l'un des 3 protocoles expérimentaux définis par le projet Esperense. L'objectif est d'avoir à

terme des dispositifs harmonisés au niveau national permettant des analyses de résultats robustes ;

- le choix des essences à étudier doit se faire parmi les listes d'essences Esperense. L'objectif est de concentrer les efforts sur des essences identifiées comme potentiellement intéressantes lors du projet Esperense. Ces listes sont constituées pour chacune des zones à enjeux ;
- l'identification précise et la traçabilité de la provenance génétique du matériel végétal étudié doit être optimale. La variabilité génétique au sein d'une même essence est forte, et elle peut engendrer des comportements variables, en particulier face au changement climatique. C'est pourquoi il convient d'avoir une connaissance la plus précise possible de l'origine des graines ayant donné les plants étudiés doit être optimale.

En plus de ces exigences principales, le cahier des charges comporte des exigences secondaires plus en lien avec le fonctionnement en réseau. Il s'agit :

- ➔ des règles de choix du site expérimental,
- ➔ de la mise en commun de l'information expérimentale,
- ➔ de l'accès aux sites.

Une plateforme d'échange

Le réseau Esperense va réunir des organisations ou structures dispersées sur le territoire. Il est essentiel qu'il bénéficie d'une interface conviviale et pratique permettant de créer du lien entre les partenaires, mais aussi de porter à connaissance l'existence et les actions du réseau.

Le choix s'est porté sur une plateforme informatique d'échange. Ses fonctions ont été définies dans le cadre du projet Esperense.

Cette plateforme sera un outil d'animation multipartenaires qui facilitera l'accès aux connaissances et compétences du réseau Esperense. Elle sera un lieu d'échange d'informations, de savoirs et de compétences.

Pour le fonctionnement du réseau, la plateforme constituera aussi une aide logistique pour l'accès au matériel végétal à expérimenter. En effet, l'accès à des plants de nouvelles essences doit être organisé pour la mise en place des différents tests. C'est pourquoi le réseau Esperense prévoit de regrouper les besoins en semences d'essences/provenances, de mutualiser les besoins en plants, d'organiser l'accès à ces derniers ou leur production, de rationaliser les approvisionnements et les livraisons.

Enfin elle permettra de visualiser l'avancée de la mise en place des 3 types de tests grâce à un outil cartographique recensant les dispositifs installés, les essences étudiées et les résultats synthétisés.

Le planning du réseau

Le projet Esperense étant terminé depuis mi 2021, le lancement du réseau Esperense débute à la suite de ce projet. Si les fondements du réseau sont définis, il reste à présent à le mettre en œuvre. Un planning prévisionnel peut dès à présent être proposé.

À court terme, il est prévu la signature de l'accord de consortium par les membres fondateurs, puis l'ouverture à la signature des membres associés.

Afin de pouvoir produire des plants pour les futurs dispositifs dès le printemps 2022, les démarches d'approvisionnement en semences sont engagées dès maintenant.

Le lancement de la construction de la plateforme de partage et d'échange devrait encore aussi intervenir rapidement, mais il faut trouver son financement.

À moyen terme, la structuration de ce réseau multipartenaires permettra de tester de nombreuses espèces et provenances dans les différentes conditions de sol et de climat, des zones à enjeux nationales ou régionales. Cela permettra d'accroître les connaissances et les compétences de tous, et de raisonner collectivement les apports de nouvelles essences et provenances indispensables pour l'adaptation des forêts au changement climatique. ■

Résumé

Le réseau Esperense rassemble les organisations forestières qui souhaitent expérimenter selon des protocoles précis, de nouvelles espèces et provenances dans les différentes conditions de sol et de climat, dans des zones régionales à enjeux. Un consortium organise le fonctionnement du réseau. Un cahier des charges fixe les conditions minimales d'intégration d'un site expérimental au réseau, afin de garantir sa cohérence et la robustesse des résultats.

Mots-clés : réseau Esperense, structure, cahier des charges.

Introduction de plantes légumineuses en Landes de Gascogne



24 min

Par David Vidal¹, Mark R. Bakker^{1,2}, Frédéric Bernier¹, Florian Delerue³, Jean-Luc Denou¹, Jean-Christophe Domec^{1,2}, Catherine Lambrot¹, Sylvie Niollet¹, Pierre Trichet¹ et Laurent Augusto¹

Pour enrichir en azote les sols du massif forestier landais, l'introduction de plantes légumineuses est expérimentée en interlignes des plantations de pins maritimes. Une fois broyées, cet apport en matière organique est favorable pour la fertilisation du sol. Ainsi, cette pratique peut bénéficier aux pins pour leur croissance et également à la séquestration et au stockage du carbone.

¹ INRAE, Centre de recherche Bordeaux, Nouvelle-Aquitaine

² Bordeaux Sciences Agro, Nouvelle-Aquitaine

³ Bordeaux INP, EA 4592, G&E.

⁴ Plantation d'individus de la même espèce et du même âge.

⁵ Science qui applique les concepts de l'écologie à la conception et à la gestion de système agricole durable.

Bien des méthodes existent pour augmenter la production des forêts cultivées : le choix des essences, l'amélioration génétique, le contrôle des ravageurs et du sous-bois, l'usage de plantation équienne⁴ à forte densité, l'irrigation, la fertilisation. L'intensification de la sylviculture entraîne par ailleurs une augmentation des exportations minérales, qu'il est nécessaire de compenser pour le maintien de la fertilité des sols, en particulier en azote. L'usage de la fertilisation azotée semble donc indiqué pour augmenter la production de bois, ou *a minima* pour espérer conserver la durabilité à long terme de ces écosystèmes. Les engrais azotés minéraux sont peu utilisés en forêt en raison de la fugacité de leurs effets. Ils profitent en effet souvent plus à la végétation accompagnatrice concurrente, et peuvent provoquer des risques de pollution des nappes liés à leur caractère lessivable.

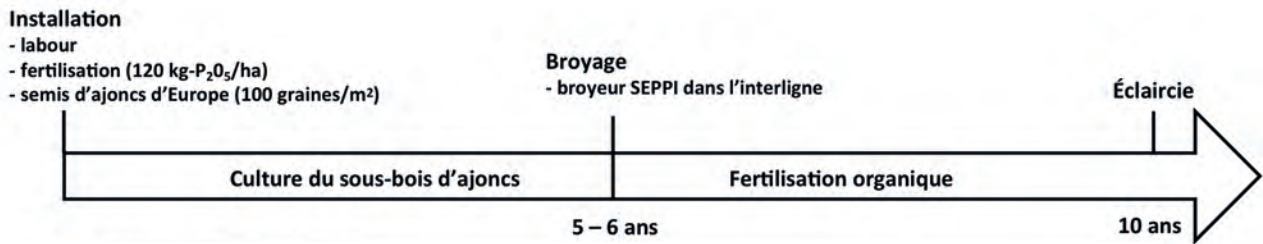
De ce constat, des recherches semblent nécessaires sur la manière d'apporter de l'azote lors du stade juvénile d'un boisement. Une alternative « ancestrale », naturelle, pilier de l'agro-écologie⁵, repose sur l'utilisation des plantes légumineuses pour fixer et introduire biologiquement de l'azote dans les sols et les cultures. Cette méthode peut-elle s'appliquer aux forêts cultivées et générer un gain de production ? Est-elle exempte d'effets néfastes ?

L'utilisation des plantes fixatrices d'azote comme alternative à la fertilisation chimique

La solution de la fertilisation chimique paraît simple, cependant les moyens mis en œuvre doivent être considérés avec précaution. Les fertilisants azotés de synthèse sont onéreux et maintiennent le secteur sous dépendance de la production industrielle. Leur production est très coûteuse en énergie (procédé Haber-Bosch) et leur utilisation est fortement émettrice de gaz à effet de serre (production, transport et émission d'un gaz à effet de serre puissant – le protoxyde d'azote – après épandage), à l'heure où notre économie se doit d'être plus sobre en énergie et en émission de CO₂. L'usage d'azote de synthèse reporte ainsi le problème de durabilité à une échelle plus globale.

Une autre méthode, plus écologique pour recharger l'écosystème en azote, se base sur la capacité de certaines plantes à fixer biologiquement l'azote de l'atmosphère, grâce à une association au niveau racinaire avec des bactéries : on parle de **plantes fixatrices d'azote** (ou de plantes légumineuses). L'azote contenu dans leurs tissus enrichit l'écosystème et permet *in fine* de fertiliser le système. Les expé-

Figure 1 – L'itinéraire sylvicole modèle est présenté selon la chronologie des interventions techniques



David Vidal © INRAE

David Vidal © INRAE

La photo 1 illustre le sous-bois d'ajoncs d'Europe cultivé entre les lignes de pins maritimes.

La photo 2 illustre le broyage d'un même sous-bois d'ajoncs d'Europe, à l'aide d'un broyeur forestier de type SEPMI.

riences abondent dans les pays du Sud (Brésil, Inde, Asie du Sud-Est) avec des peuplements forestiers mélangeant arbres de production et arbres fixateurs. Une autre pratique consiste à profiter de l'espace et des ressources disponibles au sein des peuplements lors des dix premières années de la rotation pour y cultiver des plantes fixatrices d'azote (principalement dans les interlignes). On fertilise en azote tout en continuant de dédier à l'arbre de production toutes les lignes de plantation.

L'état des connaissances en France métropolitaine

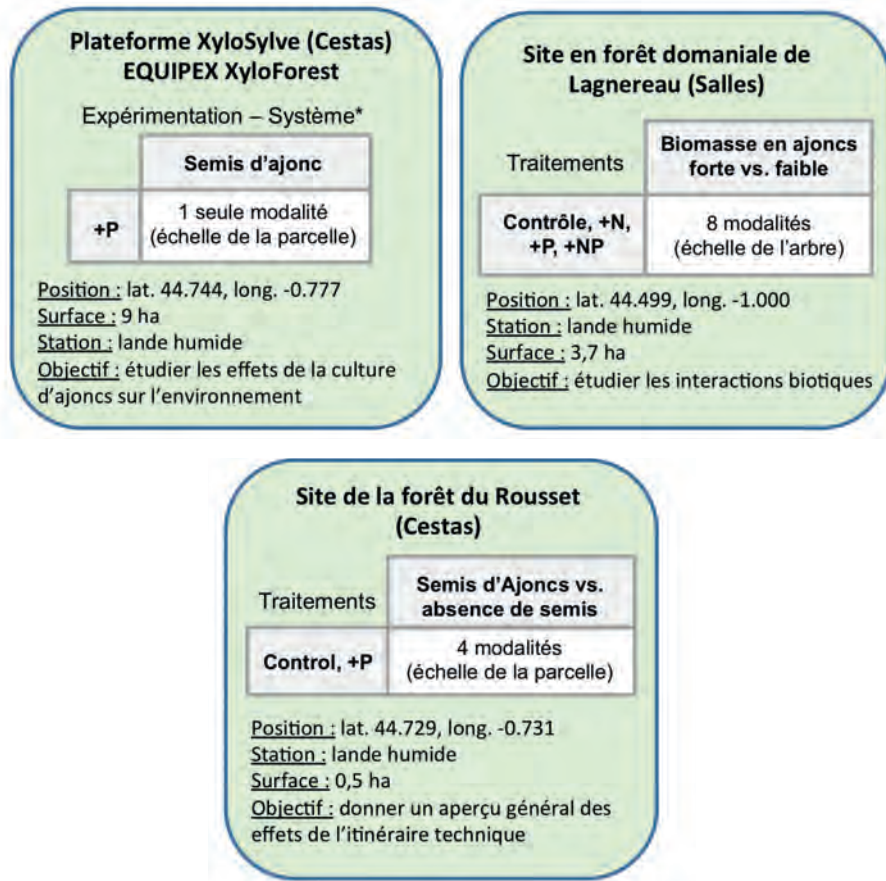
En France, l'usage d'un couvert de légumineuses est très ancien, comme en témoignent certains écrits, notamment sur l'ajonc d'Europe – *Ulex europaeus* L. – (Calvel, 1809) ou sur le genêt à balai – *Cytisus scoparius* L. – en Auvergne. Ces bosquets, naturels ou cultivés, étaient principalement utilisés pour protéger les sols de l'érosion, comme fourrage pour le bétail, comme paillage pour les cultures ou comme combustible. Bien que l'inspiration soit ancestrale, l'idée d'intégrer un couvert bas de légumineuses dans une rotation sylvicole relève plutôt aujourd'hui de l'innovation technique.

Les recherches en Landes de Gascogne

Le massif des Landes de Gascogne, avec ses grandes monocultures de pins maritimes (*Pinus pinaster* Ait.) et plus récemment de pins à encens (*Pinus taeda* L.), offre un cadre pertinent pour l'expérimentation de plantes fixatrices d'azote en sylviculture : sol pauvre, carence en azote, export important de biomasse (Jolivet *et al.*, 2007). Les sols y sont naturellement très carencés en phosphore, ce qui implique bien souvent une fertilisation avec des engrais phosphatés de synthèse (Trichet *et al.*, 1999). Cette fertilisation permet une croissance soutenue des arbres, ce qui peut avoir comme effet indésirable d'accentuer les besoins des arbres en d'autres nutriments, notamment en azote. De plus, pour répondre à la demande croissante de biomasse forestière, une solution envisagée par les sylviculteurs consiste à intensifier le niveau de récoltes. Le raccourcissement des récoltes et la récolte des rémanents (surtout celle des branches et des aiguilles), peuvent avoir des effets rapides et très négatifs sur les stocks en azote du sol (Achat *et al.*, 2018). Le bilan suspecté déficitaire en azote de la récolte intensive de biomasse (notamment de canopées), ajouté au souci d'indépendance vis-à-vis des intrants

Figure 2 – Réseau de sites expérimentaux lié à l'étude de l'itinéraire sylvicole modèle

* *Design expérimental ne testant non pas des combinaisons de traitements mais un système entier, en se fixant une (ou plusieurs) contrainte(s) prioritaire(s) (ici ajout de phosphore + semis d'ajoncs).*



⁶ Ensemble des interventions humaines (plantation, fertilisation, coupe...) qui compose une culture forestière.

chimiques, ont ouvert la voie à la culture d'un sous-bois légumineux. Les premiers essais étaient à base de lupins blancs, de lupins arborescents, de lotiers et de trèfles (travaux non publiés de Trichet et Saur, 1993).

Face aux difficultés d'implantation de ces espèces exogènes dans les conditions spécifiques forestières des Landes de Gascogne (pH très acides, végétation accompagnatrice concurrente et sécheresses estivales), les recherches ont été concentrées sur deux espèces autochtones, oubliées de la lande : le genêt à balai et l'ajonc d'Europe, le deuxième étant fréquent voire abondant dans tout le massif landais. Lorsque des semis mélangeant ajonc et genêt ont été effectués, le genêt avait presque totalement disparu par compétition interspécifique, signe que le pédoclimat des Landes de Gascogne n'est pas favorable au genêt, qui est pourtant une espèce très abondante dans d'autres régions (Diquélou et Rozé, 1999). Cet échec du genêt nous a ensuite amenés à concentrer nos recherches uniquement sur l'ajonc, plus vigoureux et prometteur en termes de production.

Le succès du développement de l'ajonc d'Europe (Figure 1, Photo 1) et son taux de fixation d'azote très élevé, ont conduit à l'élaboration

d'un itinéraire technique sylvicole⁶ intégrant à la culture du pin maritime celle d'un couvert d'ajoncs d'Europe.

Initié en 2003, ce programme d'études a impliqué de nombreux chercheurs, techniciens et étudiants. Le premier objectif a été d'étudier puis de modéliser la dynamique de développement spontané de l'ajonc dans les parcelles de pins maritimes (Delerue, 2013) puis de quantifier les apports correspondant en azote. Plus récemment, une thèse de doctorat en « grandeur nature » a étudié les effets d'un itinéraire sylvicole testant l'effet d'une culture intercalaire de légumineuses en plantation de pins maritimes (Figure 1) à partir d'un réseau de sites expérimentaux (Figure 2, Vidal, 2019).

L'objectif était d'évaluer l'intérêt de l'itinéraire innovant pour la sylviculture du pin maritime. Plus précisément, il s'agissait de mesurer les potentiels gains de production de bois, en identifiant les relations possiblement négatives (de compétition) et positives (de facilitation) entre les deux espèces associées (pin maritime et ajonc). Les flux d'azote dans l'écosystème ont également été suivis pour caractériser le cycle biogéochimique de l'élément et identifier d'éventuelles pollutions (nitrates).

Tableau 1 – Données dendrologiques des pins maritimes sur le site de la forêt du Rousset

| Traitements | Phase de culture des ajoncs (données à 6 ans) | | | Phase de fertilisation organique (données à 10 ans, avant première éclaircie) | | Phase de fertilisation organique (données à 10 ans, après première éclaircie) | | |
|----------------------|--|--|---|--|---|---|--|---|
| | Mortalité (%)* | Volume moyen (10 ⁻³ m ³ /tige*) | Surface terrière (m ² /ha) n.s. | Volume moyen (10 ⁻³ m ³ / tige*) | Surface terrière (m ² /ha) n.s. | Volume moyen exporté (m ³ /traitement) n.s. | Volume moyen (10 ⁻³ m ³ /tige) n.s. | Surface terrière (m ² /ha) n.s. |
| Contrôle – Contrôle | 6,7 b | 5,1 ± 0,3 b | 6,0 ± 1,3 | 35,4 ± 1,7 | 21,5 ± 3,3 | 0.347 ± 0,072 | 40,4 ± 2,1 | 15,3 ± 2,5 |
| Contrôle – Semis | 5,8 b | 4,9 ± 0,2 b | 5,9 ± 0,0 | 35,4 ± 1,7 | 21,9 ± 1,3 | 0.357 ± 0,074 | 40,3 ± 2,3 | 15,3 ± 0,6 |
| Phosphore – Contrôle | 5 b | 5,8 ± 0,3 a | 6,9 ± 0,3 | 39,7 ± 1,6 | 24,0 ± 1,3 | 0.487 ± 0,069 | 44,1 ± 2,0 | 15,6 ± 0,5 |
| Phosphore – Semis | 13,6 a | 5,0 ± 0,3 b | 5,3 ± 0,6 | 40,0 ± 2,0 | 21,1 ± 2,4 | 0.293 ± 0,088 | 42,8 ± 2,5 | 15,5 ± 1,4 |

La surface terrière est présentée selon les deux premières phases de l'itinéraire sylvicole puis après l'éclaircie. La mortalité est seulement présentée pour la phase de culture du sous-bois d'ajoncs. La densité de plantation est de 1666 t/ha. Les effets significatifs des traitements sur les différentes variables sont indiqués par des lettres différentes (* P < 0,05 ; ANOVA puis test post-hoc de Tukey).

Les effets sur la croissance

Les premiers effets sur la croissance des peuplements de pins maritimes semblent contrastés.

La culture des ajoncs (labour, fertilisation en phosphore et semis) a modifié la composition du sous-bois mais sans pour autant diminuer sa diversité spécifique : les espèces naturelles subsistent et la biodiversité est maintenue. En parallèle la biomasse de ce compartiment a sensiblement augmenté. Le couvert d'ajoncs d'Europe est véritablement installé au bout de deux ans. Il formera après 4 à 5 ans de croissance une canopée de 2 mètres de hauteur environ et aura produit jusqu'à 19 t/ha de matière sèche (Figure 1, Photo 1 p. 51).

La quantité d'azote introduite équivaut à environ 90 kg/ha, soit une quantité un peu plus faible par rapport aux besoins sylvicoles sur une rotation entière classique (40-45 ans). Le premier constat fait lors de la première phase de l'itinéraire – correspondant à « la culture des ajoncs » (Figure 1) – est celui d'une mortalité un peu plus élevée des pins en été : 13,6 % de mortalité durant les quatre premières années de croissance (Tableau 1). Le cumul des pluies est relativement important dans la région (environ 900 mm/an) mais est aussi inégalement réparti sur l'année, avec des sécheresses récurrentes durant la saison de végétation. Celles-ci sont aggravées par le substrat essentiellement sableux et donc très poreux (ce qui réduit d'autant la réserve utile en eau des sols) : on parle de **sécheresses édaphiques**.

Comme les épisodes de mortalité des pins se sont concentrés lors de sécheresses, cela suppose que la consommation d'eau devait être plus importante en présence du sous-bois dense d'ajoncs (plus de transpiration et donc

d'évapotranspiration). La ressource hydrique manquait donc plus rapidement lors de sécheresses, ce qui exacerbait la compétition pour l'eau et augmentait encore plus en retour le stress hydrique. Sur le site de la forêt de Lagnereau, le potentiel hydrique⁷ des jeunes pins âgés de 5 et 6 ans en présence d'une culture d'ajoncs a d'avantage diminué que sur les autres traitements lors d'une sécheresse estivale (faible diminution de 0,2 MPa), confirmant effectivement une augmentation du stress hydrique des pins⁸. Cependant, cela montre également qu'une fois l'installation du peuplement effectuée, la compétition hydrique devient plus faible et n'altère plus la physiologie des arbres. La compétition pour l'eau ne causerait donc de réels dommages que lorsque les pins seraient encore peu développés (avant 4-5 ans), et encore particulièrement sensibles au manque d'eau. Finalement, les mortalités n'étant pas trop élevées et se limitant aux quatre premières années, celles-ci ne compromettent pas la réussite de l'installation du peuplement forestier.

L'interception de la lumière par les ajoncs a aussi été mise en évidence, indirectement, grâce aux données morphologiques. La hauteur de la branche vivante la plus basse des pins a augmenté d'environ 30 cm, signe d'un auto-élagage des arbres en faveur de leurs branches les plus hautes et en conséquence de l'ombre portée par le sous-bois d'ajoncs. Cet effet pourrait par ailleurs être un avantage pour la future qualité du bois, en diminuant le nombre de nœuds à la base du tronc de ces pins âgés de 5-6 ans. La surface occupée par le houppier des jeunes pins a aussi été réduite du fait de l'ombrage créé par le sous-bois dense d'ajoncs. Enfin, la circonférence des pins a elle aussi diminué, du fait à la fois de la compétition pour l'eau et pour la lumière.

⁷ Mesure effectuée sur un tissu d'une plante et qui relève la tension (ou pression négative) de l'eau dans les vaisseaux conducteurs. Plus cette tension est importante, plus la plante éprouve des difficultés à s'alimenter en eau et donc plus elle se trouve en situation de stress hydrique.

⁸ Vidal D.F. *et al.*, 2021. Understorey-overstorey biotic and nutrient interactions are key factors for *Pinus pinaster* growth and development under oligotrophic conditions. *Scandinavian Journal of Forest Research*. DOI=10.1080/02827581.2021.1992002.

Tableau 2 – Contenus en matière organique, carbone total et azote total dans le sol superficiel du site de la forêt du Rousset l'année après le broyage

| Traitements | Matière organique mg/g * | Carbone total mg/g n.s. | Azote total mg/g * |
|----------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Contrôle – Contrôle | 33.7 ± 2.0 b | 21.4 ± 1.8 | 1.09 ± 0.09 ab |
| Contrôle – Semis | 39.0 ± 1.5 a | 18.3 ± 3.4 | 0.92 ± 0.15 b |
| Phosphore – Contrôle | 33.9 ± 1.5 b | 17.7 ± 1.6 | 0.88 ± 0.07 b |
| Phosphore – Semis | 39.9 ± 1.2 a | 27.5 ± 4.4 | 1.42 ± 0.23 a |

Le sol superficiel correspond à l'horizon 0 – 5 cm. Le traitement Contrôle correspond à l'absence d'intervention technique (ainsi la combinaison de traitement Contrôle – Contrôle signifie qu'aucune fertilisation en phosphore ni aucun semis d'ajonc n'ont eu lieu). Les effets significatifs des traitements sur les différentes variables sont indiqués par des lettres différentes (* P < 0,05 ; ANOVA puis test post-hoc de Tukey).

⁹ Vidal D.F., Trichet P., Puzos L., Bakker M.R., Delerue F., Augusto L., 2019. Intercropping N-fixing shrubs in pine plantation forestry as an ecologically sustainable management option. *Forest, Ecology and Management*, 437:175–187.

Cette diminution a contribué à réduire le volume par tige durant la phase de culture du sous-bois d'ajoncs de l'itinéraire⁹ (Tableau 1 p. 53).

Cependant, une fois le sous-bois détruit par le passage du broyeur (Figure 1, Photo 2 p. 51), aux alentours de 5-6 ans après l'installation du site, la dynamique de croissance des pins dans l'itinéraire a été tout autre. Les pins ont rapidement rattrapé leur retard de circonférence sur 3-4 ans, et le volume par tige est finalement devenu comparable à l'itinéraire conventionnel (Tableau 1). La levée de la compétition du sous-bois et la fertilisation organique en azote (paragraphe 2 suivant) expliquent cette dynamique. En fin de compte, il ne subsiste plus comme effet négatif que celui de la mortalité lors des premiers stades, avec une surface terrière moindre à l'échelle de la parcelle. Cependant, on peut observer que la première éclaircie de pins maritimes a rétabli les valeurs de surfaces terrières au même

niveau (Tableau 1) ; la perte de production s'exprimant alors uniquement sur cette première récolte à dix ans (Tableau 1). Toutefois, les bénéfices généralement faibles tirés de cette première éclaircie rendent assez négligeable la baisse de production à l'échelle de l'ensemble de la rotation sylvicole.

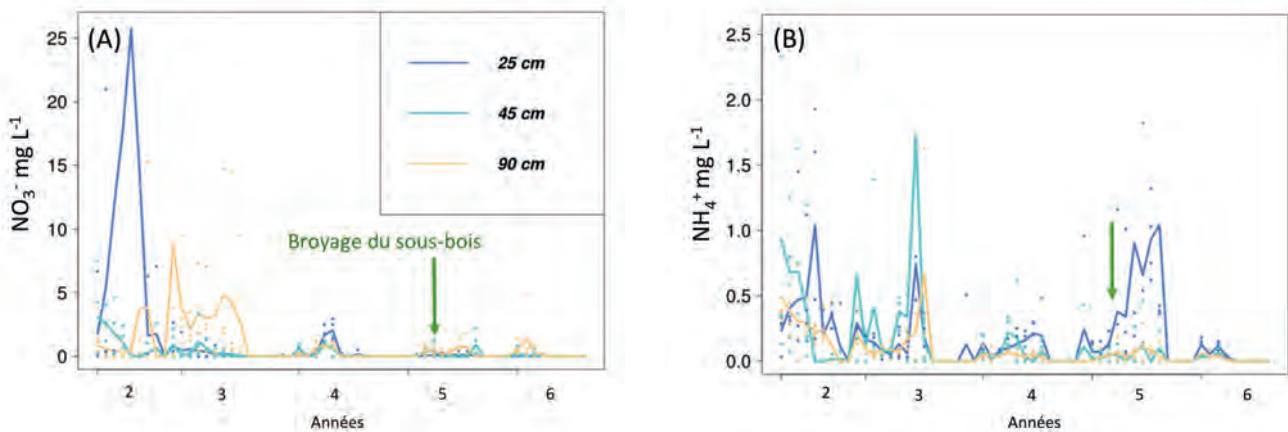
Enrichissements en azote et en carbone du sol

Les enrichissements en azote et en carbone du sol forestier laissent présager une amélioration de la production landaise et du stockage de carbone (service associé à l'écosystème).

En parallèle de la culture des ajoncs, les concentrations en azote dans les aiguilles des pins augmentent, signe d'une interaction positive (ou facilitation) des ajoncs sur les pins. Les chutes de litière, les pluviollessivats¹⁰ et le renouvellement des racines fines d'ajoncs

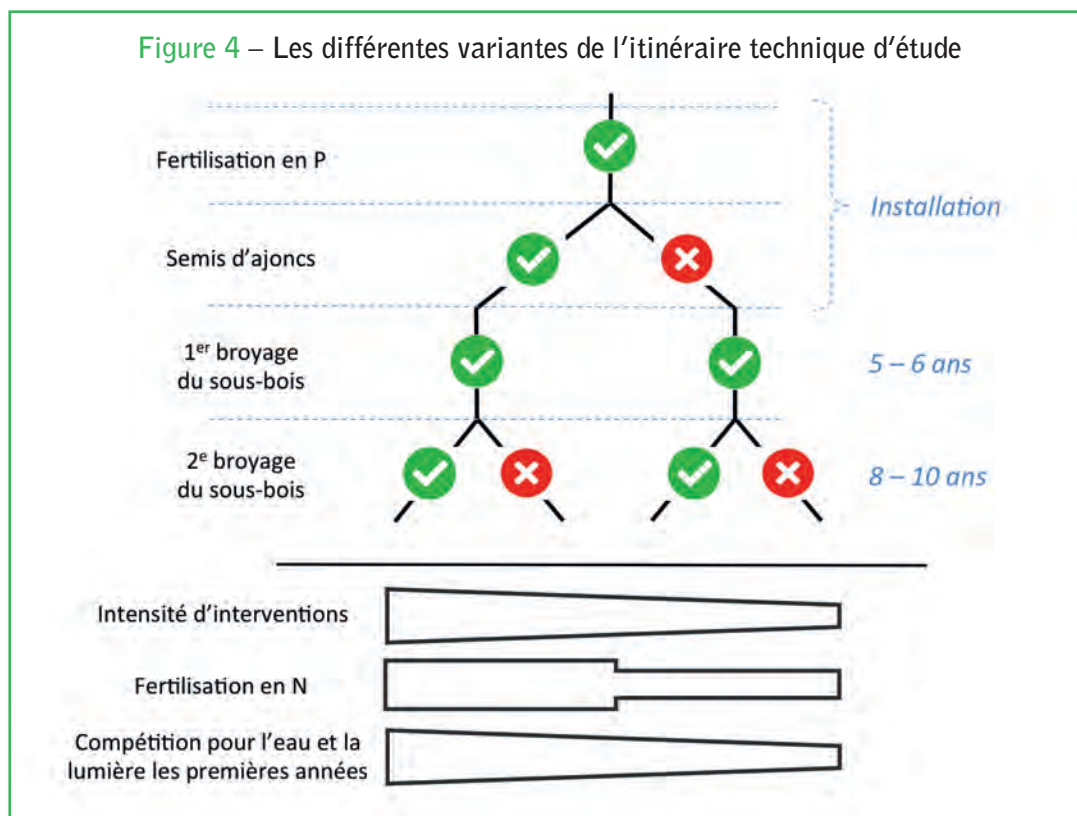
¹⁰ Solutions d'eau de pluie enrichies au contact des tissus aériens.

Figure 3 – Concentrations en azote minérale dans la solution du sol sur le site de XyloSylve (site avec la plus forte densité en ajonc)



Les concentrations en NO₃⁻ (A) et NH₄⁺ (B) sont présentées suivant les trois profondeurs du profil de bougies poreuses (25, 45 et 90 cm). La légende en vert indique l'opération de broyage du sous-bois.

Figure 4 – Les différentes variantes de l'itinéraire technique d'étude



apportent certainement de l'azote. Le broyage du sous-bois a eu rapidement pour effet de renforcer ce transfert d'azote. Les flux d'azote ont enrichi le sol, notamment sous la forme d'ammonium (Tableau 2, Figure 3). Le sol a gagné $20.0 \pm 1,9$ % d'azote dans les 30 premiers centimètres (Vidal *et al.*, 2019). Par ailleurs, les données de concentrations en nitrates, obtenues grâce à des capteurs situés dans le sol, n'ont pas permis d'identifier de pollution au cours de la culture du sous-bois d'ajoncs, puis suite au broyage (Figure 3).

La culture d'ajoncs peut donc créer une fertilisation en azote sans polluer l'environnement. En surface du sol, la couche de matière organique (MO) issu du broyage des ajoncs a maintenu l'humidité du sol lors des sécheresses estivales. Dans le sol, le stockage de carbone a été amélioré, notamment sous la forme de MO (Tableau 2). Dans les 30 premiers centimètres, la quantité de C a augmenté de $18,8 \pm 1,9$ % (Vidal *et al.*, 2019). Au regard de la quasi-absence d'argiles dans les sols landais, et des propriétés de la MO en termes de fixation des nutriments et de rétention de l'eau, la MO est le principal support de la fertilité. Enfin, le stockage de carbone dans le sol, s'il venait à se confirmer sur la durée, pourrait aussi être un atout non négligeable à plus large échelle dans la lutte contre le réchauffement climatique.

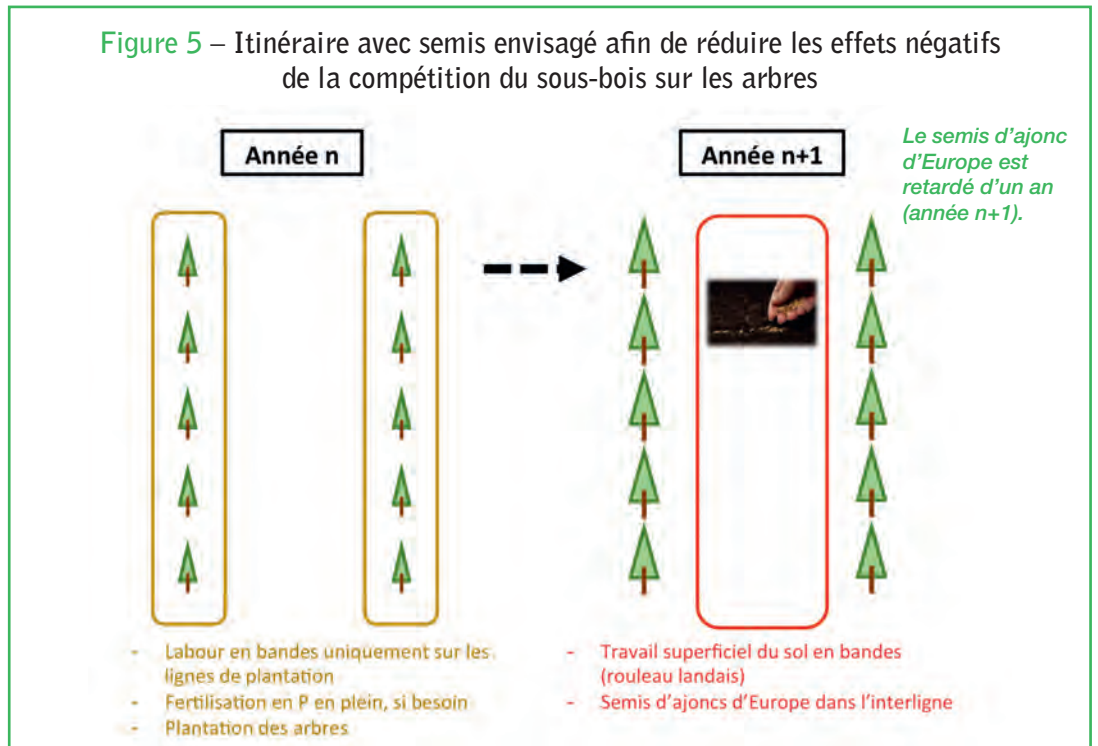
Le broyage aura ainsi converti les effets négatifs observés au début de l'itinéraire (la com-

pétition) en effets positifs pour la sylviculture. Les bénéfices sur l'écosystème en termes de fertilité du sol laissent espérer une augmentation de la production sur le long terme pour les peuplements actuels et à venir.

Les perspectives d'application et de recherche

Nos recherches nécessitent d'être poursuivies pour confirmer certains effets observés (meilleure production, absence de pollution). Un risque non négligeable de l'application de l'itinéraire concerne les incendies, liés à l'augmentation de la biomasse du sous-bois et du retard du premier contrôle mécanique de cette strate après installation. Ces risques devront être pris en compte dans les futures recherches. Une collaboration est déjà en cours sur ce point avec une équipe spécialisée sur les incendies forestiers (URFM d'Avignon) sur la suite des travaux de thèse de Florian Delerue (2013). Un compromis de gestion pourrait être de rigueur, notamment sur les modalités de broyage, afin d'optimiser le rapport entre les risques et les avantages de la culture d'ajoncs d'Europe.

Des conseils de gestion sont d'ores et déjà émis dans l'éventualité d'une application de l'itinéraire sylvicole dans le massif landais. La figure 4 présente l'itinéraire technique testé et ses variantes. Il est préférable de conduire l'itinéraire dans une station de lande humide afin de réduire la compétition pour l'eau et



accroître le succès d'installation du sous-bois d'ajoncs (une station en lande mésophile est aussi envisageable). La fertilisation en phosphore est recommandée (en plein et à une dose unique d'environ 120 kg-P₂O₄/ha à l'installation), à la fois pour la croissance des pins et la fixation azotée des ajoncs. En revanche, le semis d'ajonc pourrait ne pas être nécessaire dans le cas où une présence spontanée importante d'ajoncs serait constatée sur la parcelle avant la récolte précédente ou sur les parcelles voisines (probabilité d'une quantité déjà importante de graines d'ajonc dans le sol). Il serait possible de tester un semis une bande sur deux ou bien alors de retarder le semis d'ajoncs d'un an, ce qui offrirait une avance aux pins et diminuerait la compétition (Figure 5). Cependant cela réduirait d'autant la probabilité de succès de ce semis, les plan-

tules d'ajoncs étant elles aussi sensibles à la compétition avec les autres espèces du sous-bois qui auraient pu s'installer en avance. C'est pour cette raison que le travail du sol dans l'interligne est lui aussi retardé d'un an après l'installation, afin d'accueillir au mieux le semis d'ajoncs. Ce travail du sol devra être superficiel pour ne pas endommager les jeunes racines de pins maritimes. Suite au premier broyage du sous-bois d'ajoncs d'Europe qui, si possible, ne devra pas avoir lieu avant la cinquième année après l'installation, un second sous-bois d'ajoncs se développe rapidement à partir des souches épargnées par le travail très superficiel du sol grâce au broyeur SEPPI (Photo 3).

La fermeture de la canopée arborée étant alors initiée, la dynamique du sous-bois tend plutôt vers une disparition spontanée, alors même que les pins sont devenus beaucoup moins sensibles à la compétition. En effet, l'ajonc est une espèce qui a besoin de lumière et qui souffre de la compétition, particulièrement au stade juvénile. Les conditions dans une pinède de plus de dix ans lui sont alors largement défavorables. Un second broyage n'est donc pas obligatoire. Ainsi cette repousse constitue une nouvelle opportunité pour introduire de l'azote et de la MO dans l'écosystème forestier, sans nécessiter une nouvelle intervention mécanique.

Les recherches pourraient être étendues en France vers des écosystèmes comparables (sylviculture sur sol pauvre limité en azote, pré-



Pierre Trichet © INRAE

Bibliographie

- Achat D.L., Martel S., Picart D., Moisy C., Augusto L., Bakker M.R., et Loustau D., 2018. Modelling the nutrient cost of biomass harvesting under different silvicultural and climate scenarios in production forests. *Forest Ecology and Management*, 429: 642–653. Elsevier. doi:10.1016/j.foreco.2018.06.047.
- Calvel E., 1809. Mémoire sur l'ajonc ou genêt épineux considéré sous le rapport de fourrage, de l'amendement des terres stériles et de supplément au bois. Paris, *Marchant*.
- Delerue F., 2013. Dynamique de population d'une légumineuse du sous-bois de la forêt landaise (*Ulex europaeus*) dans le cadre de la sylviculture du pin maritime : proposition d'un modèle conceptuel. Université Bordeaux 1. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00873385>
- Diquélou, S., Rozé F., 1999. Implantation du genêt à balais, précédent cultural et dynamique du sol dans les friches (Bretagne, France). *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences – Series III – Sciences de la Vie*, 322(8), pp. 705-715.
- Jolivet C., Augusto L., Trichet P., et Arrouays D., 2007. Les sols du massif forestier des Landes de Gascogne : formation, histoire, propriétés et variabilité spatiale. *Revue Forestière Française*, LIX, 1, p. 7-30. doi:10.4267/2042/8480.
- Trichet P., Jolivet C., Arrouays D., Loustau D., Bert D., et Ranger J., 1999. Le maintien de la fertilité des sols forestiers landais dans le cadre de la sylviculture intensive du pin maritime. *Étude et Gestion des Sols*, 6, 4, pp. 197–214. <https://bit.ly/3BYa5nn>
- Vidal D., 2019. Évaluations sylvicole et environnementale d'un itinéraire forestier incluant la culture d'un sous-bois fixateur d'azote – Expérimentations *in situ* de longue durée dans les Landes de Gascogne. Université de Bordeaux. <http://www.theses.fr/2019BORD0240>

sence de plantes légumineuses autochtones productives, mécanisation forestière possible). Le genêt à balai (*Cytisus scoparius*) pourrait par exemple occuper la même fonction que l'ajonc dans les forêts cultivées du centre de la France. De plus, la compétition pour l'eau pourrait être moindre grâce à des sécheresses estivales moins marquées dans ces régions. Les écosystèmes méditerranéens présentent eux-aussi des opportunités d'expérimentation. La limitation en azote y est plus prégnante qu'en Landes de Gascogne. Le choix de l'espèce à cultiver en sous-bois pourrait se porter sur *Ulex parvifolius* Pourr., arbuste prolifique et bien représenté, ou d'autres arbustes de la famille des légumineuses comme des genêts, du genre botanique *Genista*. Cependant, le compromis de gestion sylvicole pourrait être aussi plus délicat à trouver, en raison de la sécheresse estivale plus marquée, des vents et de la topographie (augmentation des risques de feu).

Bénéfice de la fertilisation azotée naturelle

La méthode agroécologique appliquée intègre le sous-bois dans une fonction d'auxiliaire sylvicole et peut réduire la fréquence des broyages par rapport aux schémas conventionnels de culture. L'intensification agroécologique de la production ne s'accompagne donc pas d'une augmentation des interventions techniques. Par ailleurs, l'itinéraire sylvicole du pin maritime associant une culture intercalaire d'ajoncs d'Europe ne présente pas clairement d'effets négatifs en termes de production ni de

pollutions lors des dix premières années. Bien au contraire, l'itinéraire améliore la durabilité de la production sylvicole landaise au travers d'une fertilisation organique en azote et d'un enrichissement en matière organique dans le sol. Sur cette base il est envisageable que la production sylvicole soit améliorée à moyen et long terme, tout en contribuant à la lutte contre le réchauffement climatique au travers d'une séquestration accrue de carbone organique dans le sol. Les prochaines années de suivi permettront d'en juger. ■

Remerciements

Un grand merci à toutes les structures qui ont participé à la réalisation des recherches :

les unités ISPA, UEFP et Silva de l'Institut national de recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE), le département Forêt de l'école Bordeaux Sciences Agro, ainsi que l'Office national des forêts (ONF). Un grand merci également aux financeurs du projet de thèse : l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) et le département Écologie des Forêts, Prairies et Milieux aquatiques (EFPA) de l'INRA. Merci enfin au groupe GIS Pin Maritime du Futur, à Equipex Xyloforest et à l'infrastructure AnaEE pour leur soutien lors de la mise en place, l'équipement et le suivi des dispositifs expérimentaux.

Résumé

Une fertilisation en azote via une culture intercalaire d'ajoncs d'Europe (sous-bois fixateur d'azote) a été testée sur un jeune peuplement de pins maritimes dans les Landes de Gascogne. Cette pratique a augmenté le statut nutritif en azote des arbres et a enrichi le sol (stockage d'azote et de matière organique), sans causer de pollutions sur l'environnement. Bien que les effets espérés sur la production ne soient pas visibles au bout de dix ans, la fertilité de l'écosystème semble s'améliorer.

Mots-clés : sylviculture, pin maritime, azote, légumineuses, *Ulex europaeus*.

Un autre regard sur la forêt,

un livre pour ouvrir les yeux

Par Sophie Bertin

Propos recueillis par Christine Pompougnac, Responsable Édition-Diffusion du CNPF-IDF

Sophie Bertin est l'auteure du livre Un autre regard sur la forêt, publié récemment. Elle nous présente sa démarche et les raisons qui l'ont poussée à écrire ce livre, à la fois pédagogiques et originales.



© Sophie Bertin

À l'issue de la lecture, il doit être capable de décrire dans les grandes lignes l'histoire, les potentialités et le fonctionnement des forêts qu'il visite.

Quel est votre lien avec l'univers forestier ?

Il est multiple. J'ai développé très jeune un attachement profond pour la forêt car ma famille possède des forêts dans la Marne. J'assure leur gestion depuis de nombreuses années où j'applique une sylviculture à couvert continu, en collaboration avec des acteurs locaux. Ce contact très jeune avec la forêt m'a conduite à faire des études dans ce domaine. J'ai ainsi obtenu un master en écologie tropicale de l'Université d'Helsinki et un doctorat en éco-physiologie et gestion forestière de l'Université d'Édimbourg. Je suis aussi titulaire d'un BTSA en gestion forestière. Suite à ces études, j'ai travaillé de nombreuses années en tant que consultante indépendante sur la définition et la mise en œuvre de stratégies durables de gestion forestière. L'objectif était de valoriser les différents services rendus par la forêt, et ce à différentes échelles d'aménagement et dans un contexte de changement climatique.

Comment avez-vous eu l'idée d'écrire ce livre ?

Mon travail consiste souvent à transférer des connaissances de travaux scientifiques et techniques vers des praticiens à travers des publications sous différentes formes. J'ai eu envie d'appliquer cette approche au grand public. (suite p. 60)

Pouvez-vous nous présenter votre livre et son public ?

Ce livre décrit la forêt en sollicitant différentes visions. Il s'adresse au grand public, quel que soit son parcours et sa formation. Le prérequis est un attrait pour la forêt et une envie de la comprendre. L'objectif que je me suis fixé est de partager mon émerveillement. Je fournis à mon lecteur des clés de compréhension afin de lui permettre de porter un regard différent sur la forêt et la façon dont elle fonctionne. Mon ambition est de lui donner envie d'en savoir plus, envie de sortir des sentiers tracés lorsqu'il se promène sous un couvert boisé.

Un autre regard sur la forêt

Sophie BERTIN



CNPF MUSEO ÉDITIONS

S. SON RÔLE

Le rôle de nombreux arbres en forêt gérée : producteur, producteur, producteur, producteur, producteur, producteur, producteur, producteur. Un même arbre peut avoir plusieurs rôles.



La connaissance des fonctions économiques, sociales et écologiques des arbres est la première condition pour une forêt durable (habitat, accueil, éducation, etc.). Cette information est utilisée pour la gestion afin de décider s'il est temps d'enlever un arbre ou s'il est à laisser.

Le rôle de producteur indique que la fonction visée par le forestier est la production de bois pour la commercialisation. La qualité de bois est habituellement renseignée (Photo 8 et 10). C'est le rôle le plus courant en forêt gérée.

Dans le rôle de producteur, l'arbre fournit un gainage afin de protéger les autres producteurs de bois en belle qualité (Photo 8 et 10). Le rôle de producteur de bois est le rôle le plus recherché. De même pour le rôle d'habitat ou d'arbre accompagnant le producteur dans sa croissance et l'aide à grandir de la plus belle manière. La fonction d'éducateur contribue aussi à fournir l'ombrage favorable à la régénération (Photo 9 - 13.6).



Photo 8 - À gauche de la photo, un arbre... À droite, un autre arbre...

Photo 9 - Un arbre... un autre arbre...

La fonction de "socio-écologie" correspond à des arbres reproducteurs - leurs grands fruits - utilisés pour renouveler naturellement la forêt. Ils sont généralement choisis pour leur qualité esthétique (Photo 10).
On trouve aussi la fonction de "bio-diversité". Elle s'intéresse aux "espèces" rares, mais aussi aux arbres qui participent au maintien d'une grande diversité d'habitats en forêt. Ils regroupent à certains caractéristiques présentées dans le chapitre 15.
Enfin, le rôle de patrimoine ou paysage est attribué à des arbres remarquables ou qui présentent une valeur historique ou esthétique (Photo 11).

L'AMBIANCE CAPTIVANTE

Les arbres en forêt de montagne. Au premier plan, un gros bois de hêtre (H). C'est un arbre qui attire l'attention par son caractère "solitaire" très développé du côté du regard, sur toute la hauteur de son tronc. Ses branches basses, vivantes, en témoignent. On voit aussi des branches mortes, dans les hautes de l'arbre, indiquant que cet arbre est en partie mort. C'est une partie qui joue un rôle de "socio-écologie" en fournissant un habitat à de nombreux animaux. Ce rôle est très recherché. De même pour le rôle d'habitat ou d'arbre accompagnant le producteur dans sa croissance et l'aide à grandir de la plus belle manière. La fonction d'éducateur contribue aussi à fournir l'ombrage favorable à la régénération (Photo 9 - 13.6).

La préservation d'un minimum d'arbres de hêtre favorables à la biodiversité (en particulier les très gros bois vivants et les gros bois morts sur pied et au sol) est essentielle et doit être assurée par une gestion adaptée dans les forêts de montagne. L'objectif est de maintenir une diversité d'habitats et d'espèces, dans la mesure du possible, sur les arbres ayant un intérêt économique mesurable. Il est recommandé d'habituellement à la gestion forestière pour assurer leur présence sur le long terme et éviter qu'ils ne soient récoltés de manière inopportune au moment d'une coupe.



Un livre inédit

Le livre est structuré en deux parties. Il est conçu pour une lecture non linéaire et interactive.

La première partie « La forêt sous tous ses angles » explique les notions fondamentales en trois chapitres :

- « L'arbre sous toutes ses coutures ». Il est difficile de décrire une forêt sans commencer par son principal occupant – l'arbre – à travers son nom, sa silhouette, son rôle, ses critères de beauté, sa capacité d'accueil, son statut social, ses mensurations, son âge, ses feuilles et son système racinaire.
- « Influence de l'environnement sur l'arbre et la forêt ». En dehors de l'action humaine, le climat et le sol jouent un rôle prépondérant dans le développement de l'arbre et de la forêt. Ils sont donc abordés ici en détail. Une place particulière est donnée à l'adaptation et à l'atténuation du changement climatique.
- « Le peuplement sous toutes ses facettes ». Ce chapitre présente les caractéristiques des essences, la dynamique du peuplement, sa structure verticale et horizontale, sa biomasse, sa composition, son ambiance forestière, ses plantes indicatrices et sa biodiversité.

La deuxième partie « Portraits de forêts », particulièrement originale, interpelle le lecteur. Elle l'incite à exercer son regard grâce à la description de photos illustrant la diversité des forêts gérées que l'on peut rencontrer en France. Chacune d'elles apparaît deux fois. La première, sans annotation, invite le lecteur à l'examiner et à se poser des questions : Que vois-je ? Comment puis-je décrire cette image ? Quelle est l'histoire de cette forêt ? Quel peut être son futur ? ... En deuxième page, la photo est commentée sur certains aspects qui évoquent des approches, des concepts et du vocabulaire présentés dans la première partie.

PARUTION

Le fonctionnement de la forêt en interaction avec son environnement est complexe. Néanmoins, je pense que les sujets compliqués doivent être expliqués dans leur intégralité avec des mots simples, ce qui ne veut pas dire que les messages doivent être simplifiés à outrance ou déformés, bien au contraire. En outre, j'avais envie de donner des clés de lecture aux promeneurs, d'où l'idée de ces deux parties et de cette proposition de lecture non linéaire et interactive (voir encadré p. 59) afin d'interpeler le lecteur sur ce qu'il voit. Mon objectif était aussi de montrer que la majorité de nos forêts sont gérées et que cela peut être fait d'une belle manière.

¹ CRPF Grand Est

Cela ne doit pas être simple d'aborder tous les sujets que contient ce livre et d'effectuer un travail de vulgarisation, non ?

En effet, j'ai dans un premier temps réalisé un gros travail de synthèse et de revue de la littérature scientifique et technique afin d'aller au-delà de mes connaissances initiales. J'ai ensuite fait appel à des relecteurs spécialistes des différents sujets. J'ai aussi soumis l'ensemble de l'ouvrage à des gestionnaires forestiers. En parallèle, j'ai sollicité des relecteurs néophytes afin de vérifier que l'ensemble des propos étaient abordables et compréhensibles pour des non-spécialistes.

À quels types de forêts faites-vous référence ?

Je fais principalement référence à la forêt française gérée car la gestion est omniprésente dans la plupart de nos forêts. Le territoire métropolitain est particulièrement diversifié en raison de climats typés et très différents (plaine, montagne, région méditerranéenne...). Toutefois, ce livre n'est absolument pas un manuel sur la gestion forestière. Cette notion est néanmoins abordée en filigrane tout au long de mon livre. Afin de montrer les nombreuses situations, j'ai souhaité faire un livre très illustré. Pour ce faire, Sylvain Gaudin¹, dont j'apprécie énormément le travail photographique, m'a mis à disposition sa photothèque. Ses clichés contribuent grandement à montrer la diversité des forêts françaises et aussi à faciliter l'assimilation de messages parfois complexes. ■

En savoir⁺

Un autre regard sur la forêt de Sophie Bertin

248 pages, format 16,5 x 24 cm, 28 €

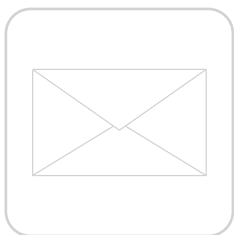
Éditions CNPF-IDF et Muséo

À commander sur www.foretpriveefrancaise.com ou idf-librairie@cnpf.fr

À RETENIR

Le livre est né de l'attachement profond de l'auteure pour la forêt et du souhait de le partager. Elle y donne des clés de compréhension pour que le lecteur porte un regard différent sur ce milieu et la façon dont il fonctionne, particulièrement la forêt gérée. Ses connaissances scientifiques et son expérience de vulgarisatrice lui permettent de transmettre des notions parfois complexes de façon simple mais pas simpliste. Ces notions, le lecteur devra les mobiliser dans une deuxième partie inédite.

Mots-clés : livre, vulgarisation, paysage



Courrier des lecteurs



Le dossier « Forestiers et société » – n° 257 mars-avril 2021 – rédigé par Philippe Riou-Nivert suscite de nombreuses réactions. Vos expériences ou points de vue alimenteront cette nouvelle rubrique.

L'enrésinement par plantation : 10 % de nos forêts

Par Raymond Gabriel, propriétaire forestier

Cher Monsieur,

J'ai lu votre dossier « Forestiers et société ». Je tenais absolument à vous féliciter à la fois pour son contenu et sa pertinence.

J'observe depuis longtemps l'évolution de l'opinion publique, du moins la fraction des personnes qui se disent sensibles aux questions environnementales, en particulier sur les réseaux sociaux. J'observe aussi la récupération qui en est faite sur ce que je nommerais « le marché de l'émotion ». En matière de forêts, le livre de Peter Wohlleben aura été un désastre, sinon un révélateur à point nommé d'une société prompte à se laisser raconter des histoires. Les adeptes de l'anthropomorphisme sont aux anges. Sur les réseaux sociaux, le botaniste Francis Hallé est d'une totale complaisance avec des ONG¹, qui accusent le capitalisme aveugle de couper des arbres. Plusieurs écoles se croisent sans trop

Le discours émotionnel confond toujours (volontairement) les « forêts » que l'on rase avec des parcelles.

de problèmes : entre ceux qui disent qu'il faut planter des milliards d'arbres et se vantent d'en avoir planté 400, pour sauver la planète, et ceux qui disent que c'est une hérésie, comme Sylvain Angerand (IGREF²), qui court après les abatteuses avec Hugo Clément et déclare dans la revue *Bio à la une* : « Quand on plante un arbre, c'est qu'on s'est trompé ». Pendant ce temps, le conseil départemental des Vosges, tout à la promotion du « bien-être » de se rendre en forêt, subventionne des activités de sylvothérapie. Francis Hallé, encore lui, rêve d'une forêt primaire de 70 000 hectares dans l'Est de la France à condition de ne rien toucher pendant... 1 000 ans. Il n'a fort heureusement pas encore donné les listes des routes

¹ Organisations non gouvernementales.

² Ingénieur du génie rural, des eaux et des forêts.



- 3 Office national des forêts.
- 4 Association La Forêt de Tiragoutte
www.tiragoutte.info
- 5 Centre régional de la propriété forestière.
- 6 <https://www.fibois-idf.fr/les-nuits-des-forets>

à couper, ni des villes à raser, pour y parvenir ! Je suis un propriétaire vosgien, qui a la chance d'avoir sa maison au milieu de la forêt. Je n'ai pas eu pour diverses raisons une carrière de forestier, mais j'ai été formé à l'école forestière des Barres (Loiret), et j'ai exercé 3 ans à l'ONF³ (chef de secteur). À force de lire et d'entendre des affirmations souvent consternantes sur la forêt, je me suis passionné pour cette question du lien entre la forêt et... la société.

C'est ainsi que j'ai fondé une association⁴ dont le but est de proposer des visites guidées pédagogiques sur la propriété en matière de forêt. Je me place sous l'égide du CRPF⁵ Grand Est pour ses conseils, ayant déjà accueilli une réunion thématique sur les effets du changement climatique, notamment parce que je gère une plantation d'épicéas et de mélèzes en peuplement mixte avec les feuillus spontanés. À noter également notre participation aux Nuits des Forêts 2021⁶ (Fibois), avec l'accueil de 70 personnes sur un parcours. Je remarque que « remonter le temps » sur une parcelle donnée, avec des faits et des preuves, est une « arme rhétorique » très efficace pour désamorcer tout débat stérile. Dans mon secteur des Vosges, on a peine à imaginer qu'il y avait

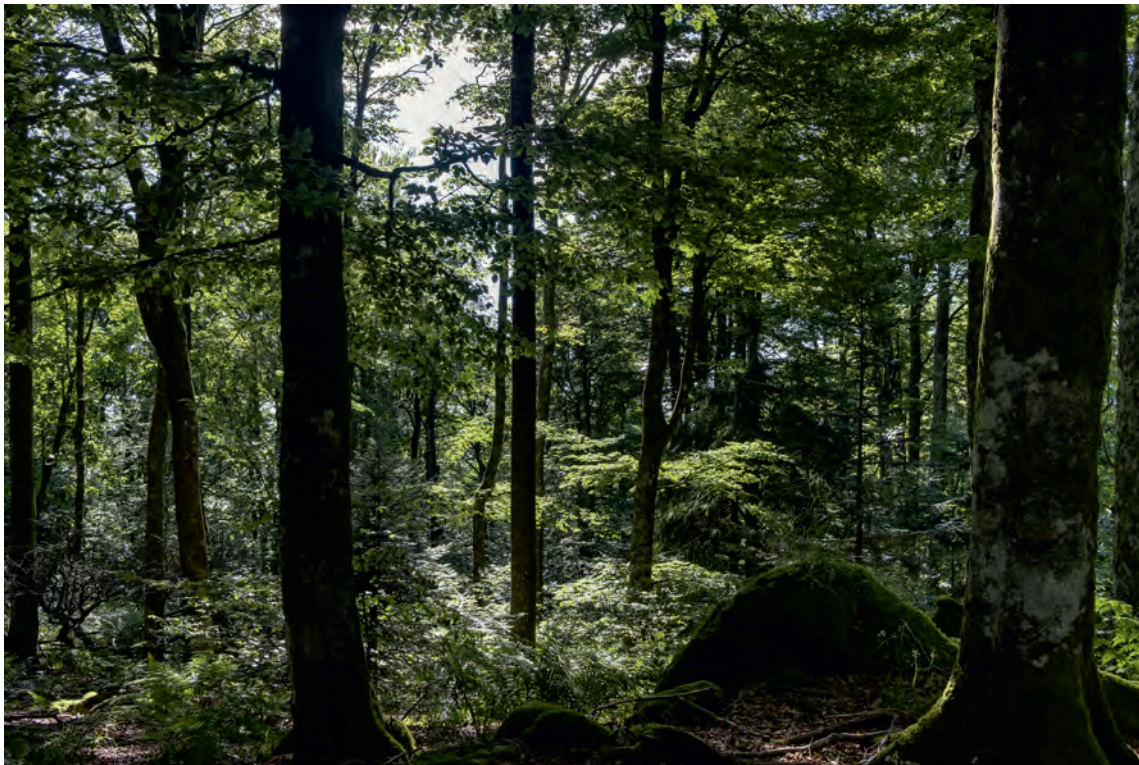
À ce sujet, j'ai noté que dans votre article vous évoquez environ 20 % de forêts purement résineuses en France. En déduire que 80 % ne sont donc pas « enrésinées » devrait suffire pour expliquer que le complot de l'industrie n'est pas encore parvenu à son objectif.

jadis dix fois moins de forêts. Dans une parcelle qui a tous les aspects d'une forêt « naturelle » (de beaux ormes très rares dans la région viennent renforcer ce caractère), démontrer que ce fut un champ de seigle, au pire un pré de fauche pendant des siècles, une forêt défrichée « sans pitié » dès le Moyen-Âge dans un biotope qui ne peut être que forestier, tout cela donne à réfléchir. De fait la présentation de la forêt sous son angle temporel et

donc historique tempère grandement les questions qui tournent autour des « coupes rases », de la « déforestation industrielle », voire du caractère « sauvage » de la forêt dans l'imaginaire.

Votre dossier est aussi nuancé que cinglant par les faits exposés. Je me suis tout particulièrement penché sur le

« procès des résineux » : non seulement je vis dans une région des Vosges où les monocultures résineuses sont légion, mais aussi parce que j'observe *via* les réseaux sociaux ce que nos concitoyens croient savoir de la forêt, grandement « aidés » par certaines ONG, qui diffusent en permanence des affirmations caricaturales sur « l'enrésinement du pays par l'industrie du bois et ses coupes rases dont le sol est altéré pour 1 000 ans ».



Hêtraie-sapinière vosgienne d'altitude.

Ces affirmations sur les « champs d'arbres » ont leurs variantes.

« Rien ne pousse sous les résineux ». La méconnaissance de la fonction de la lumière dans la forêt en général se heurte, comme vous le soulignez, au concept de l'optimisation des plantations, puisque leur but est de... produire. De ce fait, considérer que la monoculture résineuse est tueuse de biodiversité est une « preuve » de leur nocivité.

La coupe rase est présentée comme un désastre écologique. Lors des visites guidées dans la propriété, une station a lieu sur une parcelle âgée de 10 ans. Je prends un malin plaisir, à désigner la douzaine d'espèces spontanées qui s'y trouvent, au point que les résineux plantés y sont minoritaires.

Le discours émotionnel confond toujours (volontairement) les « forêts » que l'on rase avec des parcelles.

Mais surtout, on dénonce l'enrésinement des forêts comme étant « le grand remplacement » orchestré par l'industrie. À ce sujet, j'ai noté que dans votre article vous évoquez environ 20 % de forêts purement résineuses en France. En déduire que 80 % ne sont donc pas « enrésinées » devrait suffire pour expliquer que le complot de l'industrie n'est pas encore parvenu à son objectif. Mais il me semble qu'on peut aller encore plus loin : quelle est la part des forêts naturellement résineuses, et celle des plantations ? J'ai eu un échange à ce sujet avec un responsable de l'inventaire forestier. Il m'a été expliqué qu'il y avait forcément une ambiguïté de « statut » avec notamment

Le blog de Raymond Gabriel :

<https://le-jardiner-sceptique.over-blog.com/>

Deux articles notables de son blog :

– **Les arbres sont méchants** : <http://le-jardiner-sceptique.over-blog.com/2017/11/les-arbres-sont-mechants.html>

– **Un livre-choc : la biodiversité avec ou sans l'homme ?** :

<http://le-jardiner-sceptique.over-blog.com/2020/04/un-livre-choc-labiodiversite-avec-ou-sans-l-homme.html>

l'exemple d'anciennes plantations résineuses du XIX^e siècle, conduites progressivement en futaie jardinée qui seraient aujourd'hui considérées comme « naturelles ». Pour autant, je ne suis pas parvenu à retrouver une source qui indiquait que finalement les « plantations résineuses en monocultures » ne représenteraient « que » 10 % du total de la forêt⁷. Je me permets de vous demander votre avis sur la question ?

Je vous remercie et vous adresse encore mes félicitations pour ce dossier « Forestiers et société » que je qualifierais d'utilité publique ! ■

Bien cordialement,
Raymond Gabriel

Association *La Forêt de Tiragoutte* à Belval, Vosges. Membre de l'association des propriétaires privés des Vosges.

⁷ Il y a 13 % de plantations en France (tous âges confondus) dont 10 % sont des résineux, 1 % du peuplier et 2 % d'autres feuillus (source : IGN).

En savoir +

Une photographie à l'honneur



Titre : Hauteur dominante, mesure en forêt de Coeby (56)

L'auteur : Xavier Grenié



Morgane Goudiet © DSF

Ingénieur au CNPF Bretagne-Pays de la Loire basé à Rennes, chargé des Documents de Gestion Durable, responsable des antennes du Morbihan et du Finistère, correspondant Santé des Forêts depuis 1992 et chargé de l'informatique du Centre.

Avec la photographie, plein de retranscriptions sont possibles : les ambiances, les couleurs mais aussi les actions et les mouvements des personnes, des animaux ou des végétaux. Il faut sans cesse avoir avec soi le matériel pour saisir ces moments et aussi toujours réfléchir au meilleur réglage possible pour les restituer et ensuite les faire partager. C'est cette spontanéité qui me plaît dans la photographie.

Commentaire de la photo :

Un matin assez frais en novembre, mesure d'une placette futaie irrégulière, Éric, le plus ancien (au centre), conteste le choix de Nicolas quant à la mesure à faire. L'ingénieur référent Michel arbitre et donne raison au plus jeune.

Action quotidienne et importante du personnel technique, pour alimenter la vulgarisation technique du CNPF.

NOUVEAU À L'INSTITUT POUR LE DÉVELOPPEMENT FORESTIER

Le catalogue HIVER est paru !

Retrouvez les nouveautés,
les incontournables et notre sélection
pour tous les passionnés de forêt et nature.



HISTOIRE DES FORÊTS FRANÇAISES
De la forêt charbonnière à nos jours

La taille des arbres d'ornement
Architecture - Anatomie - Techniques

BOIS DE MUSIQUE
La forêt berceau de l'harmonie

CNPF
Institut pour le Développement Forestier

PUBLICATIONS
Hiver 2021-2022



À consulter sur www.foretprivedefrancaise.com

Envoi du catalogue sur simple demande

CNPF - IDF, 47 rue de Chaillot, 75116 Paris

Tél. : 01 47 20 68 39, Fax : 01 47 23 49 20, courriel : idf-librairie@cnpf.fr

Commande en ligne sur www.foretprivedefrancaise.com

► rubrique librairie ► les publications de l'IDF

SEMENCES FORESTIÈRES

LE CHOIX DE LA DIVERSITÉ



VILMORIN-MIKADO SAS
Route du Manoir - 49250 LA MÉNITRÉ - FRANCE
T. +33 (0)2 41 79 41 66 - F. +33 (0)2 41 79 75 41

vilmorin-semences-arbres.com

Limagrain