

Institut pour le développement forestier/Centre national de la propriété forestière

47 rue de Chaillot, 75116 Paris
Tél. : 01 47 20 68 15
forententreprise@cnpf.fr

Directeur de la publication
Antoine d'Amécourt

Directeur de la rédaction
Thomas Formery

Rédactrice
Nathalie Maréchal

Conception graphique
Mise en page

Sophie Saint-Jore

Responsable Édition-Diffusion
Samuel Six

Diffusion — abonnements
François Kuczynski

Publicité
Bois International
14, rue Jacques Prévert
Cité de l'avenir - 69700 Givors
Tél. : Corinne Oliveras :
04 78 87 29 41

Impression
Centre Impression
BP 218 — 87220 Feytiat
Tél.: 05 55 71 39 29

Numéro d'imprimeur 00143

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

Périodicité : 6 numéros par an
Abonnement 2015

France : 48 € - étranger : 62 €
édité par le CNPF-IDF

Commission paritaire des
publications et agences de
presse : n° 1019 B 08072
ISSN: 0752-5974

Siret: 180092355 00015

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: juillet 2015



Éric Palliassa - IDF © CNPF

Des essais sylvicoles pour demain !

Le changement climatique et ses impacts vont grandement occuper l'actualité des prochains mois avec la conférence Climat de Paris.

Pour les forestiers, la question essentielle réside dans la rapidité de ce changement. Comment les arbres vont-ils s'adapter et quelles seront les nouvelles interactions associées ? Leur aptitude à réagir dépend-elle de leur âge, de leur vigueur, ou de leur variabilité génétique ?

Ce dossier de Forêt-entreprise vous présente un programme européen novateur : afin de suivre le comportement de 38 essences sous des climats très différents, des arboretums et des sites de démonstration sont créés sur un arc atlantique du nord de l'Écosse au sud du Portugal. D'ici une quinzaine d'années, des informations scientifiques cruciales en ressortiront.

Parallèlement, il est aussi souhaitable de mener chacun des essais sylvicoles sur nos massifs. S'autoriser à introduire des essences nouvelles ou inhabituelles, tester et suivre des protocoles différents de plantation ou de gestion, autant d'initiatives qui permettraient de mieux comprendre et anticiper les impacts du réchauffement localement.

C'est notre rôle de sylviculteur.

Ces expérimentations sont à mener en lien avec l'IDF et les Ceteq regroupés sous l'appellation nouvelle de « Groupe de progrès de la forêt privée ». De nombreux progrès techniques en forêt privée ont été obtenus ainsi, grâce à quelques précurseurs qui ont osé planter des essences peu répandues comme le douglas, ou mener une sylviculture plus dynamique pour le chêne...

Pour avoir des réponses et des informations techniques dans plusieurs années, il faut expérimenter dès aujourd'hui. Ces expérimentations serviront aux futures générations de forestiers.

Antoine d'Amécourt, président du CNPF



Claude Nigen - CRPF P-Charentes © CNPF

Arboretum de la Chétardie
à Exideuil (79).

Numéro suivant N° 224
Produire des bois moyens ou
gros bois de résineux ?

ACTUS	>	4
HOMMAGES	>	6, 16
AGENDA	>	65

Forêt-entreprise, votre revue technique de gestionnaire forestier

Oui, je m'abonne (Tarifs 2015)

- Abonnement France 1 an — 6 numéros : 48 €
- Abonnement étranger 1 an — 6 numéros : 62 €
- Abonnement France 1 an — **spécial étudiant**
— 1 an — 6 numéros : 40 € (joindre la photocopie de votre justificatif)
- Abonnement France 1 an
— Remise de 30 % aux adhérents de Cedef,
GDF, et organismes de développement, Fogefor
— 6 numéros : 33,60 €

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Commune

Tél.

Courriel

Chèque bancaire ou postal à l'ordre de :
« agent comptable CNPF » à retourner à la librairie de l'IDF,
47 rue de Chaillot, 75116 Paris — Tél. : 01 47 20 68 15
Fax : 01 47 23 49 20 — idf-librairie@cnpf.fr

Catalogue de l'Institut pour le développement forestier
consultable [sur le site www.foretpriveefrancaise.com](http://www.foretpriveefrancaise.com)
et gratuit sur simple demande



Claude Nigen - CRPF Poitou-Charentes © CNPF

M. Lucien Tisseuil et Éric Paillassa lors des premières mesures
à l'arboretum de la Chétardie à Exideuil (79).

CETEF > 7

Et si l'on osait la querciculture ?

Bertrand Le Nail

SYLVICULTURE > 17

La scarification du sol
et le dosage du couvert forestier
permettent l'installation de la
régénération naturelle

Mathieu Dassot, Léon Wehrlen,
Catherine Collet

POPULICULTURE > 48

Le développement
de la peupleraie en France

Vincent Samain, Clémence Pauchet,
François Clauce

SANTÉ DES FORÊTS > 54

Lâcher de prédateurs
du dendroctone
de l'épicéa de Sitka en Bretagne

Entretien avec Xavier Grenié

ENVIRONNEMENT > 58

Compensation
environnementale, un nouveau
débouché pour la forêt privée

Pierre Beaudesson

Dossier

Reinforce, réseaux de sites expérimentaux pour le changement climatique

> 22 Introduction du dossier 

> 23 Une infrastructure atlantique pour la recherche sur l'adaptation des forêts au changement climatique
Christophe Orazio

> 27 Le choix des espèces pour les arboretums
Patrick Pastuszka

> 31 *Reinforce*, un réseau d'arboretums face au changement climatique
Rebeca Cordero-Debets, Christophe Orazio

> 35 Les sites de démonstration du réseau *Reinforce*
Amélie Castro



Claude Nigen - CRPF Poitou-Charentes © CNPF

> 40 Les sites *Reinforce* en France
Éric Paillassa

> 45 Gestion et partage des données du réseau *Reinforce*
Christophe Orazio, Rebeca Cordero-Debets



Lancement de la marque « Bois Français »

La Fédération nationale du Bois lance la marque "Bois français". "Le soutien à l'emploi équitable voire local est très important" précise Philippe Siat, président de la FNB. L'objectif est de garantir que le bois d'un produit ou contenu dans un produit est d'origine française, quelle qu'en soit l'essence, et que sa transformation et son assemblage sont faits sur le sol national. Des critères techniques seront à respecter pour étiqueter un produit, afin d'assurer la continuité de la traçabilité. L'association "Préférez le bois français" mettra en œuvre la marque et délivrera les licences. L'association y regroupe la FNB APECF, APEP, France Douglas, ainsi des fédérations -UCFF, FNCOFOR, FFB, Capeb¹⁾.

1) Fédération nationale du bois, Association pour l'emploi des chênes et des feuillus français, l'association pour la promotion des emplois du pin.

Un rapport de la cour des comptes sur la filière forêt-bois

Les sénateurs Alain Houpert (Côte-d'Or) et Yannick Botrel (Côtes d'Armor), membre de la commission des finances du Sénat, présentent le rapport de la Cour des comptes sur l'organisation et les modes de soutien publics de la filière bois-forêt. Le rapport rapproche les soutiens publics estimés à 910 millions d'€ et l'importance de la filière forêt-bois pour la production de richesses et d'emploi. Ils estiment la forêt française mal exploitée et dénoncent le déficit commercial de 6 milliards d'€ par an : « La valeur ajoutée de la production de bois français est détournée vers les marchés étrangers, en raison du déséquilibre entre l'exportation de bois brut et l'importation de produits transformés ». Les conclusions recommandent de réorienter les actions de l'État à travers un pilotage stratégique interministériel cohérent et volontariste. Un rapprochement des interprofessions France bois forêt (FBF), France bois industrie entreprises FBIE et le Codifab vers un organisme interprofessionnel unique est aussi préconisé, afin de mettre en œuvre un contrat d'objectifs État-régions.

Disponible sur le site : <http://www.senat.fr/notice-rapport/2014/r14-382-notice.html>

Reboiser les forêts françaises grâce au mécénat

La création du Fonds de dotation « Plantons pour l'avenir » a permis des premiers reboisements en chênes, peupliers, pins, épicéas et douglas, grâce à une quinzaine de mécènes pour environ 400 000 € de dons. Une deuxième vague est lancée, grâce au soutien d'une quinzaine d'entreprises mécènes. Le développement du Fonds « Plantons pour l'avenir », -fonds de dotation privé, créé par Alliance Forêts Bois, 1^{er} reboiseur de France-, nécessite le soutien de nouveaux mécènes.

Plus d'informations sur le site : www.plantonspourlavenir.fr



Programme national de la forêt et du bois (PNFB)

L'élaboration du Programme national de la forêt et du bois (PNFB), inscrit dans la Loi d'avenir pour la forêt, propose une concertation pour contribuer à la politique d'ensemble pour la forêt. De nombreux acteurs de la forêt et du bois se mobilisent et travaillent à formulation de propositions d'actions dans les 5 groupes de travail définis comme la gestion durable des forêts, l'intégration de la forêt dans son territoire, l'économie de la filière bois, principalement l'amont, les besoins en recherche & développement, et enfin le lien avec les politiques européennes et internationales. Les premières propositions issues des travaux des groupes devraient être rédigées avant l'été. Elles constitueront la trame du Programme national de la forêt et du bois.

Génome du chêne séquencé

Des équipes de recherche de l'Inra de Bordeaux-Aquitaine et du CEA -Centre national de séquençage (Génoscope)- ont séquencé le génome du chêne pédonculé (*Quercus robur*). Le premier séquençage de l'espèce *Quercus* permettra de mieux comprendre les mécanismes d'adaptation des arbres aux variations environnementales. Un premier article est publié dans la revue en libre accès *Molecular Ecology Resources*, avant une publication finalisée des résultats dans les prochains mois. Le consortium a caractérisé 50 000 gènes et estimé que la moitié des 1,5 milliard de paires de base du génome était constituée d'éléments répétés. Il permettra d'étudier la régulation interne des espèces très longévives exposées à de forte variations climatiques annuelles, voire à des événements extrêmes au cours de leur vie.

Ces travaux constituent une avancée majeure dans la connaissance de la biologie, de la génétique et de l'évolution des arbres, qui sera largement valorisée dans les recherches à venir portant sur la structure et le fonctionnement du génome de ces espèces pérennes.

(Inra 10-05-2015)

Planter des arbres avec un drone

Reboiser la planète à grande échelle avec un système d'engins volants capable de semer jusqu'à 36 000 graines par jour est le projet de *BioCarbon Engineering* basé au Royaume-Uni.

Le processus de reboisement comprendrait deux étapes. Un drone survole une zone « déforestée ». Après l'analyse du *mapping* en 3D, les meilleurs emplacements pour les futures graines sont déterminés suivant un itinéraire. Le drone sèmera à environ 2 mètres du sol aux endroits désirés, grâce à un canon à air comprimé, des « cosses biodégradables », contenant deux graines ainsi que des nutriments. Chaque drone peut disséminer 300 capsules au rythme d'une toutes les 10 secondes. Grâce à ce système entièrement automatisé, 36 000 graines peuvent être en théorie plantées par jour.

Des drones capables de planter un milliard d'arbres par an - *Futura-Sciences*.

Fougerox

Une dérogation provisoire de 120 jours est accordée pour l'usage du Fougerox, à la demande conjointe de l'ONF, du CNPF et de Fransylva. Le Fougerox, nom commercial contenant une matière active l'asulame, est un herbicide efficace pour lutter contre la fougère aigle. L'Autorisation de mise en marché (AMM) de 120 jours au titre de l'article 53 du règlement UE 1107/2009 (=dérogation 120 jours) est accordée pour le Fougerox le 1^{er} mai 2015 par la Direction générale de l'alimentation du ministère de l'Agriculture. Les conditions d'utilisations en forêt sont pour le désherbage avant la plantation et la régénération naturelle ou l'entretien par dose maximale 10 l/ha, zone non traitée de 5 m par rapport à un point d'eau, 1 seul traitement sur 3 ans.

Fin de l'échéance de l'AMM : 01 septembre 2015.

En rappel des conditions d'utilisation, consulter www.e-phy.agriculture.gouv.fr.

Une notice technique est en accès libre sur le site www.arole-pfb.fr

L'Office National des Forêts fête ses 50 ans

À l'occasion de ses 50 ans, l'Office national des forêts organise l'opération #RACONTEMOITAFORÊT. Vous aimez la forêt ? Témoignez votre passion en envoyant témoignages, contes, croquis, photos ou vidéos à : racontemoitaforet@onf.fr



Fransylva lance une mobilisation générale pour expliquer aux Français que la forêt est le premier capteur de CO₂ en France. Elle invite les politiques, la filière et les entreprises françaises à se réunir en novembre prochain pour venir découvrir et écouter la voix d'acteurs en région qui œuvrent au quotidien pour apporter des solutions au changement climatique. Une journée de réflexion, actions, discussion qui sera suivie d'une soirée animée par les jeunes forestiers. Le lendemain, place au grand public pour découvrir toute la place que la forêt occupe dans notre quotidien : forêt et énergie, forêt et design, forêt et eau, forêt et cinéma.

Plus d'informations sur www.forumforet.com



Contrôler pour mieux protéger

Le Centre national de l'expertise foncière, agricole et forestière – CNEFAF – représente deux professions réglementées des experts fonciers et agricoles et des experts forestiers, exerçant en France. Les 500 experts fonciers et 162 experts forestiers officiellement reconnus apportent aux particuliers ou professionnels une garantie de professionnalisme, de probité et d'indépendance. Répartis sur l'ensemble du territoire national, le métier d'expert demande des qualifications et des compétences élargies faisant appel à des connaissances expertales multiples et complexes. Le CNEFAF vérifie les diplômes et compétences professionnelles de chacun des membres ainsi que leur mise à jour par une formation continue obligatoire.

Liste des experts fonciers et agricoles et des experts forestiers disponible sur le site : www.cnefaf.fr

Carbone forestier, réflexion pour une politique maximisant les atouts du bois

Les écosystèmes forestiers français métropolitains stockent annuellement l'équivalent d'un tiers des émissions de CO₂ françaises, en captant 32 MtC/an. Le sol joue un rôle clé dans l'écosystème forestier en stockant plus de 50 % du carbone total. Le stock de carbone des forêts françaises métropolitaines est évalué à 2 211 MtC, dont 1 074 MtC dans le sol. Les stocks les plus élevés sont localisés dans les futaies à cycle sylvicole long. En comparaison, les produits bois situés sur le territoire français métropolitain représentaient environ 85 MtC. Le volume de produits bois récoltés chaque année dans la forêt française représente 20 MtC/an. Ces stocks sont à relativiser par la durée de vie des produits (analyse des cycles de vie). En plus, la substitution par le bois d'autres matériaux (acier, béton, aluminium) équivaldrait à 3 MtC/an. Un rapport détaille des recommandations de gestion forestière privilégiant le stockage carbone, tout en considérant les aspects économiques, écologiques et sociaux.

Réflexion pour une politique maximisant les atouts du bois : rapport de M. Rossi (40 p.) 2015- REFORA

EUFORMAG est le réseau européen de 8 revues forestières de pays différents (France, Italie, Espagne, Portugal). Le réseau EUFORMAG propose la diffusion des connaissances et des résultats scientifiques et techniques, des expériences concrètes, des points clés du contexte économique, social et juridique concernant le secteur, à plus de 10 000 propriétaires, ingénieurs et gestionnaires forestiers européens. La nouvelle newsletter permettra de relayer des sommaires des revues, afin d'accéder aux articles.





© J.-D. Martinet

Merci, président Hubert Leclerc de Hautecloque

Hubert Leclerc de Hautecloque a présidé la Fédération des Forestiers privés de France et l'Association nationale des Centres régionaux de la propriété forestière durant une trentaine d'années.

En 1963, il a œuvré, avec discernement et clairvoyance, à l'édification des CRPF et de son regroupement l'ANCRPF créée par la Loi Pisani. Il lui semblait indispensable que des sylviculteurs dirigent et œuvrent au développement des CRPF : « L'organisation professionnelle est faite pour les propriétaires forestiers pour les aider, les conseiller et non pour prendre leur place ni leurs responsabilités. ». D'ailleurs, l'adhésion des propriétaires de + de 4 ha aux CRPF fut démontrée par le taux élevé de participation - 41 à 42 % - aux 1^{res} élections des administrateurs de CRPF, soit un taux comparable à celui des chambres d'agriculture. Il a défendu ardemment la simplicité du Plan simple de gestion, selon lui « garante et de vos libertés et de son efficacité ».

Durant les 1^{res} années de développement des CRPF, il a régulièrement dû batailler pour leur financement, alors que le principe avait été plutôt imposé par l'État.

Sous sa houlette, de nombreuses réussites ou avancées en sylviculture furent également développées :

- > les éclaircies résineuses, solennellement lancées en 1974 dans le « Plan professionnel de la forêt privée »,
- > l'élagage, avec l'obtention de subvention FFN dès 1987,
- > le balivage avec Michel Hubert dès 1970, et également l'obtention d'aides à la conversion en futaie régulière en 1980.

Il donnera les impulsions pour les regroupements, comme les groupements forestiers : les CRPF ont ainsi contribué à créer les 1^{ers} groupements forestiers, les associations syndicales pour réaliser des pistes forestières des reboisements et des travaux de défense d'incendie. Il sera l'initiateur et appuiera le développement de la vulgarisation et du progrès technique comme les Cetef en 1962, les Fogefor dès

1983, ainsi que la formation des administrateurs des organismes de la Forêt privée. Enfin, il créa le réseau régional de placettes d'expérimentations et de démonstrations en 1982, attestant de l'importance de l'expérimentation durable propre à la forêt privée.

D'ailleurs il insistait sur la spécificité du long terme de la production forestière, assurant qu'il fallait le faire connaître et le rappeler constamment. Il tenait aussi à ce que tous les dispositifs soient accessibles à l'ensemble des propriétaires, y compris de petites surfaces. Au nom du bon sens et d'une meilleure représentativité, il a œuvré pour l'unité des organisations professionnelles des forestiers privés. Dès février 1965, prédisant ainsi son engagement au service des forestiers privés, le président Leclerc de Hautecloque déclarait : « La forêt est une grande dame chargée de traditions en même temps que d'avenir, il y a là un mélange fascinant, un équilibre majestueux, une leçon permanente, et c'est peut-être là, la raison profonde de sa vocation à susciter des dévouements ».

Soyez remercié pour votre dévouement au service des forestiers privés, qui vous doivent beaucoup. Vous avez ouvert une direction, dans laquelle nous continuons d'œuvrer à la promotion des actions des forestiers privés.

Antoine d'Amécourt, président du CNPF

- 1927 - naissance à Rabat
- 1959 - 2011 : président syndicat des Forestiers privés de la Somme
- 1960 : administrateur de la Fédération nationale des syndicats de propriétaires forestiers sylviculteurs
- 1965 - 1995 : président de la FNSPFS pendant 30 ans
- 1967 - 1992 : 1^{er} président du CRPF Nord-Pas de Calais-Picardie
- 1972 - 1997 : président de l'ANCRPF et de la Commission nationale professionnelle de la propriété forestière privée
- 1965 - 1994 : président de l'Union régionale des syndicats des forestiers privés du Nord de la France
- 1963 - 2011 : président du Groupement de gestion et productivité forestière d'Amiens, GGPF
- 1969 : membre titulaire de l'Académie de l'Agriculture
- 1964 : Chevalier du Mérite agricole pour son activité forestière
- 1971 : Chevalier, puis commandeur de la Légion d'honneur.
- 2015 : décès à Tailly (Somme)

Et si l'on osait la querciculture ?

Par Bertrand Le Nail¹⁾

Pour accroître la rentabilité d'une parcelle forestière, il faut réduire le temps de production et augmenter la valeur du produit vendu. Bertrand Le Nail, président du CETEF de la Mayenne, travaille dans ces deux objectifs : produire du chêne de haute qualité en 90 ans !

Cheminement d'un sylviculteur

Cet article expose le cheminement d'un sylviculteur de chêne qui, à travers **des reboisements effectués depuis 25 ans sur terres agricoles et en forêt, a pratiqué une sylviculture très dynamique.**

Cette nouvelle approche de sylviculture, que recommande Jean Lemaire dans son excellent ouvrage « Le chêne autrement », l'a conduit à

repenser les méthodes traditionnelles²⁾.

Il s'est engagé dans une voie qui semble aussi révolutionnaire que celle qui fit passer la classique culture des peupliers de bord de rivière à la populiculture moderne.

Considérant la croissance et le comportement des chênes champêtres³⁾, la démarche tente de produire en forêt des arbres comparables à ces champêtres. Et à mettre au point une sylviculture qui permette de produire des arbres de 5,50 m à 7,50 m de bille de grande qualité

1) Ingénieur en agriculture ESA, président du CETEF de Mayenne, responsable du groupe chêne des Pays de la Loire, sylviculteur, avec le concours d'Alain Decuq, ingénieur diplômé de l'École du Bois.

2) Dans le même temps, le groupe Chêne de l'IDF expérimentait de nouveaux itinéraires de sylviculture du chêne tendant vers un raccourcissement du cycle.

3) L'arbre champêtre est un arbre se développant en milieu non contraint qui jouie d'un espace illimité pour assurer son développement.



Chêne de 24 ans, hauteur élagué 6,5 m, très forte croissante circonférence 80 cm, arbre détourné tous les 3 ans ; malgré cette sylviculture très active, on constate que l'arbre situé en haut à gauche aurait dû déjà être enlevé, il creuse le houppier de l'arbre objectif et freine donc déjà son développement.

d'une circonférence supérieure à 2,50 m en moins de 100 ans (80 à 100 ans).

En effet, il fallait, dès lors que l'on faisait le choix de la sylviculture du chêne et que l'on plantait des parcelles avec cette essence, obtenir un résultat financier au moins équivalent à celui du peuplier, du douglas ou du noyer... Était-ce possible ?

Le simple calcul du coût de plantation et d'entretien, capitalisés à 2 % par an, devait donner un résultat positif et cela n'était possible qu'aux conditions suivantes :

- > raccourcir le cycle de production en le ramenant de 180/220 ans, à moins de 100 ans,
- > améliorer et uniformiser la qualité, et par voie de conséquence augmenter le prix du mètre cube produit.

La réflexion est partie de l'observation suivante. Pourquoi le travail fait sur le peuplier, le noyer, le merisier, le douglas, le pin maritime, qui a permis de raccourcir de moitié le temps de production de ces essences, grâce à une méthode rigoureuse de sélection génétique, puis de culture de l'arbre, et enfin d'éducation, en pratiquant des éclaircies précoces, des tailles de formation, d'élagage ; pourquoi ces méthodes, qui ont fait leur preuve sur ces essences, n'ont-elles pas été appliquées avec la même rigueur sur le chêne sessile et pédonculé ?

Et pourtant l'on a sous les yeux des chênes champêtres, qui à 85 ans atteignent 2,50 m de circonférence avec des accroissements annuels d'1,5 à 2 cm sur le diamètre, et des billes de pied parfaitement propres de 4 à 6 m avec des houppiers de plus de 15 m de diamètre, Pourquoi n'a-t-on pas posé le problème des effets réducteurs de la compression et de la concurrence (pour l'eau, les éléments minéraux et la lumière), sur la croissance du

chêne ? Pourtant, on sait que les surbilles n'ont pas de grandes valeurs, et donc que l'élongation des arbres est inutile. Aujourd'hui, on dispose d'autres moyens pour élaguer les arbres que de les compresser à l'infini.

Et ce, d'autant plus qu'il est facile par un examen attentif des souches des arbres exploités en forêt, de considérer l'accroissement de chaque individu après éclaircie et de regarder avec consternation les volumes perdus par ces années de compressions inutiles.

Il est facile aussi de constater que plus les arbres ont des houppiers étriqués, plus les éclaircies doivent être prudentes pour éviter le salissement, mais qu'à *contrario*, on peut aussi vérifier que les arbres puissants aux houppiers largement développés réagissent très bien aux éclaircies et ne se salissent pas ou vraiment très peu..

Alors... Et si l'on osait la querciculture ?

Les lignes qui suivent retracent d'abord la méthodologie choisie pour l'implantation et la sylviculture juvénile du chêne, qu'il soit sessile ou pédonculé.

Il est important de souligner que ces essais ont été pratiqués sur d'anciennes terres agricoles de bonne fertilité, mais que cette sylviculture est également applicable après des régénérations naturelles ou artificielles en forêt dès lors que les sols sont de qualité équivalente. Il est en effet illusoire de vouloir produire de bons arbres sur de mauvais sols, comme il serait stupide de vouloir produire du blé sur de mauvaises terres. Le coût de production sera identique, mais le résultat pourra aller de 1 à 20.

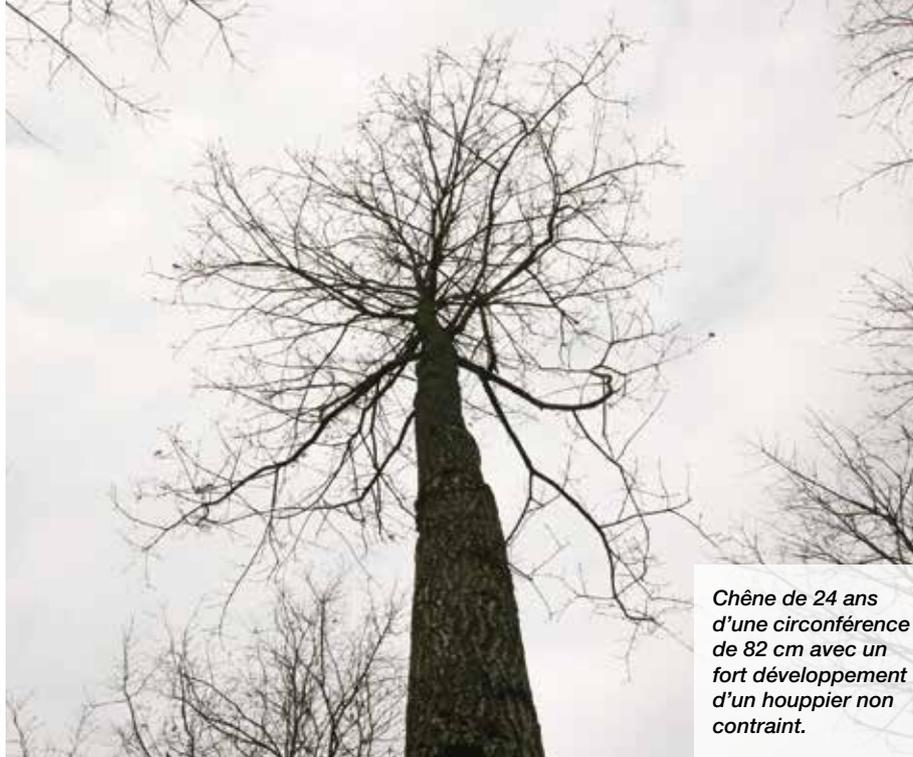
Choix et décisions par étapes

Confronté dans les années 85 à 90 à la libération d'importantes surfaces de terres agricoles dans l'Ouest de la France (Mayenne, Sarthe, Maine-et-Loire) et ayant choisi de les reboiser, la question s'est posée de savoir quelles solutions adopter pour réaliser ces boisements dans les meilleures conditions techniques et économiques. Puis de choisir des méthodes permettant d'éduquer ces arbres, et de les faire grossir le plus vite possible, sans affecter leur forme et leurs qualités techniques.

Comme nous devons faire face à la gestion de grandes surfaces à reboiser (plusieurs centaines d'ha), nous avons pris le parti de cultiver nos chênes comme des peupliers ou des noyers, selon les méthodes qui sont expo-

À gauche, le chêne au houppier contraint développe une surbille et donc une croissance moindre de la bille ; à droite le chêne détourné développe un houppier équilibré permettant une croissance rapide de la bille et l'absence de surbille.





*Chêne de 24 ans
d'une circonférence
de 82 cm avec un
fort développement
d'un houppier non
contraint.*



*Arbre développant un
houppier large et équilibré.*

sées ci-après, et qui donnent aujourd'hui des résultats spectaculaires. Nous allons vous les présenter. Ces méthodes cependant, posent aussi de vrais problèmes d'investissement, de gestion et d'étalement des revenus.

Dans un premier temps, avant de réfléchir aux éclaircies, il fallait installer les peuplements. Nous avons dû choisir entre les plantations classiques et les semis que plus personne ou presque ne pratiquait à l'époque.

Notre démarche a été la suivante, et nous vous livrons ci-après les observations et réflexions comparatives entre ces deux méthodes.

Avantages, contraintes des plantations

Les premiers reboisements ont été faits selon la méthode classique préconisée par l'administration et qui était bien rodée :

> Préparation du sol

- Labour profond après désherbage chimique au glyphosate (2 litres par hectare).
- Reprise du labour à la herse rotative.
- Plantation à la main ou à la machine de 2200 plants par hectare (3 m x 1,50 m) plant 30/50, racines nues, 1S1, origine certifiée.
- Protection éventuelle contre le gibier.
- Après plantation, un anti-germinatif était appliqué, limitant l'explosion des adventices,
- Dans les trois à cinq ans suivant la plantation, passage annuel de disques ou cultivateur pour le travail du sol.

Le prix de revient était assez élevé, de l'ordre de 2000 à 3000 €/ha, et les aides à la plantation étaient octroyées à l'année N + 1 et N + 4, nécessitant une forte avance de trésorerie.

Notons au passage que les subventions étaient importantes (aides « État-région » et primes compensatoires à la perte des revenus agricoles versées par le Cnasea), ces aides aujourd'hui sont supprimées ou très limitées.

Par ailleurs, dans ce type de plantation, le stress dû à la rupture du pivot en pépinière et à la transplantation et, également la compression juvénile insuffisante, induisait généralement une mauvaise forme de la tige dans ses trois premiers mètres, et la multiplication des fourches et grosses branches.

Il était donc indispensable d'intervenir (1 à 3 passages entre 3 et 12 m de hauteur, soit entre 8 et 15 ans environ) pour effectuer des tailles de formation.

Celles-ci ont été réalisées sur 100 à 120 tiges hectare minimum, pour être sûr d'obtenir à terme, 60 à 80 tiges bien réparties, correspondant aux sujets ayant le maximum de potentiel. En effet, l'expérience démontre que des sujets d'avenir, choisis trop jeunes, peuvent être rattrapés et dépassés par des sujets non retenus, mais se révélant plus tardivement.

Il est à noter à ce propos, que les tailles de formation freinent le développement des arbres sur lesquels on est intervenu. Ce stress fait que souvent l'arbre voisin sur lequel il n'y a pas eu d'intervention, prendra le dessus.

Une taille de formation sévère doit donc obligatoirement s'accompagner d'un léger détourage de l'arbre sur lequel on est intervenu.

Le coût élevé de la plantation et des interventions de tailles de formation nous a incités à rechercher une solution plus avantageuse.

Nous avons donc voulu tester les semis.

Innovations liées au semis

Il s'agissait alors d'un retour en arrière, mais, étant de formation agronomique, et déjà agriculteur et sylviculteur dans les départements de la Mayenne du Maine et Loire et de la Sarthe, je décidais de profiter de cette opportunité pour regarder, essayer, comprendre.

Les terrains à semer étaient d'anciennes



Alain Colimot - IDF © CNPF

Dépressage
d'un semis de chênes.

terres de polyculture et élevage d'assez bonne qualité, composées de limons profonds sur schistes dégradés ou argiles prospectables. Les questions étaient nombreuses :

- > où se procurer les semences ?
- > comment les conserver ?
- > quand semer, à l'automne, au printemps ?
- > à quelle profondeur semer ?

> comment gérer le désherbage, et l'éducation de la plantule, jusqu'à ce qu'elle soit tirée d'affaire ? Rapidement, la méthode s'est affinée et quelques grands principes se sont dégagés :

- > désherber soigneusement les sols mécaniquement ou chimiquement,
- > sous-soler plutôt que labourer, et effectuer un travail du sol de surface,

> préférer les semis de printemps à ceux d'automne. En effet, si le semis d'automne, plus proche de la nature, permet le développement du pivot pendant l'hiver, la vulnérabilité du gland à l'humidité et aux moisissures ou aux pourritures qui en résulte, aux prédateurs innombrables (corvidés, sangliers, mulots...) rend la réussite de sa levée aléatoire.

Le semis de printemps est préférable à condition qu'il soit précoce pour que les deux premières feuilles de la plantule soient cuticulées avant la première apparition de l'oïdium, et que le pivot ait le temps de descendre pour assurer une bonne alimentation en eau pendant la sécheresse estivale. Les mois de mars et d'avril semblent favorables.

- > se procurer des glands d'origine certifiée, ayant été soigneusement récoltés et conservés. Ne pas les laisser entreposés dans des sacs et les semer dès la sortie des frigos. Les attaques de moisissures étant rapides et dévastatrices.

> préparer très soigneusement ses sols. Le semis de glands s'apparentant à tous les semis de graines agricoles, comme par exemple le maïs. Le sol doit être propre, et avoir été si possible, précédé par des cultures agricoles qui l'auront « nettoyé » en ayant éliminé le plus gros des graines ou racines des principales espèces adventices.

En effet, le semis est un travail de pépiniéristes, de « naisseurs », qui demande des précautions particulières. La plantule est fragile et peut être détruite par une couverture végétale excessive. Les graminées, notamment, exercent une concurrence très forte.

Le sol doit être finement préparé. Un décompactage et un travail superficiel du sol sont préférables à un labour profond. Le semis se réalise à la machine, à une profondeur de 3 à 5 cm. La densité souhaitable me semble être de 100 kg à l'hectare, soit 120 litres ou encore 20 000 à 22 000 glands/hectare. (Un gland tous les 15 cm sur des lignes espacées de 3 m) La levée est d'environ 10 000 à 15 000 plants à l'hectare en moyenne, lorsque tout se passe bien.

Il est plus facile de gérer l'excédent que la pénurie, d'autant que le principal intérêt des semis, en implantant 10 000 plants l'hectare, est de disposer d'une forte densité juvénile permettant une grande sélection naturelle et l'expression des meilleurs. Nous avons fait des essais à 60 kg/hectare, que nous avons regrettés quand tous les prédateurs (mulots, lapins, corbeaux, liserons...), chacun à leur tour sont intervenus. La levée est aléatoire et peut s'étaler sur plusieurs mois.

Le contrôle des adventices est important et d'autant plus délicat que la réglementation en matière d'emploi des herbicides en forêt devient draconienne.

Sur sol initialement propre, (antécédent culturel : plusieurs années de cultures désherbées chimiquement ou sarclées), le passage annuel d'un outil pendant trois à cinq ans est indispensable.

Des disques font très bien l'affaire et sont préférables au rotovator qui bat le sol, ou au cultivateur, qui au-delà des années N + 2 ou N + 3, risque de sectionner les racines traçantes des chênes. Par ailleurs, ce dernier n'élimine pas les dicotylédones à pivot (chardons, rumex...). En principe à l'année N + 3, les jeunes arbres peuvent atteindre 1 m et leur croissance rattrape celle des arbres issus de plantation...

À trois mètres de hauteur, la sélection

Dès que les arbres dominants atteignent la hauteur de 3 m, il est indispensable de procéder à un dépressage très énergique, pour ramener la densité à 2 200 tiges hectare (3 m par 1,50 m). La sélection s'opère en gardant la meilleure tige tous les 1 à 2 m. Ce travail va demander quatre journées d'homme à l'hectare. Les arbres sont coupés à 1 m du sol, pour ne pas se baisser et pour limiter la hauteur et le poids des tiges à ranger une ligne sur deux. Ce travail s'effectue à la tronçonneuse légère. Le temps de travail peut être évalué à 4 journées d'homme par hectare, dont le coût à l'entreprise représente environ 1 000 € HT l'hectare. Et c'est à ce stade que l'on peut intervenir de la même manière dans les régénérations artificielles ou naturelles en forêt.

Lorsque les arbres dominants atteignent la hauteur de 5 m, leur densité est ramenée à 1 000 à 1 200 tiges hectare, soit environ 3 m par 2,50 m. Ce dépressage se fait aussi à bois perdu. Son coût peut être évalué à 500 € l'hectare. L'excellente forme juvénile des arbres issus de semis, leur élancement, la forme de leur houppier obtenue par une décompression progressive et constante, font qu'en principe, cette méthode culturale nécessite très peu de taille de formation. Les arbres n'étant pas serrés, les fourches « tournent en branches » beaucoup facilement. Une intervention pour éliminer quelques grosses branches sur 80 à 120 tiges hectare semble être un maximum, mais demeure nécessaire, car c'est sur les individus à plus fort développement que le risque de fourches ou de grosses branches est le plus important. Cet élagage peut se faire à la canne à élaguer et représente à peu près

deux jours de travail à l'hectare, soit un coût entreprise de 600 € HT l'hectare.

Meilleurs résultats des semis par rapport aux plantations

Le très large échantillon étudié, portant sur plusieurs centaines d'hectares de semis ou de plantation, effectué avec les mêmes soins, les mêmes origines de plants sur des sols comparables, dans la même région, et dans les années à pluviométrie comparables, permet de tirer les enseignements suivants :

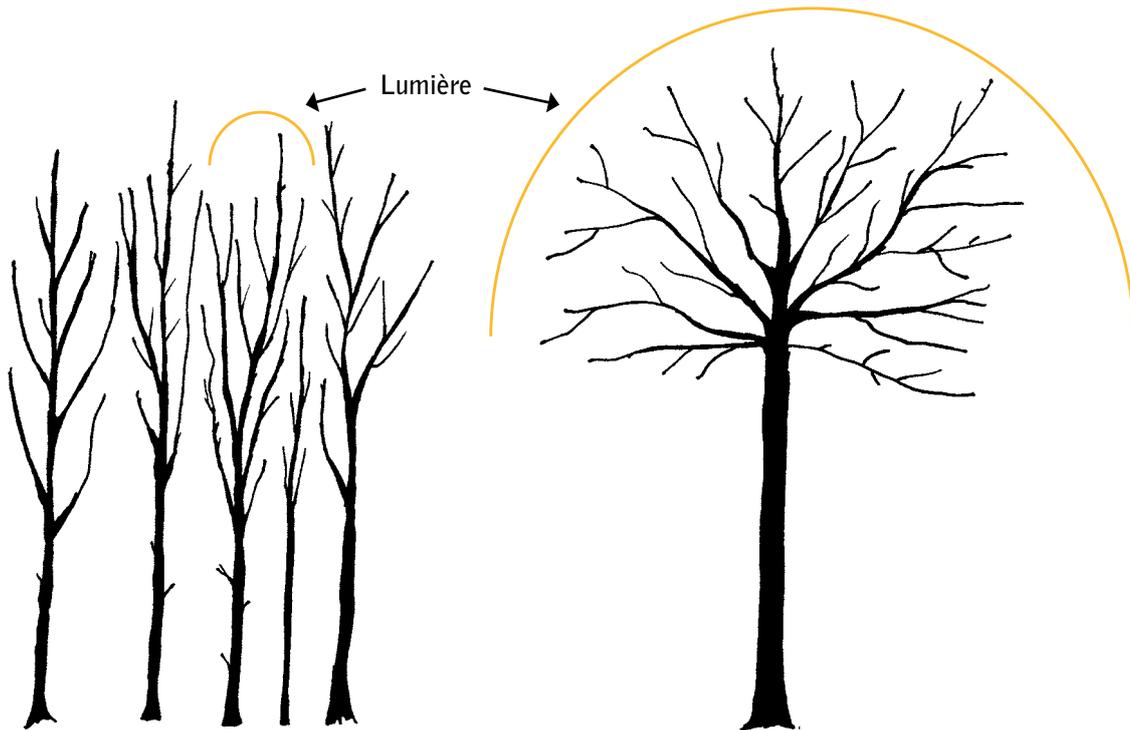
- > les semis donnent de bien meilleurs résultats que les plantations quant à la qualité des arbres et à leur forme. En effet, les tiges sont plus droites, sans défauts, et nécessitent moins d'intervention au niveau des tailles de formation ;
- > le nombre d'arbres installés à l'hectare augmente le nombre de sujets ayant le meilleur potentiel génétique adapté à la station ;
- > le nombre d'arbres installés (5 à 7 fois plus important dans un semis) limite les dégâts de gibier et le coût des protections individuelles ;
- > au niveau des coûts, le semis est moins cher à l'installation, mais le coût des dépressages efface, en grande partie, cette différence.

Semis âgé de 20 ans, dépressés puis éclaircis tous les 5 ans : on constate que si la forme des arbres est remarquable, le détourage des arbres-objectif n'a pas été suffisamment énergique et le développement de la surbille n'a pas été bloqué, l'arbre continue sa croissance en hauteur au détriment de l'étalement du houppier, qui seul est garant d'une forte croissance de la tige en circonférence.



© B. Le Néaïl

Comparatif de développement contraint ou non contraint de houppier de chêne



- > Sujets de 25 ans, non dépressés et non élagués
- > Nombreux défauts, fourches, nœuds noirs
- > Explosion de gourmands lors des éclaircies
- > Volume de bois produit / ha de faible qualité
- > Rotation de 150 à 180 ans.

- > Sujet de 25 ans travaillé : dépressé, éclaircie 2 à 3 fois
- > Bille de pied de 5,50 m à 7,50 m parfaite
- > Pas ou peu de risque de salissement de la bille
- > Haute valeur concentré sur la bille de pied, pas de sur bille
- > Rotation de 80 à 100 ans.

Dessin Bertrand Le Nail

Cependant, les semis sont à réserver de préférence aux sylviculteurs avertis, du fait des soins qu'ils requièrent, ou à réaliser par des professionnels expérimentés. La gestion des semis semble également aléatoire lorsque les populations de sangliers sont importantes. Dans les deux cas, semis ou plantations, **à la condition que les dépressages, éclaircies et élagages aient été conduits à temps, à un rythme fréquent** (tous les trois ans environ), dès que l'arbre a atteint 7 à 8 m de hauteur, nous avons obtenu sur des bons sols, des arbres qui **à 22 ans, ont une bille élaguée de 6,5 à 7,5 m. et une circonférence moyenne de 70 cm**, certains sujets dépassant les 75 cm. Les accroissements annuels des arbres objectifs sont de l'ordre de 0,5 à 0,8 cm sur le rayon, soit une moyenne de 0,7 cm, soit un accroissement de 1,4 cm par an sur le diamètre, et d'environ 4 à 5 cm sur la circonférence.

Accompagner la croissance de « Formule 1 »

Les arbres ont des houppiers qui se développent à très grande vitesse (diamètre moyen du houppier à 20 ans : 6 à 8 m) ne rencontrant jamais le houppier du voisin.

Anticiper l'aire du houppier

Ces puissants houppiers ne doivent en aucun cas toucher les houppiers des voisins, dont ils doivent être séparés d'au moins 2 mètres pour que la lumière latérale pénètre dans tout le volume du houppier. L'accroissement moyen annuel du diamètre du houppier est alors de 60 cm à 1 mètre. Dans ces conditions, on constate que les arbres ne se salissent pas lors des éclaircies, et l'apparition de gourmands est tout à fait exceptionnelle. Le sous-étage, concurrent des arbres objectifs, ne se justifie donc plus. Cinq ans après, les houppiers ont donc gagné entre 3 et 5 mètres de diamètre. Les arbres sont alors espacés de 9 mètres.

À 30 ans, les houppiers ayant encore gagné 3 à 5 mètres de diamètre, les arbres seront à 12 mètres les uns des autres, et seront au nombre de 70 à l'hectare, soit le peuplement final escompté. Ces arbres devraient, à 85 ou 90 ans maximum, et sur de bons sols, comparables aux nôtres, produire un volume de 2,5 m³, soit 175 m³/hectare de bois homogène de grande qualité. Mais sans pratiquement de récoltes intermédiaires entre 30 et 85 ans, et sans production de surbille d'aucun intérêt économique. On évite également les tassements des sols.

Tableau 1 - Récapitulatif et comparatif des produits entre une sylviculture classique et la querciculture

Sylviculture classique				Querciculture			
Année	Volume extrait	Prix unitaire	Total récolté en €	Année	Volume extrait	Prix unitaire	Total récolté en €
30	40 st	10 €/ st	400 €	15	50 st	10 €	500 €
40	40 st	10 €/ st	400 €	20	50 st	10 €	500 €
50	50 st	10 €/ st	500 €	25	50 st	10 €	500 €
60	50 st	10 €/ st	500 €	30	50 st	10 €	500 €
Total	180 st / 120 m ³		1 800 €	Total	200 st / 133 m ³		2 000 €
70	50 st	30 €/ m ³	1 050 €				
80	50 st	30 €/ m ³	1 050 €				
90	60 st	40 €/ m ³	1 600 €	90	180 m ³	300 €	54 000 €
100	60 st	50 €/ m ³	2 000 €	Plus 250 stères (166 m ³) de bois de chauffage 2 500 €			
110	60 st	70 €/ m ³	2 800 €				
120	60 st	100 €/ m ³	4 000 €				
Total	340 st / 220 m ³		12 500 €	Total général	479 m ³		58 500 €
Plus 100 stères de bois de chauffage à 10 € le stère : 1 000 €				Frais de reconstitution minimum (5 à 8 000 €/ha selon les cas) - 5 000 €			
130	40 m ³	100 €/ m ³	4 000 €				
140	40 m ³	100 €/ m ³	4 000 €				
150	40 m ³	110 €/ m ³	4 400 €	Deuxième rotation sur 90 ans équivalente à la précédente 58 500 €			
160	40 m ³	110 €/ m ³	4 400 €				
170	40 m ³	120 €/ m ³	4 800 €				
180	120 m ³	300 €/ m ³	36 000 €				
Total	320 m ³		57 600 €	Total			58 500 €
Plus 300 stères de bois de Chauffage à 10 € le stère 3 000 €							
Total général	926 m ³		75 900 €	Total général	958 m ³		112 000 €

Des arbres définitifs à 30 ans

Nous en arrivons à une sylviculture comparable à celle du noyer ou du peuplier à l'exception près que nous accompagnons la nature dans le stade juvénile des arbres (semis, ou plantation à haute densité, éclaircies très précoces et fréquentes, tailles de formation et élagages). C'est à partir de 30-35 ans que nous nous retrouvons dans le même type de sylviculture (que celle du peuplier ou du noyer) : avec des arbres définitifs qui n'ont plus qu'à grossir et dont le développement considérable des pieds, lié à l'absence d'arbres voisins, permet un grossissement très rapide de la bille et le non salissement de celle-ci.

À ce sujet, on remarque ceci :

> le développement latéral des houppiers, qui dans cette méthode culturale ne doivent jamais rencontrer leurs voisins, est de l'ordre de 30 à 60 cm par an sur le rayon dans la période de croissance entre 20 et 50 ans ;

> un tel développement des houppiers interdit l'apparition de gourmands, à condition bien sûr que tous les chênes à épécormiques¹⁾ aient été éliminés lors de la sélection des brins. En effet, plus le houppier est large et puissant, plus la pompe, qu'il constitue, tire et moins l'apparition de gourmands, prémices de descente de cime, est possible. De plus, le large

parapluie que constitue alors le houppier, diminue l'éclairage sur le tronc et, en réduisant la lumière, limite l'apparition de bourgeons ;

> la plupart des arbres vont connaître une moindre élévation et un développement du houppier de forme champêtre, avec de nombreuses grosses branches et une surbille avortée, voire inexistante ;

> la conicité des fûts sera moindre (Coefficient de forme 0,75 à 0,80) ;

> la qualité sera homogène et donc plus adaptée aux besoins des industriels. Nous aurons un grain plus grossier, mais nous augmenterons le bois final dans le cerne annuel. Nous aurons donc des chênes plus denses, certainement d'apparence moins claire, donc aux qualités technologiques corrélées.

> l'arbre « individu », profitera au maximum du potentiel de la station, sans que la production soit affectée par la végétation concurrente installée ou conservée pour maintenir la compression, forcer l'arbre à monter et à s'élaguer naturellement.

70 « athlètes » à l'hectare

En fait, l'objectif est de concentrer toute la production de matière sèche sur un nombre limité d'individus et sur des bois produisant une valeur unitaire la plus élevée possible.

1) Les bourgeons présents, qui restent latents à la base des branches des chênes, sont qualifiés de bourgeons épécormiques.

En effet, pourquoi développer un accompagnement qui va produire un volume hectare important, dont la valeur est nulle (bois de chauffage au mieux), et pourquoi ne pas concentrer cette production de matière dans le fût de l'arbre.

C'est, toute proportion gardée ce que l'on fait en populiculture, où il n'y a ni bourrage, ni accompagnement, ni tolérance d'une végétation herbacée, pour que la totalité du potentiel de production de la station soit concentré dans les 150 peupliers que l'on a choisi de planter à l'hectare. Cette sylviculture devrait à terme, comme pour le noyer ou le peuplier, ne produire que deux qualités de bois :

- > celle du fût, de qualité 1^{er} choix homogène (menuiserie, ébénisterie, merrain et éventuellement tranchage),
- > celle du houppier (bois de chauffage).

Les surbilles disparaissent.

Evidemment, lorsqu'à 30 ou 35 ans, voire 40 ans, on a obtenu le peuplement définitif, il n'y a plus de récoltes intermédiaires.

Arbre puissant et équilibré d'une croissance remarquable développant un large houppier.



En conclusion, cette méthode qui s'apparente à la populiculture peut apparaître coûteuse. Elle nécessite en effet, un suivi rigoureux, constant et technique mais sur une période réduite. Chaque opération doit être faite en son temps. Cette méthode supprime la régularité des revenus liée à la récolte des produits intermédiaires, mais elle doit permettre de donner une véritable rentabilité à la culture du chêne. En effet :

- > d'une part, le cycle de production est raccourci de moitié. Rappelons que 100 € à l'année 1, capitalisés à 2 % sur 90 ans donnent 582,70 €. Et que 100 € à l'année 1, capitalisés à 2 % sur 180 ans donnent 3462,80 €.
- > les scieries artisanales acheteuses traditionnelles des produits issus des forêts familiales, qui assuraient une fonction première de trieur et de répartiteur des différents produits du chêne, sont malheureusement en voie de disparition.

Elles séparaient dans chaque lot de chêne, jusqu'à 6 et 8 qualités différentes (merrain, tranchage – ébénisterie, menuiserie 1 et 2, charpente 1 et 2, traverse, palette, chauffage...).

Les acheteurs modernes de plus en plus industrialisés, n'assureront plus cette fonction, exigeant de plus en plus des lots importants et de qualité homogène pour satisfaire les besoins du marché actuel.

L'intérêt du sylviculteur est donc de s'adapter aux exigences de ce marché nouveau et d'anticiper.

L'objectif est de produire un arbre avec un fût régulier, homogène et de haute qualité technique qui sera utilisé par un seul industriel et qui permettra au sylviculteur de bien mieux valoriser sa production.

Constats et confirmations

Sur le volume

Nous constatons qu'à 180 ans le nombre de mètres cubes de bois marchand produit est sensiblement le double de celui produit en 90 ans. Ce qui est logique, puisque dans les deux systèmes, tous les bois marchands sont valorisés et qu'un hectare de terre produit à conditions égales, la même quantité de matière verte ou sèche par an.

Sur le résultat économique

Nous constatons qu'en s'efforçant de répartir cette matière sèche produite à l'hectare sur un plus petit nombre de tiges, mais toujours en optimisant cette répartition de manière spatiale

Querciculture
Croissance rapide et qualité standardisée

Points forts	Points faibles
<p>Qualité standardisée permettant une utilisation industrielle plus aisée et de meilleur prix de vente.</p> <p>Bois avec très faible conicité et une qualité haute et uniforme. donnant un bon rendement matière et une productivité importante.</p> <p>Un chêne qui reste du chêne, mais avec une augmentation des propriétés technologiques.</p>	<p>Pas de récolte intermédiaire.</p> <p>Pas d'aspect forestier.</p> <p>Soins précis au stade juvénile 0 / 20 ans. Véritable sylviculture s'apparentant à celle du peuplier.</p> <p>Élagage artificiel indispensable.</p> <p>À faire certifier (traçabilité).</p> <p>Bois à usages spécifiques.</p>

et qualitative, on produit un maximum de bois de grande qualité et de grande valeur.

Un rapide examen du tableau met en évidence, que dans un cas il est produit 75 900 € en 180 ans, que dans l'autre cas (querciculture), il peut y avoir deux récoltes sur la même période, de 58 500 € chacune, soit 117 000 € desquels il faut déduire 5 000 €/ha sur la deuxième période, puis qu'il faut tenir compte de la reconstitution entre les deux récoltes.

Sur le rendement financier

Si l'on rappelle pour mémoire, que 100 € capitalisés à 2 % par an, donnent 582,70 € à 90 ans, mais que ces mêmes 100 € capitalisés sur 180 ans, donnent 3 462,80 €, en toute logique financière, les 5 000 € nécessaires à l'implantation d'un peuplement de chêne, par semis, plantation ou régénération naturelle devraient à 180 ans produire 173 000 € de bois (5 000 € x 34,62!!!) or nous ne produisons que 75 000 €. Par contre, dans la formule « querciculture », sur deux cycles de 90 ans, nous devrions produire 173 000 € pour justifier la rémunération de l'investissement et nous pouvons y arriver, puisqu'au poste recettes, nous avons :

> À 90 ans, récolte cumulée de 58 500 €,
 > À 180 ans, deuxième récolte cumulée de 58 500 €,
 > et à 180 ans aussi, rémunération des 58 500 € de la première récolte que nous aurons placé à 2 % sur 90 ans, après avoir déduit les frais de reconstitution pour la deuxième récolte.

Or, 58 500 € — 5 000 € capitalisés à 2 % donnent 311 370 €

Ce qui donne en théorie :

[58 500 € (première récolte) — 5 000 € de reconstitution] x 5,82 (coefficient de capitalisation) = 311 370 € + 58 500 € (deuxième récolte) = 369 870 €.

La seconde méthode rapporte donc 4,8 fois

plus que la première. Évidemment, le lecteur objectera que n'ont pas été pris en compte l'indexation et la rémunération du capital foncier, les impôts et taxes de toute nature (impôts sur le revenu, taxes foncières, ISF, droits de mutation à titre onéreux et gratuit etc.

Mais nous n'avons pas tenu compte non plus, de la chasse ou des autres fonctions récréatives de la forêt qui peuvent justifier l'investissement improductif dans ce type de bien.

Ce calcul proposé à Jean de La Fontaine aurait donné lieu à la place de la fable « Perrette et le pot au lait », à une fable non moins fameuse qui aurait pu s'intituler « Le sylviculteur mayennais rêvant sous son chêne » !

Il n'en reste pas moins, que sans travailler à la fois sur la qualité des bois et sur la réduction de la durée des cycles, il n'y aura pas de rentabilité forestière possible avec le chêne.

Pour ces calculs, les prix ont été conservés en euros constants, et il n'a pas été tenu compte volontairement de l'amortissement du capital foncier puisque n'ont pas été pris en compte la fiscalité, l'agrément, la chasse...

Par contre, bien des questions restent posées et pourraient faire l'objet d'études prochaines. Quelle sera la proportion d'aubier ? L'aubier sera-t-il encore un handicap à l'utilisation ! Comment se comporteront ces bois à structures fortes ayant poussés vite ? etc. Nous avons encore bien des sujets d'études... ■

Résumé

Bertrand Le Nail pratique une sylviculture dynamique pour produire des chênes de haute qualité en 90 ans. Les éclaircies vigoureuses et des élagages durant 20 ans sont concentrés sur 70 tiges / ha. Des grumes parfaites sur 7,5 m de hauteur, produites en 90 ans, d'une circonférence de 2,5 m, soit un volume d'environ 2,5 m³, pourront être vendues à plus de 300 € / m³. La rentabilité des deux sylvicultures (dynamique et traditionnelle) est comparée.

Mots-clés : sylviculture dynamique, chêne, rentabilité comparée.

Jérôme Loutrel, un forestier impliqué

Rendre hommage à Jérôme, c'est mesurer la perte non seulement du forestier remarquable, mais surtout de l'irremplaçable ami. Jérôme possédait des talents et qualités rarement réunis en un même homme.

Son parcours professionnel lui avait conféré des compétences financières recherchées. Son énergie inépuisable, sa ténacité, sa probité intellectuelle, son inlassable volonté de transmettre connaissances et savoir-faire aux générations futures le distinguaient parmi ses pairs. Pourvu d'une vision économique pragmatique, jamais entachée d'un quelconque intérêt personnel, Jérôme a réveillé l'intérêt de maints propriétaires privés.

Toujours à l'écoute des entrepreneurs, Jérôme a su agir dans un parfait esprit d'équipe pour le développement de la filière bois à travers



la création de Forinvest Business Angels, de Normandie Forêver ou de Sylvamap. Son sens de la communication le portait sur tous les fronts, favorisant l'échange entre les divers acteurs de la forêt.

Cet hommage serait incomplet sans l'évocation de l'ami. Jérôme était chaleureux, curieux d'esprit et humble. Sa merveilleuse et constante gentillesse n'avait d'égal que son amour des arbres. Toujours disponible pour ceux qui partageaient sa passion de la forêt, Jérôme était un homme rare et bienveillant. Il avait cette qualité peu commune : l'intelligence du cœur.

Cher Jérôme, tu vas nous manquer, mais tu continues de nous accompagner par ton sourire lumineux et tes idées les plus légitimes.

Dominique Orcel-Poulet

Présidente du CETEF de Haute-Normandie

Les CETEF et groupes de développement forestier perdent un ami, un guide, un porte-parole estimé. Homme de conviction et d'engagement, il parlait en leur nom, il portait leur voix, haute et claire, dans les différentes instances régionales et nationales où il intervenait.

Dès son arrivée à la présidence du CETEF de Seine-Maritime, son expérience et ses convictions l'ont poussé à développer le contact et l'échange, d'abord avec les CETEF de sa région, puis rapidement avec ceux des contrées plus lointaines. Fort de cet état d'esprit, c'est tout

naturellement qu'il a initié le projet plus ambitieux de réunir les CETEF et groupes de développement dans une charte d'organisation partagée. Son idée était simple : donner une envergure, une visibilité, et une reconnaissance nationale aux associations en les rassemblant autour de valeurs et pratiques communes. « Nous ne sommes pas visibles, donc nous n'existons pas », disait-il. Sa détermination et son charisme naturel, allié à un grand appétit de conciliation, ont très vite convaincu un petit groupe de présidentes et présidents à le suivre dans cette voie. Ainsi est né le « Schéma de convergence des CETEF et GDF » qu'une soixantaine d'organismes à travers la France a déjà approuvé et rejoint.

« Faiseux » plutôt que « diseux », pour reprendre une expression de sa Normandie, Jérôme a immédiatement appliqué les préceptes du schéma de convergence : fusion des CETEF « Seine-Maritime »

et « Eure » en un seul organisme, le CETEF « Haute-Normandie » (« il faut simplifier toute cette organisation compliquée », disait-il) ; recrutement de CETEF partenaires pour le développement en commun d'un logiciel de gestion forestière (CartoDF) ; rôle de porte-parole régional et national assumé avec détermination ; soutien à l'organisation des InterCetef nationaux. Jérôme était aussi un homme profondément humain. Très observateur et très à l'écoute, il savait déceler et mettre en valeur les qualités de chacun. À titre personnel, il m'a soutenu, encouragé, fortifié à plusieurs reprises

dans mon rôle de secrétaire du groupe des présidentes et présidents qu'il coordonnait. Ce fut un grand plaisir et une grande richesse que de travailler avec un homme aussi respectueux et rassurant. Jérôme s'en est allé, mais il a donné vie et consistance à la famille des CETEF et groupes de développement forestier, famille qu'il a lui-même nommée « Groupes de progrès de la forêt privée ». La communication nationale des associations va désormais s'organiser sous cette appellation.

Ainsi nous penserons toujours à vous, Jérôme, vous serez toujours avec nous, avec votre CETEF et tous les autres groupes pour lesquels vous avez porté la voix et tracé le chemin de la convergence.

Merci, président Loutrel.

Alain Colinot, coordinateur des Groupes de progrès de la forêt privée

La voix des CETEF

La scarification du sol et le dosage du couvert forestier permettent l'installation de la régénération naturelle

Par Mathieu Dassot¹⁾²⁾³⁾, Léon Wehrle¹⁾²⁾, Catherine Collet¹⁾²⁾

L'installation de la régénération naturelle est parfois difficile, notamment dans les forêts où la compétition avec la strate herbacée est forte. Quelles nouvelles méthodes de contrôle de la végétation sont alternatives aux traitements chimiques ? L'équipe MGVF de l'Inra de Nancy expérimente des outils mécaniques innovants montés sur mini-pelle en forêt de moyenne montagne et présente des résultats.

La régénération naturelle des forêts est une phase cruciale et délicate. Des situations de blocage peuvent perdurer plusieurs années quand les semis ne parviennent pas à s'installer et à survivre après ouverture du peuplement. La concurrence de la végétation herbacée et la qualité des semenciers sont parmi les principaux facteurs à l'origine de ces blocages, de même que la pression des herbivores, des pathogènes ou encore les contraintes édaphiques et climatiques.

La végétation interfère avec la régénération principalement selon deux mécanismes. Tout d'abord, elle constitue une barrière qui empêche l'arrivée des graines sur le sol minéral, lorsque la décomposition lente de la matière organique et de la biomasse morte forme un humus épais. Ensuite, elle entre en compétition avec les semis pour les ressources du milieu (eau, lumière, éléments minéraux), tout particulièrement lorsque ces ressources sont limitantes. Pour assurer l'installation et la survie des semis, il est alors nécessaire de contrôler la végétation voisine, qu'elle soit morte ou vivante.

Le peuplement adulte produit des graines, qui peuvent se disperser à des distances variables selon les essences. La proximité du peuplement adulte est ainsi un facteur important de la réussite de la régénération. Néanmoins, lorsque le peuplement adulte est maintenu au-dessus de la régénération, il entre en compétition avec les semis, réduisant leur survie et leur croissance. Simultanément, il entre en

compétition avec la végétation spontanée, réduisant ainsi son impact négatif potentiel sur les semis. Le dosage du couvert doit prendre en compte ces différents effets pour définir le niveau d'ouverture qui permettra d'obtenir une production de graines bien répartie sur la parcelle et de contrôler la végétation sans limiter les ressources disponibles pour les semis.

Des expérimentations sont menées par l'équipe MGVF du Lerfob (Centre Inra de Nancy-Lorraine) en partenariat avec l'ONF (DT Alsace), pour analyser l'effet combiné du couvert forestier et de différentes méthodes de préparation du site. Ces méthodes de préparation visent à contrôler la végétation, à éliminer l'humus et/ou à travailler le sol : traitement chimique, préparations mécaniques (outils montés sur mini-pelle) et installation d'une couverture végétale.

Sites expérimentaux

Le projet a été initié en 2009. Il s'appuie sur deux sites expérimentaux situés en Alsace, où le blocage de la régénération était déjà effectif. Les deux sites possèdent des historiques de gestion, des peuplements forestiers et des communautés végétales très différents :

> le site de Petite Pierre (PP) est un peuplement régulier de hêtre situé en forêt domaniale de la Petite Pierre (altitude 387 m). Le sol est acide (pH 4) et de type sablo-limoneux sur grès. La hauteur moyenne de ce peuplement est d'environ 20 m. La végétation au sol est majoritairement composée de **myrtille** (*Vaccinium myrtillus*, Figure 1).

1) Inra, UMR 1092, Lerfob, Mission de la gestion de la végétation forestière MGVF, route d'Amance, F-54280 Champenoux prenom.nom@nancy.inra.fr

2) AgroParisTech, UMR 1092, Lerfob, Mission de la gestion de la végétation forestière MGVF, 14, rue Girardet, F-54000 Nancy.

3) EcoSustain, Bureau d'études en Environnement, Recherche et Développement, 31, rue de Volmerange, F-57330 Kanfen.



Figure 1 - Végétation concurrente dans les deux sites : myrtille à gauche (site de PP), fétuque géante à droite (site de WE).

> le site de Wintzenheim-Eguisheim (WE) est un peuplement mélangé de hêtre et de sapin pectiné situé dans les forêts communales de Wintzenheim et d'Eguisheim (altitude 751 m). Le sol est acide (pH 4) et de type sablo-limoneux sur granite. La hauteur moyenne de ce peuplement est d'environ 27 m. La végétation au sol est majoritairement composée de **fétuque géante** (*Festuca gigantea*, Figure 1).

Préparation des sites

Des placettes (25 m x 25 m) sont installées dans les deux sites (10 sur le site PP, 12 sur le site WE). Sur chaque site, le couvert forestier est maintenu en place pour la moitié des placettes et coupé pour l'autre moitié. Ainsi, le site PP est composé de 5 placettes « sous couvert » et 5 placettes « en trouée » et le site WE de 6 placettes « sous couvert » et 6 placettes « en trouée ».

Chaque placette est ensuite divisée en cinq bandes parallèles de 5 m de largeur, chaque bande correspondant à une méthode différente de préparation du site. Ainsi, dans chaque placette, cinq méthodes de préparation du site sont comparées (Figure 2) :

- **Témoin (TE)** : maintien de la végétation spontanée, sans aucune intervention. Cette modalité sert de référence.
- **Herbicide (HE)** : élimination de la végétation au sol par l'application de glyphosate en traitement localisé (2 160 g/ha).
- **Pioche herse® (PH)**¹⁾ : utilisation de l'outil PH²⁾ monté sur mini-pelle. L'outil pioche le sol jusqu'à 25 cm de profondeur, arrache la végétation et décape la matière végétale morte et l'humus. Il pose la végétation extraite sur des mini-andains à côté de la zone travaillée.
- **Scarificateur réversible® (SR)**¹⁾ : utilisation

de l'outil SR²⁾ monté sur mini-pelle. L'outil réalise un bêchage du sol jusqu'à 40 cm de profondeur. Il extrait complètement la végétation et assure une décompaction du sol sans retournement des horizons pédologiques. Il pose la végétation extraite sur des mini-andains à côté de la zone travaillée.

- **Couverture végétale (CV)** : semis de plantes sélectionnées pour leur moindre compétitivité vis-à-vis de la régénération, après préparation à la Pioche herse®. Cette technique permet de ralentir la réinstallation de la végétation spontanée et très compétitrice. Le mélange de plantes utilisé, semé avec une densité de 1 g/m², est composé des espèces suivantes : alliaire officinale, digitale pourpre, aspérule odorante, millepertuis commun, myosotis des bois, séneçon de Fuchs, silène penché, stellaire holostée.

En 2009, entre 10 et 11 placeaux de 1 m² sont définis le long de chaque bande, pour un total d'environ 1 200 placeaux sur l'ensemble des deux sites. La fermeture du couvert au-dessus de chaque placeau est estimée à l'aide de photographies hémisphériques. **L'éclairage relatif ER (pourcentage d'éclairage sous couvert par rapport à l'éclairage en plein découvert) calculé sur chaque placeau a permis de séparer les placeaux en deux catégories d'ouverture du couvert pour chaque site :**

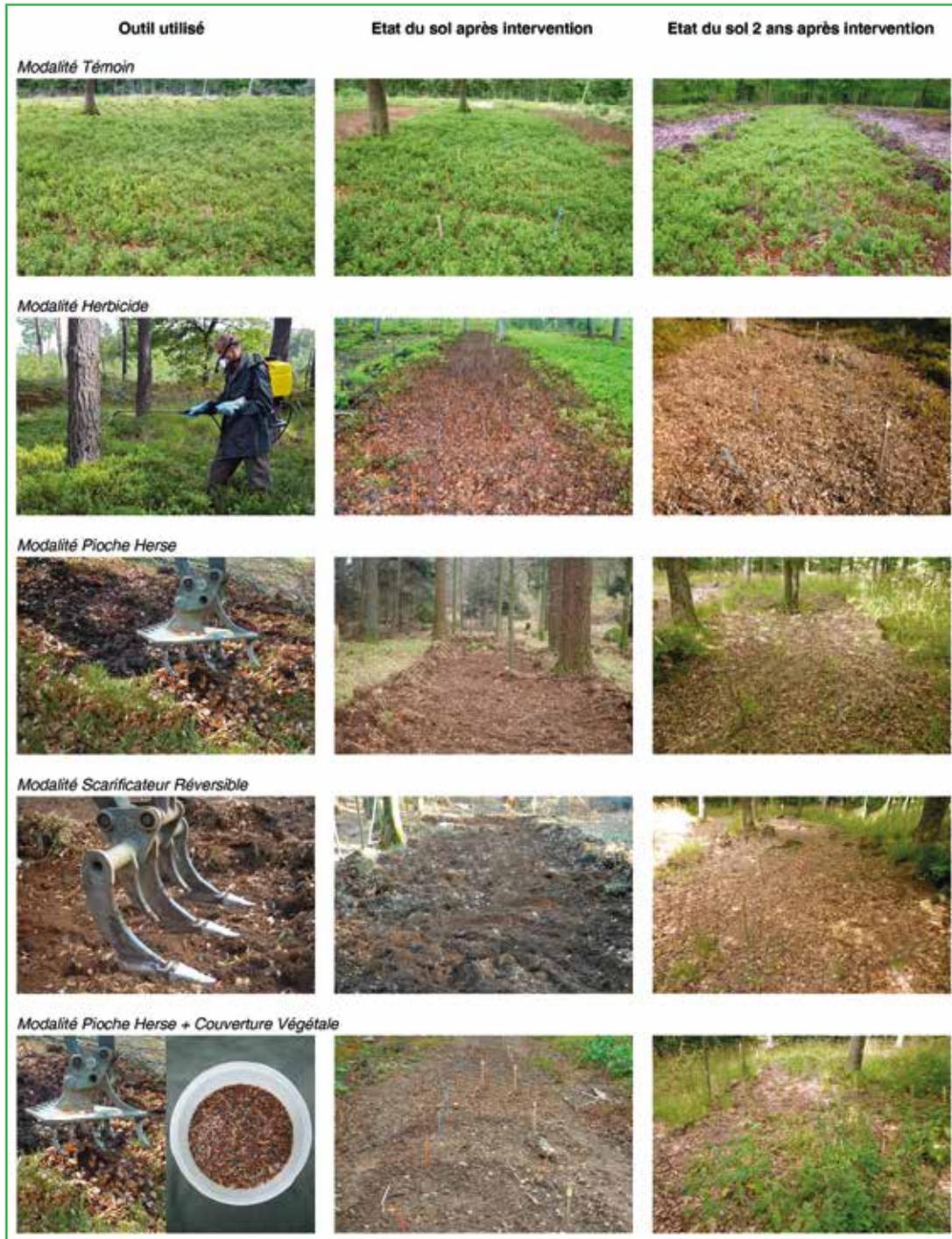
- Placeaux **sous couvert** : ER < 42 % à PP, et ER < 17 % à WE.
- Placeaux **en trouée** : ER > 42 % à PP, et ER > 17 % à WE.

De 2010 à 2013, une fois par an, le recouvrement de la végétation (en % de la surface au sol) et le nombre de semis ont été estimés dans chaque placeau.

1) Fabricant : Kirpy, 47390 Layrac, France

2) Fiches techniques des outils disponibles sur le site web de l'équipe MGVF... ou parues dans Forêt-entreprise

Figure 2 - Modalités testées dans les deux sites.



Résultats observés

Malgré les différences dans les communautés végétales et les caractéristiques des peuplements entre les sites, l'impact global des méthodes sur la végétation et sur la régénération est très similaire dans les deux sites.

Réduction de la végétation concurrente

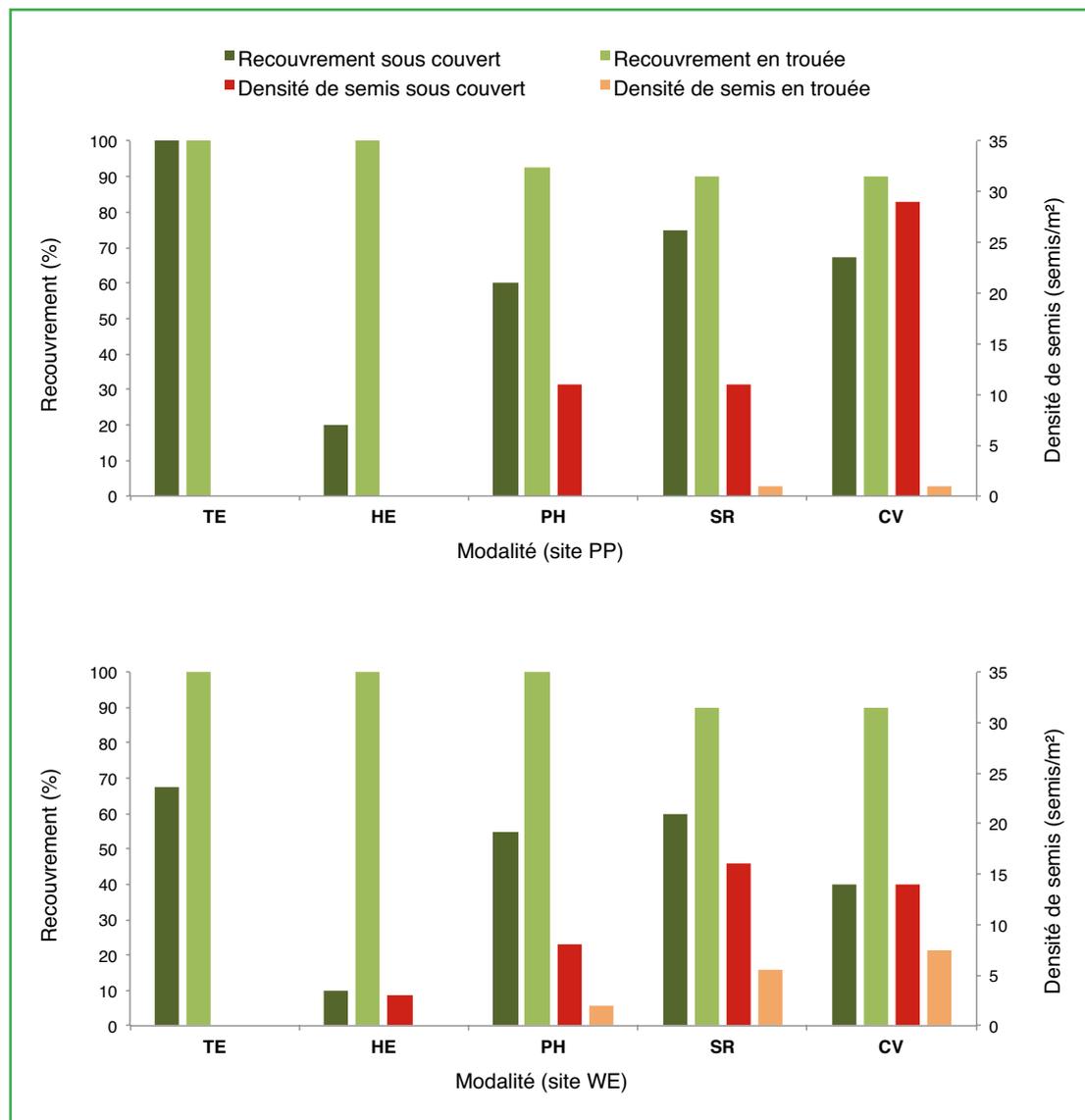
D'une manière générale, la végétation au sol (dont le recouvrement est estimé visuellement et par espèce) cinq années après traitement est toujours plus importante dans les zones en trouée que dans les zones sous couvert (Figure 3). Dans les trouées, de nouvelles espèces (fougère aigle, canche flexueuse et petite oseille à PP ; digitale pourpre, framboisier,

ronce commune à WE) profitent du travail du sol pour s'installer et remplacer partiellement l'espèce initialement dominante (myrtille à PP et fétuque géante à WE).

La végétation reste constante dans la modalité TE sous couvert. À PP, le recouvrement de la végétation au sol après 5 ans est de 100 %, quel que soit l'éclaircissement. À WE, il est de 67 % dans les zones sous couvert et de 100 % dans les zones en trouée. La recolonisation par la végétation des zones travaillées est plus rapide à WE qu'à PP.

La méthode HE s'avère être la plus efficace pour contrôler le développement de la végétation au sol lorsque le couvert forestier est important (quantité de lumière faible), même

Figure 3 - Recouvrement global de la végétation et densité de semis au mètre carré, 5 années après traitement, sur le site PP (en haut) et sur le site WE (en bas). Les semis sont majoritairement du hêtre à PP et majoritairement du hêtre et du sapin à WE.



cinq ans après traitement (moins de 20 % de recouvrement dans les deux sites). En revanche, lorsque le couvert est absent et que la quantité de lumière disponible est importante, le recouvrement de la végétation dans la modalité HE atteint 100 % après 5 ans dans les deux sites, soit autant que dans la modalité TE.

Sur le site de PP, les méthodes PH, SR et CV réduisent le développement de la végétation de 25 à 40 % dans les zones sous couvert, et de seulement 10 % dans les zones en trouée (par rapport à TE). Sur le site de WE, les modalités PH, SR et CV réduisent le recouvrement de la végétation de 7 à 27 % dans les zones ombragées, et de 0 à 10 % seulement dans les zones en trouée.

Installation de la régénération

Au préalable, il est important de signaler que, dans les deux sites, la régénération naturelle était bloquée depuis de nombreuses années. Il n'est donc pas étonnant qu'aucun semis ne

soit parvenu à s'établir dans les modalités TE durant les cinq années de l'expérimentation (Figure 3).

Cinq années après traitement, la régénération est toujours plus abondante dans les zones sous couvert que dans les zones en trouée, dans les deux sites (Figure 3).

La régénération ne profite pas du traitement à l'herbicide (modalité HE), qui avait pourtant permis de réduire de manière importante la végétation au sol en zones sous couvert. Aucun semis ne s'est établi dans la modalité HE, que ce soit en zones sous couvert ou en trouée, excepté dans les zones sous couvert du site WE où, en moyenne, seulement trois semis au mètre carré ont pu s'installer.

Les méthodes mécaniques de préparation du sol (PH et SR) favorisent en revanche fortement l'installation de la régénération naturelle.

Cet effet est attribué principalement à la mise à nu du sol minéral qui permet la germination des graines. Dans les zones sous couvert, la méthode PH a ainsi permis l'ins-

tallation de 11 semis au mètre carré à PP et 8 à WE (valeurs médianes). Dans les zones de trouée, cette méthode n'a pas permis l'installation du moindre semis à PP, mais a permis l'installation de 2 semis au mètre carré à WE. La méthode SR se révèle encore plus efficace. En zone sous couvert, elle a permis l'installation de 11 semis au mètre carré à PP et 16 à WE (valeurs médianes). En zone de trouée, cette méthode a permis l'installation de 1 semis au mètre carré à PP et 5 à WE.

Enfin, la méthode CV se révèle aussi efficace que SR (site de WE) voire supérieure (site de PP) en terme d'installation de semis. Dans les zones sous couvert, elle a permis l'installation de 29 semis au mètre carré à PP et 14 à WE (valeurs médianes). Dans les zones de trouée, cette méthode a permis l'installation de 1 semis au mètre carré à PP et 7 à WE.

Un travail du sol permet l'installation des semis

En premier lieu, cette étude montre l'effet pondérant du couvert forestier, à la fois sur l'abondance de la végétation au sol et sur l'abondance de la régénération naturelle. Le maintien d'un couvert forestier relativement fermé permet ainsi de réduire l'installation de la végétation compétitrice, de fournir la quantité de graines nécessaires et donc d'augmenter la densité de semis présents.

Ensuite, cette étude montre l'importance de la préparation du sol pour assurer la régénération dans ce type de peuplement. La biomasse végétale morte et l'humus peuvent être très épais, constituant alors une barrière physique qui empêche les graines d'arriver au sol et fait obstacle à leur germination. **La suppression de cette barrière et l'exposition du sol minéral sont indispensables à l'installation des nouveaux semis.** Ainsi, bien que le traitement herbicide soit très efficace pour limiter le développement de la végétation, il n'apporte presque aucune amélioration par rapport au témoin (TE) pour la régénération, car il ne supprime pas — et même accentue — cette barrière physique.

Idéalement, le travail du sol est réalisé juste avant la production et la dispersion des graines. Il peut être réalisé quelques années en avance mais, dans ce cas, il importe de ne pas ouvrir le peuplement pour ne pas favoriser le développement de la végétation spontanée. Il peut également être réalisé après l'arrivée des graines mais, dans ce cas, il faut laisser sur place la végétation arrachée (ne pas l'andainer sur le côté) pour ne pas exporter les graines

hors de la zone travaillée.

Les méthodes mécanisées PH (piochage de surface) et SR (scarification profonde) apparaissent efficaces pour l'installation de la régénération naturelle, en trouée comme en milieu fermé. L'installation de plantes de couverture peu compétitrices est également efficace, mais nécessite une préparation mécanique suivie d'un semis de plantes et conduit à une mise en œuvre plus longue et donc plus coûteuse. Une évaluation technico-économique de ces différentes méthodes sera conduite afin d'en évaluer le rapport coût-bénéfice (coût approximatif de mise en œuvre des outils au mètre linéaire travaillé : 0,50 €/m² pour PH ; 1,05 €/m² pour SR).

Les outils mécaniques montés sur mini-pelle permettent de réaliser une préparation très favorable à la régénération naturelle : suppression de la couche d'humus et contrôle de la végétation. Par ailleurs, la mini-pelle permet un travail dans des sites d'accès difficile : pente forte (jusqu'à 60 %), présence d'obstacles (souches, rochers...). Son poids réduit (2,5 à 7 tonnes), ses chenilles, ainsi que la possibilité d'effectuer un travail localisé (en bande, ou en plateau) plutôt qu'en plein, en fait un outil fort intéressant dans les situations où il importe de limiter l'impact environnemental global des pratiques de renouvellement forestier. ■

Remerciements

Les auteurs remercient Erwin Thirion et Florian Vast pour l'installation et le suivi des expérimentations, ainsi que Vanessa Vilard, Fabien Duez et Xavier Auzuret pour leur participation au travail de terrain. Ils remercient également les agents patrimoniaux locaux de l'agence ONF de Colmar et de Saverne. Le projet a bénéficié du soutien financier du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF, programmes E 30/07 et E 16/2011) ainsi que de l'Office national des forêts (ONF, programmes « Maîtrise de la végétation forestière concurrente 2007-2010 et 2011-2014 »).

Bibliographie

■ Wehrlen L., Collet C., Vast F., 2011. *Une nouvelle méthode alternative aux herbicides pour régénérer la forêt ? Le Scarificateur réversible et la Piocheuse sur mini-pelle désherbent avec succès les tapis de graminées.* AFPP 4^e conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures, 8-9-10 mars 2011 Lille. 10 p.

Résumé

Améliorer l'installation et la survie de la régénération naturelle, parfois bloquée par la végétation herbacée compétitrice, tout en réduisant l'usage d'herbicides nécessite le développement de techniques alternatives. Cette étude démontre l'utilité de la préparation mécanique du sol par piochage de surface et par scarification profonde pour éliminer temporairement la végétation herbacée bloquante et favoriser l'installation de la régénération naturelle dans des forêts de moyenne montagne, où la végétation au sol est dominée par des graminées et des éricacées.

Mots-clés : compétition herbacée, contrôle de la végétation, travail du sol, mini-pelle, semis, lumière.

Reinforce

Réseaux de sites expérimentaux face au changement climatique

Arboretum de Monceaux-au-Perche, (61).
Marine Bouvier - IDF © CNPF

Le projet **Reinforce** est le Réseau INFrastructure de recherche pour le suivi et l'adaptation des FORêts au Changement climatique. Le principal objectif de ce projet coordonné par EFIATLANTIC est de mettre en place une infrastructure de recherche et de démonstration pour l'adaptation au changement climatique. Doté d'un budget de 4 millions d'euros pour 5 ans (2009 à 2013), ce projet, financé par Interreg IVB Espace Atlantique et cofinancé par le ministère de l'Agriculture, les régions Aquitaine, Navarre et Euskadi, a permis l'installation de 79 sites expérimentaux du nord de l'Angleterre au Portugal.

Le dossier explique l'intérêt d'une telle infrastructure, comment ont été mises en place les parcelles d'essais et l'engagement pris par les partenaires pour les 15 prochaines années.

Ce projet regroupe 10 partenaires européens :

- Institut européen de la forêt cultivée, France
- Centre régional de la propriété forestière d'Aquitaine
- Xunta de Galicia, Espagne
- Forest Research, Royaume-Uni
- Gestion Ambiental de Navarra, S.A., Espagne
- Centre national de la propriété forestière – Institut pour le développement forestier (CNPF-IDF)
- Institut national de la recherche agronomique (Inra Bordeaux)
- Instituto superior de agronomia, Portugal
- NEIKER- Tecnalia, Espagne
- FGUVA, Espagne
- HAZI (IKT), Espagne.

Sommaire

23 Une infrastructure atlantique pour la recherche sur l'adaptation des forêts au changement climatique

27 Le choix des espèces pour les arboretums

31 *Reinforce*, un réseau d'arboretums face au changement climatique

35 Les sites de démonstration du réseau *Reinforce*

40 Les sites *Reinforce* en France

45 Gestion et partage des données du réseau *Reinforce*



Une infrastructure atlantique pour la recherche sur l'adaptation des forêts au changement climatique

par Christophe Orazio²⁾

Les conséquences du changement climatique

D'un sujet réservé à des spécialistes dans les années 1990, le changement climatique, par la répétition d'événements climatiques extrêmes et par l'accueil de la conférence internationale sur le changement climatique par la France en décembre 2015, se trouve propulsé sur le devant de la scène. Les forestiers s'interrogent depuis toujours sur les conséquences de leurs actions pendant les décennies qui suivent ; ils ont bien compris qu'il s'agissait d'un enjeu décisif pour leur activité, avec quelques années d'avance sur le reste de la population.

Quelques faits font prendre conscience de l'ampleur des changements en cours³⁾. L'effet de serre est un phénomène induit par des gaz présents dans l'atmosphère capturant une partie de l'énergie solaire réfléchi sous forme d'infrarouges. Au cours des 10 000 dernières années (après la dernière glaciation), la teneur du principal gaz à effet de serre le CO₂ était stable autour de 200-250 ppm. Avec l'avènement de l'aire industrielle, ces teneurs ont atteint 400 ppm en 2014. On se retrouve dans des conditions de modification de climat qui n'ont jamais été observées depuis plus de 800 000 ans de part l'amplitude et la vitesse du phénomène (+ 2 à + 8 °C en 200 ans, voire + 15 °C en 300 ans si les émissions de CO₂ fossile ne sont pas stoppées, contre - 2 à - 4 °C en plus de mille ans lors des dernières glaciations). Les glaciations ayant entraîné des modifications profondes des milieux et des paysages (cirques glaciaires, recul de la végétation,...), il est aisé de comprendre que

nos forêts seront concernées par ce nouveau bouleversement. Parmi les effets attendus, nous pouvons préciser les effets positifs ou négatifs suivants⁴⁾.

Un effet positif pour la croissance pendant quelques décennies

Pour les espèces qui ne sont pas en limite de leur aire, on observe un effet positif du changement climatique qu'est l'augmentation de la productivité forestière. Elle est liée en partie à l'augmentation des teneurs en CO₂, à l'allongement des saisons de végétation avec des températures favorables à la croissance des arbres pendant une plus longue période de l'année, et à l'augmentation des précipitations dans la partie nord de l'Europe et de la France.

Un effet négatif pour les peuplements forestiers

Il se traduit par l'inadaptation des espèces en place suite au changement des conditions climatiques locales. Les arbres, par le biais de phénomènes naturels, comme la dissémination des graines, la compétition avec les autres espèces vivantes et la sélection des gènes, ont fini par se répartir dans l'espace de manière à se trouver dans l'endroit le plus favorable à leurs caractéristiques physiologiques. Pendant les siècles de climat stable que nous avons connu jusqu'ici, le forestier pouvait estimer l'adaptation des diverses espèces et provenances en regardant les stations où elles croissaient le mieux ainsi que l'histoire des introductions et de la sylviculture dans une région donnée. Dans un contexte où l'on peut avoir une augmentation de + 2 °C des

2) EFIATLANTIC, Site de recherche forêt bois, 69, route d'Arcachon, Cestas, France.

La structure EFIATLANTIC (www.efiatlantic.efi.int) est un bureau régional de l'EFI, European Forest Institute (organisation internationale), créé en 2009 et qui s'appuie sur un réseau de R&D préexistant sous forme d'une association française, l'IEFC (www.iefc.net). Le rôle de l'EFI est de contribuer à la coordination des activités de recherche et développement forestières en Europe. Le bureau régional EFIATLANTIC basé à Cestas/Bordeaux se caractérise par son objet d'études : les forêts cultivées. Parmi les nombreux projets coordonnés par cette équipe, les sujets relatifs aux risques et à l'adaptation au changement climatique font partie des actions prioritaires.

3) Forêt-entreprise n°217, dossier Changement climatique, de nouveaux outils pour guider l'adaptation, Juillet 2014 page 24 à 49.

4) Orazio *et al.* 2013.



Pépinière de l'ONF, production de plants Reinforce. Guémené, en Bretagne, 2013.

températures moyennes en 50 ans, ou une baisse de 20 à 30 % des précipitations estivales, il devient beaucoup plus difficile de choisir le matériel végétal adapté à un site donné, et il est évident que la simple analyse du résultat des gestions forestières passées du lieu n'est d'aucun secours.

Une augmentation des événements climatiques extrêmes et donc de l'exposition aux risques

Une augmentation de la température de l'atmosphère se traduit par une augmentation de la turbulence atmosphérique globale et de la fréquence des événements extrêmes. Il est très probable que de tels événements - canicules, pluies torrentielles, coups de vent, inondations et sécheresses - se multiplieront. Même si les modèles de prévision climatique ne sont toujours pas en mesure de fournir des informations précises sur ces évolutions au niveau régional, il est désormais possible d'identifier certaines tendances fortes à l'échelle d'un continent.

Ces perturbations vont engendrer plus de dégâts aux forêts, contrebalançant fortement l'effet positif sur la croissance.

Les ravageurs forestiers et les maladies vont en majorité profiter du climat plus chaud. Les sécheresses plus fréquentes et plus intenses vont accroître le risque d'incendie y compris dans des régions (voir Isère) qui jusqu'à présent n'y étaient pas soumises⁵⁾. La combinaison de l'augmentation des volumes sur pied et du réchauffement des pays nordiques

laisse envisager une hausse des dégâts de tempête⁶⁾.

Cependant, si les effets attendus semblent certains, le délai et l'intensité avec laquelle ils vont se faire sentir pour une forêt donnée sont inconnus. Ils dépendent à la fois de caractéristiques propres aux sites concernés (exposition au vent, réserve utile, plasticité des essences forestières en place, cortège de pathogènes et de leurs prédateurs, etc.) et de phénomènes globaux, tels que l'évolution des émissions de gaz à effet de serre sur la planète ou l'efficacité des mesures de substitution du CO₂ fossile au niveau mondial.

Les outils dont dispose la recherche

Pour faire face à ces incertitudes, les acteurs du monde forestier se tournent vers la recherche. Si elle arrive facilement à estimer l'amplitude des changements attendus au niveau global, elle peut difficilement répondre avec certitude aux questions du gestionnaire forestier sur une parcelle donnée où toutes les incertitudes se cumulent :

- l'incertitude de la quantité de gaz à effet de serre qui va être émise par la société,
- l'approximation de la modélisation des processus physiques qui déterminent le climat futur (de nouveaux compartiments sont régulièrement ajoutés pour rendre les modélisations plus précises, mais il en manque toujours : l'albédo⁷⁾ des pôles, l'effet de la nébulosité, du méthane des océans,...),
- la perte de précision engendrée par la régionalisation de modèles conçus pour rendre compte du climat planétaire.

Les outils dont dispose actuellement la recherche pour travailler sur l'adaptation des forêts au changement climatique sont :

- l'analyse des séries historiques,
- l'écophysiologie⁸⁾,
- les enveloppes climatiques.

> **L'analyse de séries historiques** : il est possible d'utiliser toutes les données collectées sur la durée dans les différents dispositifs de recherche ou dans les différents inventaires forestiers nationaux. Grâce aux précieuses données collectées par des générations de forestiers sur des milliers de sites, il est théoriquement possible de comparer le comportement au même âge de mêmes espèces dans de nombreux climats et d'essayer d'anticiper leur comportement à venir. Cependant la gestion de ces essais, leur conception, le stockage et la récolte des données, la diversité

5) C. Chatry *et al.* 2010.

6) Gardiner *et al.* 2010.

7) Pouvoir réfléchissant d'une surface.

8) Science qui étudie la physiologie des plantes en relation avec leur milieu.

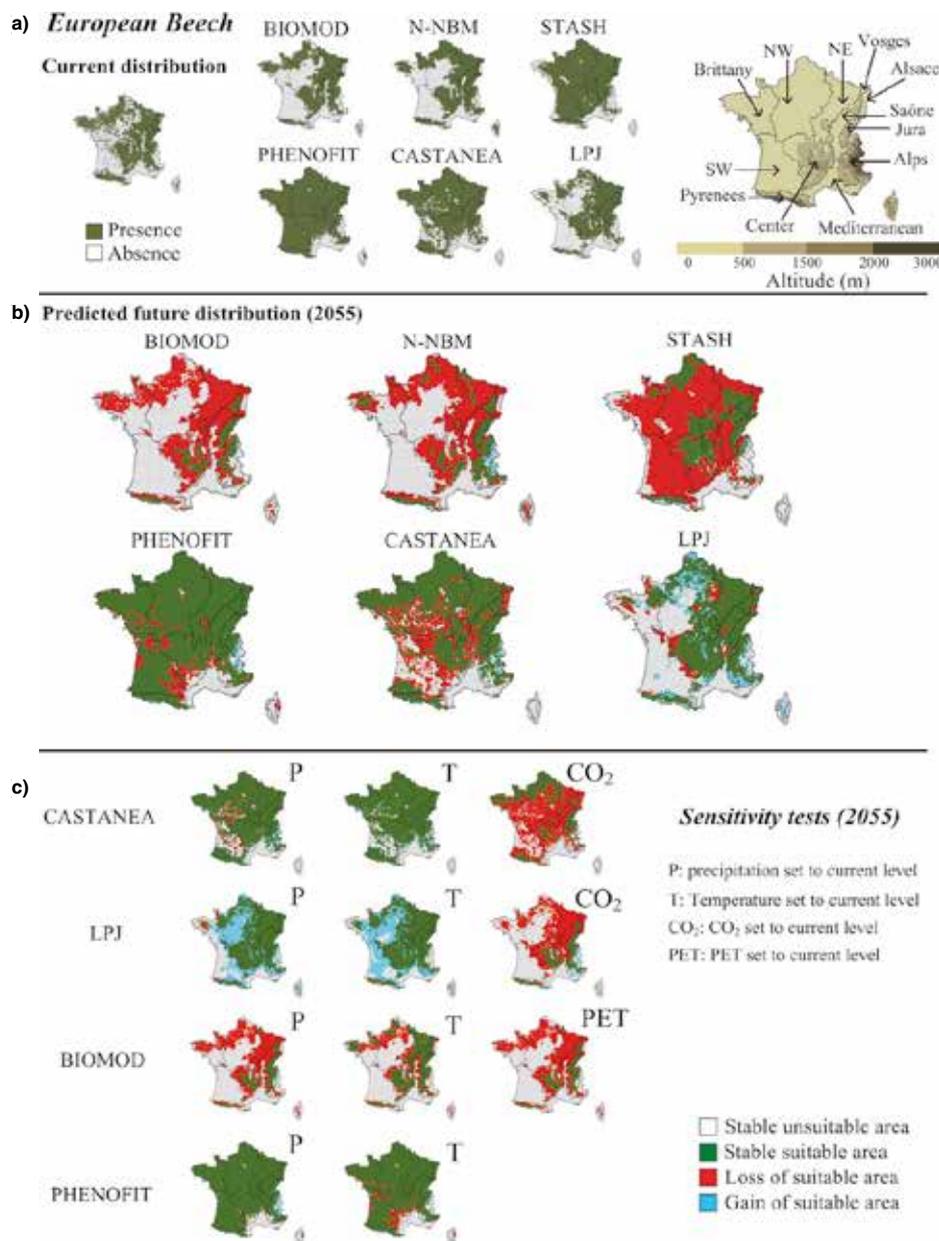
génétique des matériels étudiés sont autant d'obstacles qui rendent ces analyses très difficiles comme ont pu le vérifier les partenaires du projet Valoreso financé par le RMT Aforce. De plus des initiatives émergentes comme la base de données *Forestrials*, initiée dans le cadre du projet *Reinforce*, permettent d'identifier les essais intéressants au-delà de nos frontières.

> Un deuxième outil de recherche, très prometteur lorsqu'on parle d'adaptation au changement climatique, est l'**écophysio**logie⁸⁾: des essais en conditions contrôlées (chambre climatiques, cavitrons⁹⁾,...) permettent d'observer la réaction de quelques plants à des condi-

tions de stress en générant un climat artificiel. Ces études sont en général assez coûteuses et souvent limitées à un petit nombre d'individus, en général de taille limitée. Il est donc très difficile avec ces méthodes d'avoir une idée de la plasticité d'une espèce qui a une grande aire de répartition et une grande diversité génétique avec de nombreuses variétés locales qui peuvent s'être adaptées à une grande diversité de conditions. De plus les conditions climatiques simulées en milieux contrôlés sont souvent très normées, avec moins de paramètres qui varient qu'en conditions extérieures où la topographie et le vent peuvent générer des multitudes de microclimats.

9) Outil scientifique permettant de déterminer le niveau de stress hydrique auquel peut résister un végétal.

Figure 1 - Exemple d'enveloppes climatiques pour la répartition du hêtre en France. La diversité des cartes selon les modèles utilisés reflète le niveau d'incertitude de ces modèles.



(a) Répartition actuelle du hêtre en France (IGN) et répartition simulée par les différents modèles.
 (b et c) Changements projetés:
 - vert: présence actuelle d'après modèle et ainsi qu'en 2055
 - gris: absence actuelle d'après le modèle et ainsi qu'en 2055
 - rouge: présence actuelle d'après modèle mais absence en 2055
 - bleu: absence actuelle d'après modèle mais présence en 2055.

Source: Cheaib et al., Ecology Letters, 2012



© GAN

Arboretum de Cerráncanos. Navarra, Espagne.

> Un autre outil largement utilisé pour les études sur le changement climatique est les **enveloppes climatiques**. L'idée est de faire le lien entre la présence d'une espèce et les conditions climatiques. Il est alors possible d'estimer comment évoluera la répartition des essences selon le climat prédit par les météorologues. Ce faisant, nous supposons que les espèces sont présentes dans tous les endroits où le climat leur convient, que nous avons identifié tous les endroits où une espèce est présente et que les données météorologiques que nous avons sont exactes sur toute la zone où l'espèce est rencontrée.

Or plusieurs de ces hypothèses ne sont pas toujours vérifiées. Par exemple le gestionnaire forestier peut influencer fortement la composition des peuplements par les éclaircies et les plantations favorisant une essence non pas par rapport à son optimum écologique, mais par rapport à un optimum économique, ou par rapport à une problématique sanitaire. De plus les inventaires forestiers sur lesquels ces études s'appuient sont adaptés et conçus pour estimer les volumes des espèces dominantes, pas forcément pour capturer la présence d'espèces diffuses.

Enfin la présence d'une espèce dans des conditions totalement atypiques, comme dans un jardin botanique le long d'un mur exposé au sud, n'apportera que peu d'information sur le comportement en forêt. Le comportement en forêt est aussi le résultat de la compétition. Les mauvaises performances d'une espèce dans

un endroit donné, peuvent parfois être plus liées à son inaptitude à supporter la concurrence des autres espèces qu'à son incapacité à supporter le climat du lieu. Ce phénomène est couramment observé avec les espèces invasives en milieu insulaire. Enfin, les données météo à grande échelle résultent en général du krigeage (interpolation spatiale) des données météorologiques entre les stations existantes, il faut alors considérer le maillage de stations disponibles et l'hétérogénéité du relief pour avoir une idée de la validité des valeurs moyennes obtenues.

L'intérêt de *Reinforce*

En conclusion, bien qu'il existe des méthodes permettant de valoriser les dispositifs existants pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les forêts et la recherche des meilleures solutions pour s'adapter, la science et le développement forestiers ont besoin de mettre en place des outils de recherche spécifiques, où l'on maîtrise à la fois l'origine (la génétique) du matériel végétal étudié, ses conditions de croissance, et les données météo. Les réseaux de tests de provenances existants ou des projets comme *Reinforce* - unique de par son partenariat constitué de membres dispersés sur un gradient climatique allant du nord de l'Angleterre jusqu'au sud du Portugal - permettent de tester sous une grande diversité de climats la réaction d'un grand nombre d'espèces forestières.

L'objectif de *Reinforce* est donc d'obtenir des résultats plus fins que le niveau de l'espèce, en travaillant sur des provenances, et plus fin que les moyennes climatiques mensuelles, en suivant les paramètres climatiques à la journée. C'est donc un réseau ambitieux, mis en place grâce à une logistique rigoureuse et une collaboration efficace entre les partenaires, qui permettra d'accumuler des informations sur la croissance, la phénologie et l'état sanitaire d'espèces clés pour les forestiers. Ce réseau contribuera à apporter des réponses aux questions fondamentales que se posent tous les forestiers face au changement climatiques du type : comment faut-il adapter ma gestion ? Que dois-je planter si je veux régénérer ma forêt en prenant en compte le changement climatique ? ■

Bibliographie

- Chatry Christian, Le Gallou Jean-Yves, Le Quentrec Michel, *et al.* 2010. *Rapport de la mission interministérielle Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts*. 190 p.
- Gardiner B, Blennow K, Carnus JM, *et al.* 2010. *Destructive storms in European forests : past and forthcoming impacts*.
- Orazio C, Stojnic S, Stojanovic D, *et al.* 2013. *Influence du changement climatique sur les forêts européennes et sur le secteur forestier*.



Les partenaires Reinforce visitent les pépinières produisant les plants pour les arboretums.

E. Paillassa - IDF © CNPF

Le choix des espèces pour les arboretums

par Patrick Pastuszka, Inra*

* Inra UE 0570 - Unité expérimentale forêt Pierroton, 69 route d'Arcachon, F- 33610 Cestas.

Quels ont été les critères pertinents pour sélectionner les essences forestières à implanter ? Parmi les 17 indicateurs retenus, la production et la résistance à la sécheresse ont influé sur le choix final.

L'étude de l'adaptation des essences forestières au changement climatique dans les forêts de la façade atlantique européenne, est un des objectifs majeurs du projet Reinforce (voir l'article du dossier Reinforce p. 23). Pour cela, il a été proposé et décidé, d'installer un réseau d'arboretums, multisites, depuis le sud de l'Écosse jusqu'au sud du Portugal.

Une des premières questions à résoudre afin de satisfaire cette ambition a été de déterminer la composition végétale et le dispositif expérimental de ces arboretums.

À cette fin, un groupe de travail issu des partenaires du projet a initié et conduit un processus complexe de choix des espèces, des unités génétiques et du plan expérimental, à partir de leurs expériences antérieures éventuelles et en mobilisant les compétences d'experts, notamment en génétique forestière.

La sélection des espèces

La première action demandée aux partenaires a été de participer au choix des espèces, en proposant une première liste, répondant à

deux critères: espèces présentant un intérêt économique (bois ou autre produit) et adaptées au climat atlantique actuel et futur (en moyenne).

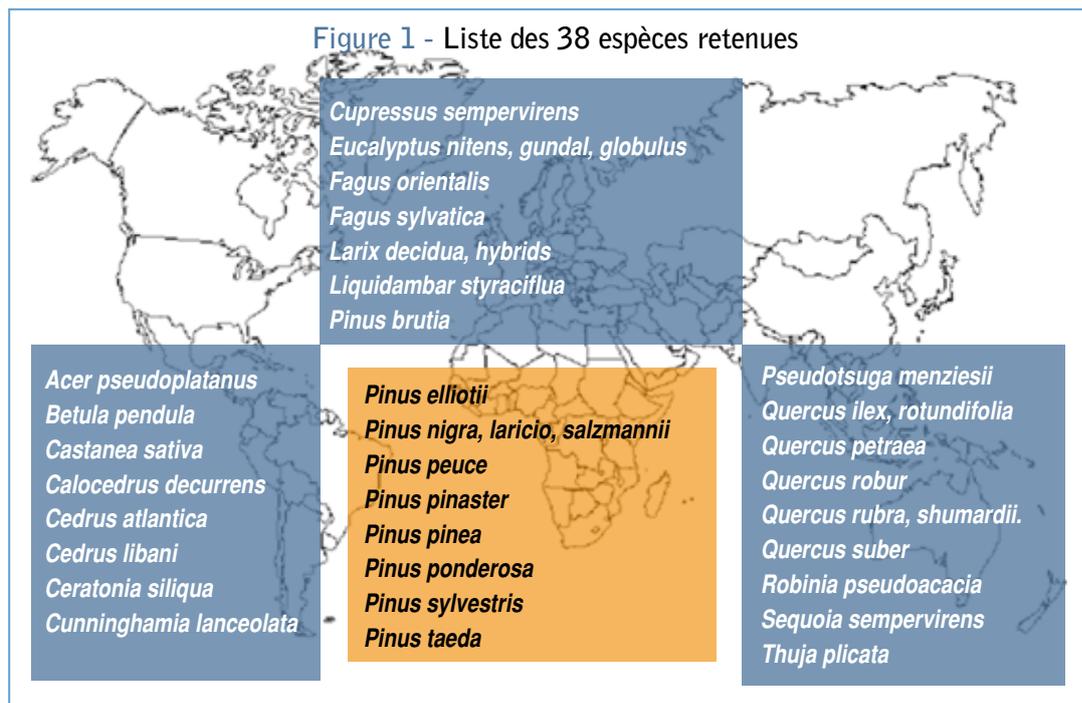
Après avoir ainsi établi une liste potentielle de 174 essences forestières, les partenaires du projet ont pu voter pour désigner les espèces les plus intéressantes pour eux. Les résultats de cette consultation ont permis de classer les espèces en trois listes :

- 73 espèces classées « sans intérêt », (*Metasequoia glyptostroboides*, *Olea europaea*, *Pinus mugho...*)
- 12 espèces classées très intéressantes, (*Pinus pinaster*, *Cedrus atlantica*, *Pseudotsuga menziesii*, *Eucalyptus sp...*)
- 89 espèces nécessitant un examen complémentaire, (*Prunus avium*, *Pinus radiata*, *Picea abies...*)

Dans une seconde phase, le comité technique a décidé, sur les bases de données disponibles, d'élaborer pour chaque espèce des deux derniers groupes, un document sur les capacités d'adaptation et une fiche sur les principales caractéristiques de l'espèce.

Figure 1 - Liste des 38 espèces retenues

La carte du monde suggère que certaines espèces proviennent des différents continents (sauf l'Amérique du sud) : le douglas est nord américain, les eucalyptus australiens, le cèdre d'Afrique du nord ou du Liban, le cunninghamia est asiatique...



Détermination des capacités d'adaptation

S'agissant d'un objectif majeur du projet, il a paru primordial de réunir le maximum d'indicateurs pertinents de l'adaptation potentielle des espèces au changement climatique de l'espace atlantique européen. Sachant que ces indicateurs seraient ensuite utilisés pour le choix final des espèces *via* le système automatisé de décision (*Decision Support System DSS*), 17 indicateurs majeurs ont finalement été retenus. Voici la liste simplifiée (les occurrences ne sont pas citées) :

- aires de répartition (géographique, bioclimatique),
- sensibilité climatique (froid, sécheresse, forte température, exigence en eau),
- exigences pédologiques (richesse, profondeur, capacité de rétention),
- utilisation forestière et valeur économique,
- intérêt social,
- croissance et production,
- qualité du bois et catégories de produits,
- sensibilité aux stress (biotiques et abiotiques),
- utilisation en gestion forestière.

De nombreuses sources bibliographiques et scientifiques ont été mobilisées pour recueillir les données nécessaires à l'établissement de ces documents.

Fiches espèces

La fiche de chaque espèce constitue une sorte de carte d'identité de l'espèce ; élaborée par les partenaires à partir des informations scientifiques disponibles.

Les fiches contiennent les principales données et caractéristiques listées ci-dessous :

- nom scientifique (latin),
- nom commun (dans les différentes langues du projet),
- caractères botaniques majeurs,
- aire de répartition (description de l'aire naturelle et éventuellement grandes zones d'introduction),
- variabilité géographique intraspécifique (existence de sous-espèces, de races, diversité importante avérée),
- caractéristiques écologiques (y compris la reprise de certains indicateurs du document sur les capacités d'adaptation, comme les exigences pédoclimatiques, la tolérance aux stress, les usages et produits,...),
- les principaux ennemis et maladies,
- les provenances potentielles (liste établie à partir des propositions des partenaires),
- la bibliographie.

Le processus de décision

Le choix des espèces a été facilité par le recours à un outil d'aide à la décision. Cet outil basé sur un algorithme de calcul *Promethee (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)* permet de faire des analyses et classements multicritères. Utilisé dans le processus, à partir des données rassemblées (voir ci-dessus), il a permis de fournir aux partenaires et au comité technique, différents classements des espèces, en fonction des pondérations variables affectées aux principaux critères.

Sans entrer dans les détails de calcul, *in fine*, le choix retenu pour les espèces repose sur la combinaison d'un index de classement

1) Il s'agit de prendre en compte à la fois les caractéristiques du sol et du climat.

2) Ce terme désigne les différents types de lots de semences utilisés pour représenter une espèce ; suivant les cas il peut s'agir d'un peuplement identifié, d'un peuplement classé, d'une région de provenance, d'un verger à graine, d'une variété clonale.



© INRA

Préparation en pépinière des plants pour les arboretums

accordant un poids égal aux différents critères et sur un classement orienté production (biomasse ligneuse au sens large) et résistance à la sécheresse. À l'issue du processus, une liste de 38 espèces a été retenue.

Le choix des provenances

L'évaluation du comportement ou des performances d'une espèce donnée peut être fortement dépendante de l'origine du matériel végétal considéré. Cette importance de la variabilité intraspécifique qui peut conférer à certaines sous-espèces, races, ou provenances des caractéristiques particulières, a été régulièrement analysée et utilisée dans les programmes d'amélioration génétique des espèces forestières.

Ainsi, dans le cas d'essais d'introduction, ou comme ici dans le cas des arboretums, il faut accorder une importance particulière à la représentativité de l'espèce. Conscients de cette nécessité et afin de répondre aux exigences de l'évaluation de l'adaptation au changement climatique dans des conditions pédoclimatiques¹⁾ diversifiées, les partenaires du projet *Reinforce* ont fait le choix d'optimiser le nombre d'unités génétiques²⁾ pour représenter une espèce.

À cette fin, chaque espèce est représentée dans tous les arboretums par 3 « provenances obligatoires » ; suivant l'intérêt de l'espèce dans la zone d'évaluation considérée, plusieurs autres unités génétiques peuvent être testées. Dans tous les cas, ces unités génétiques com-

plémentaires sont choisies dans la liste commune au réseau pour l'espèce concernée. Par exemple pour le douglas et le pin maritime, cette liste de « provenances » comportait entre 8 et 10 unités génétiques différentes. Nous parlons de provenances³⁾ ou unités génétiques, mais dans tous les cas il s'agit d'une origine parfaitement identifiée.

Très rapidement, au sein du projet *Reinforce*, il a été décidé de privilégier une évaluation d'un maximum d'unités génétiques par unité de surface ; ce choix a entraîné l'absence de répétitions intrasites (sauf pour 4 espèces, voir l'article arboretums). En accord avec les objectifs majeurs du projet, il s'agit ainsi de conforter une évaluation en réseau, plutôt qu'une comparaison intra-arboretum⁴⁾ ; le niveau local ayant un sens, dès lors que l'on pourra réunir les résultats de plusieurs arboretums « proches ».

Ces unités génétiques ont été choisies pour explorer au mieux la variabilité intraspécifique connue de l'espèce. Parmi les principaux critères de choix des unités génétiques à tester, il faut citer :

- > la représentativité de la diversité⁵⁾ en termes de phénologie, de croissance et de résistance à la sécheresse,
- > la diversité de l'aire naturelle et/ou de l'aire d'introduction,
- > l'adaptation présumée au changement climatique⁶⁾,
- > l'ensemble des connaissances acquises antérieurement.

3) Le terme de provenance désigne généralement, une origine géographique.

4) En clair, le comportement des essences sera plutôt analysé au travers d'évaluations multi-sites. En l'absence de répétition intra-arboretum, il ne sera pas licite de comparer les espèces pour la croissance en hauteur sur un site par exemple.

5) Si l'aire de distribution de l'espèce présente une forte variabilité pour un ou plusieurs de ces critères, les partenaires ont veillé à représenter au mieux cette diversité au sein des unités génétiques retenues.

6) Essentiellement en examinant l'aptitude potentielle de tolérance à la sécheresse et aux températures estivales élevées, (sans négliger une résistance minimale au froid).

L'arboretum d'Exideuil,
en Charente, 3 ans
après la plantation.

Claude Nigen - CRPF Poitou-Charentes © CNPF



Pour les espèces autochtones ou largement introduites en Europe et soumises à la réglementation sur les matériels forestiers de reproduction (MFR), c'est la liste européenne (compilation des listes nationales) des MFR qui a servi de base au choix des « provenances ». De ce fait, la majorité des sources de graines testées pour ces espèces est donc issue des peuplements sélectionnés, complétée par un certain nombre de variétés améliorées issues essentiellement de verger à graines.

Pour les espèces exotiques, en plus des critères génériques cités ci-dessus, ce sont souvent l'identification d'un interlocuteur et la disponibilité en graines qui ont orienté le choix des unités génétiques.

À noter que ce facteur disponibilité en semences a aussi parfois conduit à modifier la liste initiale des unités génétiques d'une espèce ou son évolution au cours des 3 années de la phase d'installation des arboretums.

En conclusion, il faut retenir que le processus de choix des espèces et des unités génétiques qui les représentent est une étape clé d'un tel projet d'envergure; négliger cet aspect ou ne pas lui accorder toute l'attention qu'il requiert, serait un risque important d'échec à moyen terme. Bien sûr, à la lumière de l'évolution du réseau, dans quelques années, d'aucuns pourront regretter que telle ou telle espèce ne soit pas présente.

Enfin, il faut également souligner que la phase de collecte des semences nécessaires, est elle aussi particulièrement cruciale et semée d'embûches. Inutile d'établir la « meilleure » liste de provenances, si on est incapable de réunir le matériel végétal correspondant. Dans un tel projet, il ne faut pas sous-estimer les grandes difficultés qu'il peut y avoir, à identifier un fournisseur potentiel, à obtenir une récolte de l'origine choisie dans le délai imparti, à respecter les exigences légales et sanitaires, et franchir les différentes barrières pouvant survenir à différentes étapes.

Le projet *Reinforce* a permis de réussir ce challenge, en respectant globalement les objectifs initiaux et en répondant aux ambitions des partenaires. ■

Résumé

La sélection des 38 essences forestières testées par le programme *Reinforce* s'est faite à partir d'une liste de 174 espèces, triées en fonction de leur intérêt. Des indicateurs majeurs comme la croissance et la production, la résistance à la sécheresse, l'utilisation et la valeur économique ont contribué aux choix. Dans chaque arboretum, une espèce est représentée par 3 « provenances obligatoires » d'une origine contrôlée.

Mots-clés : *Reinforce*, sélection des essences forestières, critères et provenances.

un réseau d'arboretums face au changement climatique

par Rebeca Cordero-Debets et Christophe Orazio*

*Atlantic European Regional Office of the European Forest Institute – EFIATLANTIC, F-33612 Cestas

Sélectionner et installer une grande variété d'essences et provenances pour tester leur capacité d'adaptation au changement climatique pendant une quinzaine d'années ? Voilà le défi du réseau Reinforce.



© Azorina

Arboretum de Vanzinho. Açores. Portugal.

Le réseau *Reinforce*¹⁾ est une infrastructure comprenant un réseau de sites de démonstration et un réseau d'arboretums qui s'étend sur l'arc atlantique et qui agira comme un « laboratoire naturel » pour aider la recherche forestière à trouver des réponses sur l'adaptation des forêts au changement climatique. Le réseau d'arboretums a pour objectif principal d'améliorer notre compréhension sur la capacité des essences forestières à faire face au climat futur, en comparant le même matériel génétique, produit sous les mêmes conditions, mais soumis à différents contextes climatiques et édaphiques. L'installation des arboretums a commencé en 2009 et s'est achevée en novembre 2013; cela a été un processus de 5 ans où nous avons récolté les graines de 38 espèces d'arbres pour les produire, les expédier et les planter dans 4 pays différents. Une période minimale de 15 ans sera nécessaire pour effectuer des analyses qui permettront de formuler des recommandations robustes sur les essences les plus adaptées au changement climatique.

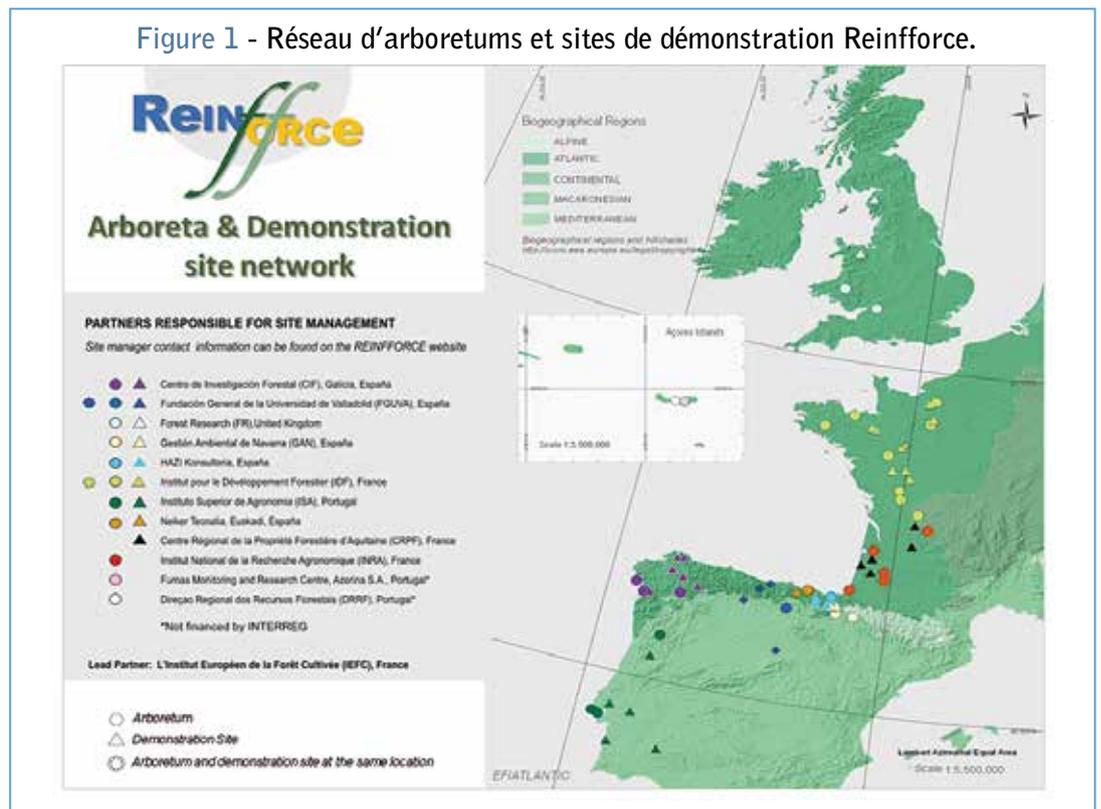
Un réseau de 38 arboretums sur l'arc atlantique

La localisation des sites le long d'un gradient nord-sud (latitude 37° à 56° Nord) permettra d'observer les variations des cycles de croissance des essences par rapport au climat, de suivre l'évolution de la santé des essences et de leur comportement face à certaines conditions extrêmes comme le gel, les tempêtes, la sécheresse, etc. C'est un grand avantage qu'offrent les essais *in situ* par rapport aux laboratoires ou aux chambres climatiques : ils permettent d'appréhender les effets provoqués par la combinaison d'aléas et d'événements climatiques extrêmes sur les arbres dans leur environnement naturel. Pour suivre ces événements climatiques, chaque arboretum fait l'objet d'un suivi météorologique qui permet d'enregistrer les données journalières de paramètres précis.

Les 38 arboretums sont répartis sur 4 régions biogéographiques²⁾ : Atlantique, Méditerranéenne, Continentale, Macaronésienne (figure 1); ils se répartissent du Portugal à l'Écosse, les îles des Açores étant également

1) Réseau INFrastructure de recherche pour le suivi et l'adaptation des FORêts au Changement climatique: <http://reinforce.iefc.net>
Projet cofinancé par Interreg IVB Espace Atlantique, la région Aquitaine et le ministère de l'Agriculture français.
2) Les régions biogéographiques sont des unités de référence utiles pour décrire les types d'habitat et les espèces qui vivent dans des conditions similaires dans différents pays (<http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/platform/faq/>).

Figure 1 - Réseau d'arboretums et sites de démonstration Reinforce.



concernées. L'emplacement de chaque site a été choisi par les partenaires afin de trouver un espace de 2 hectares le plus homogène possible du point de vue pédologique, topographique et du contexte environnemental. Certains arboretums sont installés dans des parcelles appartenant à des propriétaires privés (intéressés par la problématique du changement climatique et engagés de manière bénévole) et d'autres dans des parcelles qui dépendent de communes, de départements ou de fondations. La capacité du propriétaire à s'occuper de l'entretien et de la gestion du site pendant une longue période est dans les deux cas un critère de sélection.

Les espèces d'arbres et les provenances sélectionnées

Le processus de sélection des essences et de leurs provenances pour les arboretums a été une tâche longue et laborieuse : les critères de sélection ont été fondés sur l'intérêt économique, sur la plasticité aux conditions climatiques extrêmes et sur l'adaptabilité pour le climat océanique présent et futur en Europe. Tout d'abord une première liste d'espèces d'arbres a été constituée en utilisant les connaissances d'experts et en consultant les scientifiques membres du projet. Ceux-ci ont ainsi effectué une première sélection de 174 essences. De ce groupe, 101 essences considérées d'intérêt ont été extraites et une partie d'entre elles a fait l'objet d'une fiche décrivant

leur écologie, en se basant sur la littérature scientifique. Les données recueillies pendant ce processus ont été intégrées dans un système d'analyse multicritères et finalement plus d'une trentaine d'espèces d'arbres ayant un intérêt pour les études sur le changement climatique ont été choisies ; quelques autres essences ont été ajoutées à cette liste pour des raisons de disponibilité des semences, de germination des graines et d'intérêt local. Le processus général est décrit de façon approfondie dans le rapport technique '*Species and genetic units selection process for Reinforce Arboreta*'³⁾ et dans l'article précédent de ce dossier.

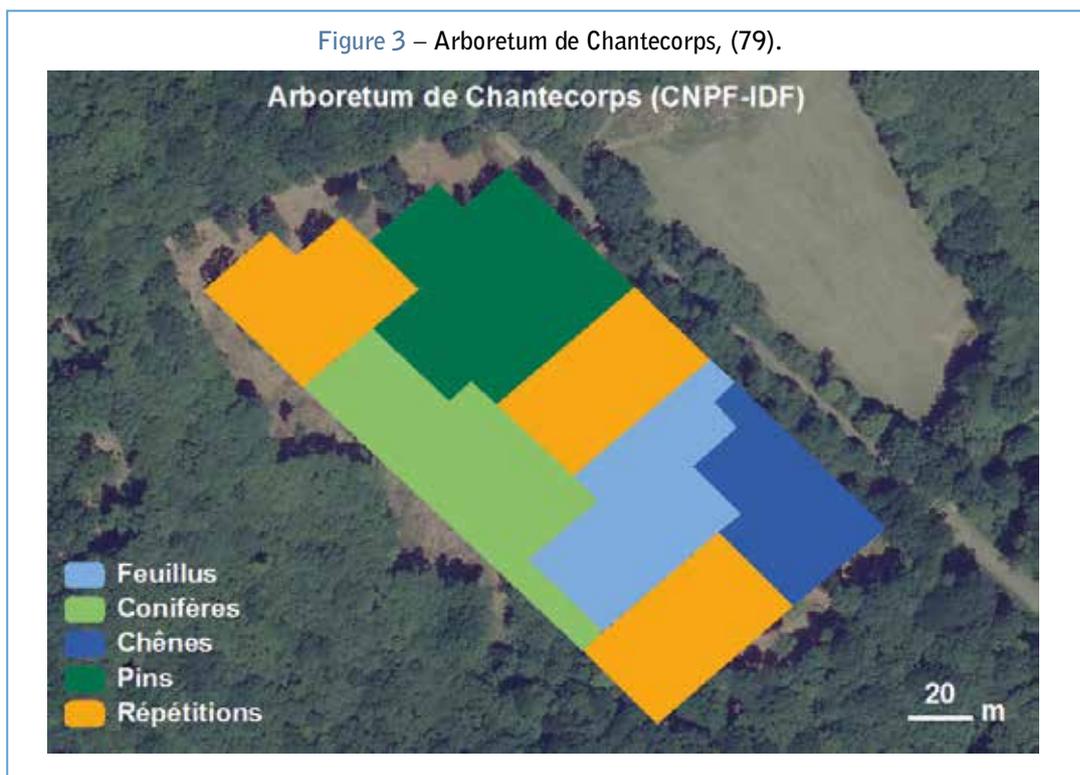
Le design des arboretums

Les différents arboretums sont constitués de 38 essences. Les différentes provenances de chaque espèce d'arbre n'ayant pas les mêmes caractéristiques écologiques, l'utilisation de plusieurs provenances d'une même essence a été nécessaire pour pouvoir évaluer sa variabilité intra-spécifique.

Considérant que la taille des arboretums était limitée (2 ha), le compromis retenu par les partenaires a été de planter trois provenances obligatoires par essence dans tous les sites. Au final, en moyenne 2000 arbres ont été plantés par arboretum, correspondant à 166 unités génétiques (provenances, hybrides, clones) différentes par site (voir figure 2). En général, les arboretums ont un minimum de

3) C. Orazio, F. Ureña-Lara, L. Di Lucchio, 2013. *Species and genetic units selection process for REINFORCE Arboreta*. Disponible sur : <http://www.reinforce.iefc.net/>

Figure 3 – Arboretum de Chantecorps, (79).



extrémités et au milieu des arboretums. Ces essences (*Pinus pinaster*, *Betula pendula*, *Cedrus atlantica* et *Quercus robur*) devraient confirmer que la croissance et l'état de santé sont homogènes au sein de chaque site.

Le futur du réseau

Le réseau d'arboretums *Reinforce* est un outil unique de production de données sur le long terme. Si les partenaires du projet ont d'abord rassemblé leurs compétences pour créer l'infrastructure, ils se sont également engagés à assurer le suivi de ces essais pendant une période de 15 ans minimum. L'effort pour créer des protocoles communs de suivi de la croissance, de l'état sanitaire et de la phénologie, va permettre d'obtenir des observations comparables entre les sites et des analyses robustes et représentatives. En s'appuyant sur ses résultats, le réseau devrait être en mesure de produire des recommandations pour l'utilisation d'essences évaluées dans *Reinforce* en fonction du sol et des caractéristiques du climat futur.

Au-delà de la production de données pour la connaissance des essences, ces arboretums ont aussi une fonction de vulgarisation. Ce sont des vitrines locales utilisées par les partenaires pour présenter les essences auprès des sylviculteurs. Ces sites seront aussi, pour les écoles et les lycées, des outils pédagogiques

sur la croissance des arbres et sa relation avec le changement climatique. Enfin des étudiants en master ou en doctorat pourront bénéficier de jeux de données réels qui leur permettront de mieux comprendre les impacts du climat sur les essences.

Le réseau pourra, dans un futur proche, partager les données obtenues avec d'autres centres de recherche forestiers, afin de mieux répondre à des questions telles que : quelle est la croissance des essences ou des provenances en fonction des sites ? Quel est l'impact du climat sur les ravageurs et pathogènes des arbres ? Ou encore, quels paramètres climatiques affectent le plus la mortalité d'une espèce ou d'une provenance ? ■

Résumé

Un réseau de 38 arboretums de 2 ha est installé sur l'arc atlantique de 4 pays (Angleterre, France, Espagne, Portugal). Environ 2 000 arbres de 38 essences correspondant à 166 unités génétiques de 12 plants chacun sont répartis dans ces arboretums en tenant compte des spécificités de chaque site. Chaque partenaire s'engage pour un suivi commun de la croissance, de l'état sanitaire et de la phénologie pour une période de 15 ans.

Mots-clés : 38 arboretums, arc atlantique, répartition géographique.

Les sites de démonstration du réseau *Reinfforce*

Par Amélie Castro, CNPF - CRPF Aquitaine

En complément des arboretums, des sites de démonstration Reinfforce testent et comparent différentes modalités de gestions sylvicoles : préparation du sol, densité de plantation, impacts de lisières, structure et composition des peuplements, etc. Combien de sites et où ? Quelles problématiques sont testées ? En primeur, quelques résultats du site aquitain.

Les rapports scientifiques sur le changement climatique s'inquiètent systématiquement des conséquences de ses évolutions sur les productions agricoles et forestières. La forêt, par la longueur de ses cycles sur plusieurs dizaines ou centaines d'années suivant les territoires et les essences, concentre les questions sur la capacité d'adaptation des écosystèmes forestiers.

Les forestiers face au changement climatique

Pour le forestier, les questions sont donc nombreuses suite à la lecture de ces rapports. Les peuplements forestiers actuels pourront-ils s'adapter ? Quelles seront les conséquences sur la croissance et la productivité des essences ? Comment anticiper et gérer ces effets ? Comment appréhender la grande incertitude qui règne sur l'influence du change-

ment climatique sur la fréquence et l'intensité de phénomènes climatiques extrêmes (sécheresse, gelées, tempêtes), ou sur les maladies et ravageurs ? Peut-on réduire la vulnérabilité des peuplements pour disposer d'une certaine sécurité sur les investissements forestiers ?

L'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone dans l'air favorise la croissance de certains peuplements, mais quelle sera l'interaction avec l'augmentation des risques ?

Les instituts de recherche ont orienté une part importante de leurs travaux sur l'évaluation fine des impacts des changements annoncés. La somme de connaissances acquises, évaluée par le nombre d'articles parus ces dernières années sur les forêts et le changement climatique, est impressionnante. L'Inra a ainsi publié plus de 200 articles dans le domaine du changement climatique en interaction avec l'agriculture ou la forêt en 2014.



Site de démonstration DS26 à Saint Paul-en-born (Landes). Essai densité de pin maritime et essai croissance eucalyptus, en septembre 2011 (première année de végétation).

Du laboratoire à la parcelle forestière

Si les modèles s'affinent et si les résultats scientifiques s'accumulent, il reste difficile d'apporter des réponses concrètes aux sylviculteurs, applicables dès aujourd'hui dans leurs propriétés. Le réseau *Reinfforce* apporte une contribution importante pour la résolution de cette épineuse question par l'installation d'un ensemble de sites de démonstration. Dans ce réseau, différentes modalités sylvicoles sont comparées et testées. Les dispositifs installés peuvent être constitués par des placettes de démonstration, destinées à servir d'exemple, ou par des essais plus ou moins élaborés permettant de comparer différents itinéraires ou techniques sylvicoles. Ce réseau est complémentaire de celui des arboretums, dont l'objectif scientifique est d'évaluer la survie et la croissance d'un panel d'essences forestières européennes et exotiques sur un gradient climatique.

1) Amendement destiné à restaurer ou améliorer les propriétés physiques, chimiques ou biologiques des sols, apporté sous forme de poudre ou de petits fragments de charbon de bois.

Différentes options de gestion en test

Dans la mise en place des sites de démonstration, différents axes de travail sont choisis par les partenaires (*tableau 1*):

> préparation du sol avant plantation, comparant différentes techniques (labour, disquage,

sous-solage), différents outils et leurs effets sur la stabilité, la gestion de la végétation concurrente et la croissance.

> stratégie de gestion de la densité ou prévision d'éclaircies des peuplements dans l'objectif de réduire la concurrence pour l'eau entre les arbres et évaluer l'effet sur les pertes de croissance et les dépérissements. En corollaire, plusieurs sites développent une stratégie de gestion du sous-bois.

> développement des lisières des peuplements. Ces interfaces jouent dans certains cas un rôle dans le contrôle des ravageurs, en abritant une population de faune auxiliaire ou en jouant le rôle de barrière.

> la structure et la composition des peuplements. Les dispositifs testent l'effet d'une modification de la structure, d'une substitution d'essence ou d'une augmentation de la diversité des essences sur la sensibilité globale à une modification des conditions climatiques.

> amélioration de la réserve utile, test de l'utilisation de biochar¹⁾ pour modifier les caractéristiques du sol.

L'augmentation en fréquence et en intensité des épisodes de sécheresse est la préoccupation principale affichée par le réseau, à des degrés différents. La crainte de pertes de croissance ou de surmortalités amène à tester de nouvelles façons de gérer la concurrence des arbres entre eux ou avec la végétation

Tableau 1 – Sites de démonstration du réseau *Reinfforce* et les modalités suivies

Axe de travail Gestion forestière	Nombre de dispositifs	Essence principale	Région	Risques concernés
Préparation du sol	1	Pin maritime	Aquitaine	Vent, sécheresse
Gestion de la densité	23	Chêne liège Pin maritime Chêne pédonculé Pin sylvestre Hêtre Pin radiata Bouleau Eucalyptus nitens Douglas	Portugal, Castilla y Leon, Galicia, Cantabria, Euskadi, Navarra, Aquitaine, Poitou-Charentes, Pays de la Loire, Bretagne, Haute et Basse Normandie	Vent, sécheresse, perte de croissance, difficulté de régénération
Gestion des lisières	1	Pin maritime	Aquitaine	Vent, risques biotiques
Substitution d'essences, mélange et test de provenances	5	Chêne liège Chêne pédonculé Châtaignier	Portugal, Aquitaine	Perte de croissance, difficulté de régénération, sécheresse, froid, risques biotiques
Structure du peuplement	7	Hêtre Chêne pédonculé Sapin pectiné Douglas Epicéa de Sitka	Navarra, Bretagne, Scotland, England, Wales	Vent, perte de croissance, difficulté de régénération, risques biotiques
Amélioration de la réserve utile du sol	3	Pin radiata	Euskadi	Sécheresse
Gestion du sous-bois	1	Chêne liège	Portugal	Sécheresse

du sous-bois dont on sous-estime souvent la consommation d'eau. Ce dernier élément peut s'avérer crucial dans le sud du Portugal où la production de liège est un secteur économique important.

Il est moins fréquent de travailler sur les caractéristiques du sol. L'essai installé en Euskadi, qui vise à modifier la réserve utile du sol en incorporant du biochar¹⁾ dans les horizons superficiels est donc une initiative très innovante en forêt cultivée. Les résultats à moyen ou long terme de cette technique sur les caractéristiques de la station, les effets sur la croissance, l'évaluation des coûts et leur intégration dans un modèle économique forestier sont d'autant plus attendus qu'ils intéressent l'ensemble des partenaires du projet.

L'augmentation possible des phénomènes climatiques extrêmes, notamment les tempêtes, même si les modélisations disponibles actuellement font apparaître de grandes incertitudes, est le deuxième sujet de préoccupation. L'effet du travail du sol sur l'ancrage racinaire, et donc la stabilité, fait l'objet d'un dispositif. Mais l'effet sur la stabilité des différentes modalités de gestion de la densité ou de la structure des peuplements est aussi pris en considération.

Enfin, lorsque l'on essaie d'évaluer l'impact du changement climatique en forêt, la notion de risque induit apparaît systématiquement. Les modifications des régimes de température et de précipitations peuvent avoir un effet sur les peuplements forestiers, mais aussi sur les insectes ravageurs et les champignons pathogènes qui les affectent. Les effets prévisibles se combinent : la biologie du prédateur peut être modifiée, comme en témoigne l'exemple maintenant célèbre de la remontée de la chenille processionnaire du pin vers le Nord, mais la sensibilité des arbres peut aussi changer. En particulier, on peut craindre un affaiblissement des défenses naturelles des essences forestières induit par le cumul des épisodes de sécheresse répétés, comme celui subi dans certaines régions de 2003 à 2006. La prise en compte de cette évolution du risque sanitaire, malgré ses contours imprécis, apparaît donc comme un objectif transversal du réseau des sites de démonstration. La diversification des essences, dans un but de production ou d'accompagnement, est l'une des options testées. La modification de la structure horizontale et verticale du peuplement conduit à une hétérogénéité à une échelle plus ou moins fine.

Elle peut permettre de créer un abri plus ou moins efficace pour protéger la régénération des extrêmes climatiques. C'est une réponse possible dont les effets doivent être évalués.

Mutualiser les références

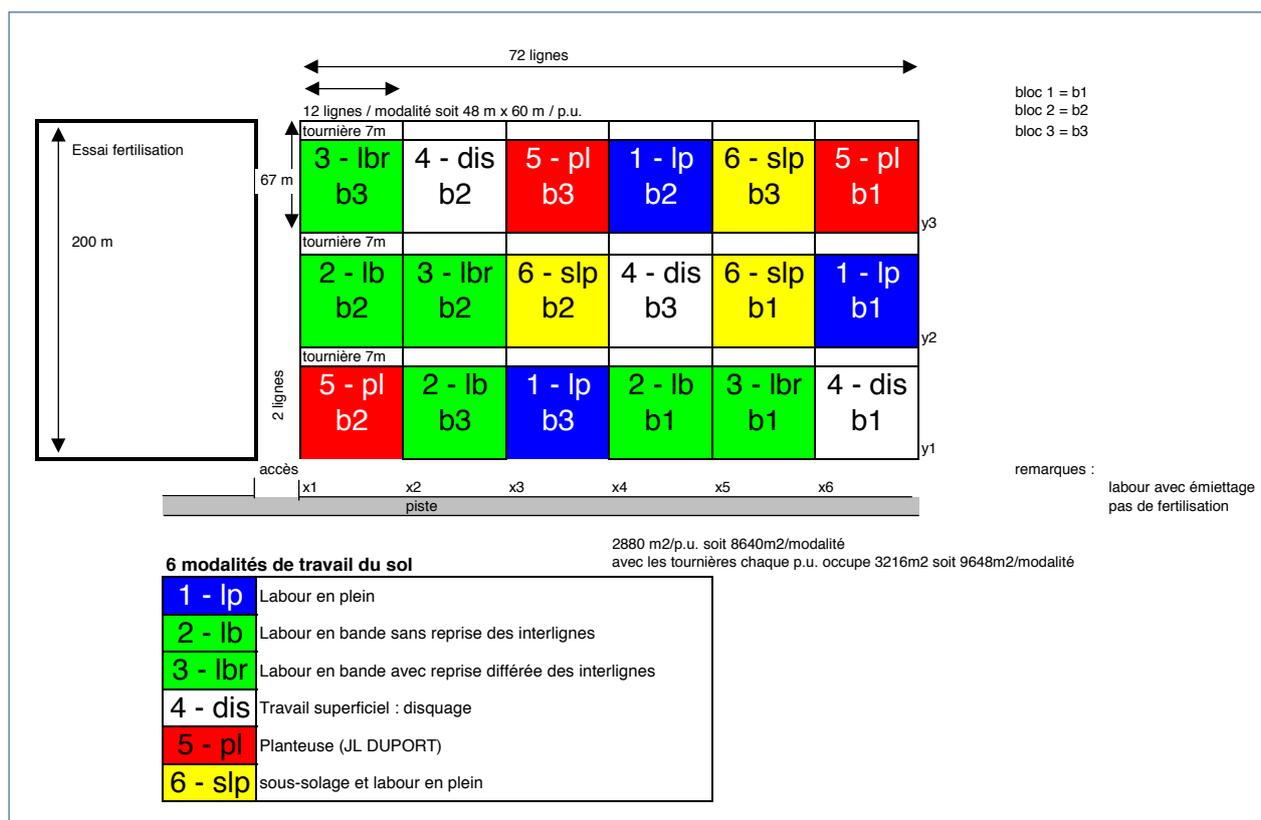
L'originalité du réseau tient au fait que les axes de travail sont définis en commun, sur la base d'études régionales sur les effets attendus du changement climatique et ses conséquences possibles sur les principales essences de production, produites dans le cadre du projet et partagées entre les partenaires. Pour autant, chaque site est adapté au contexte régional, à l'essence de production choisie et aux risques majeurs identifiés, afin de pouvoir apporter des réponses aux attentes locales. C'est une différence avec le réseau des arboretums, conçu pour pouvoir fournir des données harmonisées à l'échelle du réseau par des dispositifs comparables.

Le réseau *Reinforce* met en place une base harmonisée de collecte des données, *Forestrials*, sur l'ensemble de la façade atlantique européenne. Elle facilite le partage des informations entre les partenaires, qui sont aussi adhérents d'EFIATLANTIC.

L'objectif est de référencer les essais forestiers suivis dans les différentes régions. Les caractéristiques stationnelles et les essences forestières sont saisies *a minima* ; ces données peuvent être complétées par les résultats des mesures des peuplements. Cette base, gérée par EFIATLANTIC, donne une visibilité aux parcelles expérimentales bénéficiant de suivis à long terme. Elle est ouverte à toute organisation souhaitant partager des informations sur ses sites expérimentaux en Europe.

Le réseau *Reinforce* a démontré, comme d'autres avant lui, la difficulté de franchir la frontière entre les modèles et projections du changement climatique et la réalité de la gestion quotidienne des peuplements forestiers. Les incertitudes et les effets combinés ou induits sont des obstacles puissants à l'élaboration de réponses simples et concrètes. C'est dans ces circonstances que l'on mesure l'intérêt de mettre en place et de suivre dans le temps des solutions variées, sur un gradient de climats et de stations inhabituel, en mutualisant les références et les compétences. L'innovation apportée par *Reinforce* réside aussi dans cette architecture de réseau à l'échelle européenne, qui offre une base solide pour une approche plus intégrée de la gestion des risques en forêt.

L'essai *travail du sol* d'Arengosse (40) : précurseur du réseau Trasol



Après la tempête de 2009, la réalisation d'un travail du sol avant plantation de pin maritime, par un labour classique en bande à la charrue bi ou tri-socs suivi d'un émiettage au cover-crop, a fait l'objet de débats. L'impact des travaux sur le développement du système racinaire et la stabilité du peuplement fait partie des questions posées.

Le CRPF Aquitaine, en lien avec le CPFA (GPF Grande Lande et Born) et l'IDF, a donc proposé la mise en place d'un essai comparatif de six techniques de préparation du sol avant plantation.

Dans l'optique du projet *Reinforce*, les effets sur la gestion de la végétation concurrente sont aussi me-

surés, en prenant l'hypothèse que la réduction de la concurrence a un effet sur la disponibilité en eau pour les jeunes plants sensibles à la sécheresse.

Le dispositif est installé durant l'hiver 2012/2013 sur une coupe rase d'environ 5 ha, résultant de la tempête. Il s'agit d'un terrain relativement humide (dominance de la molinie bleue avec présence de fougère aigle par taches) avec présence d'aliôs. Les rémanents d'exploitation ont été broyés et les souches renversées par le vent évacuées. Le site de démonstration comprend trois blocs de six modalités pour compenser l'hétérogénéité de l'aliôs.

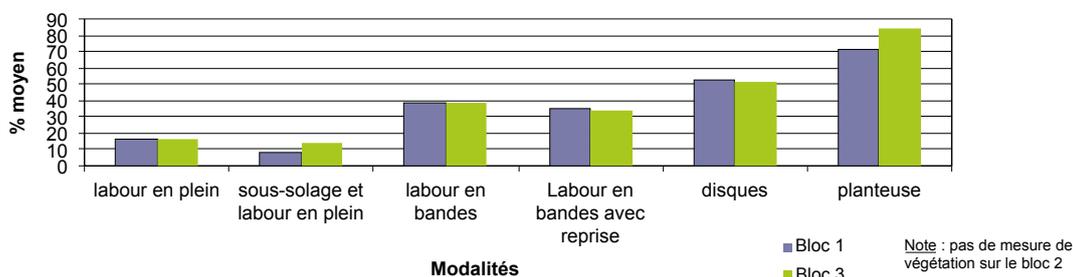
Les six modalités testées :

Labour en plein	Réalisé à la charrue bi-socs suivi d'un émiettage à la charrue à disques
Labour en plein et sous-solage	Modalité ci-dessus complétée par un sous-solage à 1,20 m
Labour en bande sans reprise	Réalisé à la charrue bi-socs suivi d'un émiettage à la charrue à disques
Labour en bande avec reprise	Modalité ci-dessus complétée par une reprise de labour de l'interligne avant trois ans
Planteuse «Foravenir»	Passage d'un scarificateur puis plantation à la planteuse
Disquage	Passage croisé de la charrue à disques

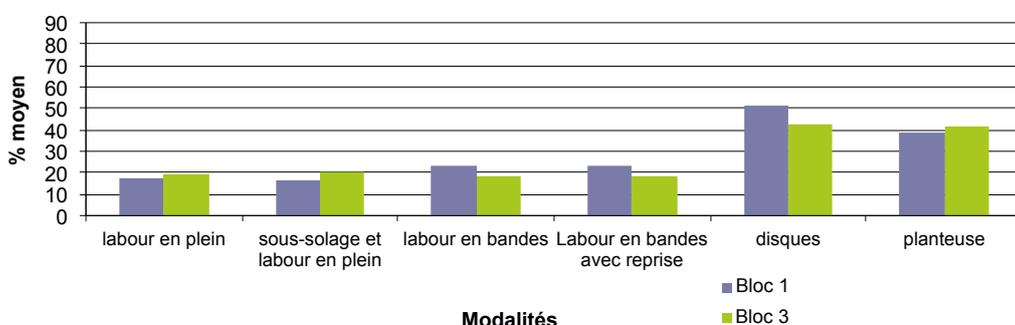
En 2013 et 2014, des mesures de survie, hauteur et recouvrement de la végétation sur la ligne et l'interligne ont été réalisées. L'abroustissement a aussi été relevé.

Dans le futur, outre les mesures de croissance, l'écart à la verticalité, (indicateur de stabilité sur pin maritime), sera aussi mesuré.

Recouvrement de la végétation totale sur l'interligne en année 1

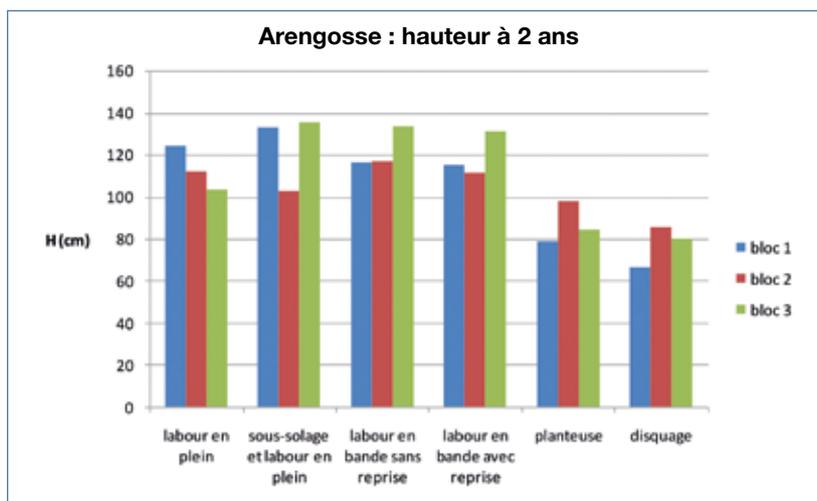


Recouvrement de la végétation totale sur la ligne de plantation en année 1



À un an, on constate une différence significative du pourcentage de recouvrement de la végétation sur la ligne entre les modalités disques et planteuse et les autres. Sur l'interligne, les modalités labour en plein et sous-solage et labour en plein sont significativement plus faibles que les autres (< 20 %). La planteuse présente la largeur travaillée la plus faible, la végétation sur l'interligne n'est pratiquement pas affectée par la préparation du sol.

Arengosse : hauteur à 2 ans



À deux ans, les pins plantés dans les modalités disques ou planteuse sont significativement plus petits que dans les autres modalités. À un an, la mortalité est plus élevée dans la modalité disques, même si le taux de reprise reste satisfaisant (11,4 % de plants morts contre 0 à 1,9 % dans les labours et 3,9 % pour la planteuse). L'essai d'Arengosse, installé chez M. et Mme Servain a été dupliqué dans le cadre du réseau Trasol du Groupement d'Intérêt Scientifique Pin maritime du futur.

Remerciements à

Dominique Merzeau, Jean-Raymond Liargou, Rebeca Cordero-Debets, Sylvain Bazas, Cédric Barlet et Pierre Teyssier.

Résumé

Dans l'arc atlantique, en complément des arboretums, des sites de démonstrations *Reinforce* testent et comparent différentes modalités de gestion sylvicole : préparation du sol, densité, lisière, substitution d'essences, structure et composition des peuplements, etc. L'innovation du réseau européen *Reinforce* apporte une base solide pour une approche plus intégrée de la gestion des risques en forêt et l'adaptation au changement climatique.

Mots-clés : *Reinforce*, sites de démonstration, tests des différentes sylvicultures, changement climatique.

Les sites **Reinforce** en France

par Éric Paillassa, ingénieur CNPF-IDF



Localisé sur la façade atlantique de l'Europe, le programme Reinforce concerne cinq régions françaises : Aquitaine, Poitou-Charentes, Pays de la Loire, Bretagne et Normandie. 28 dispositifs sont mis en place sur ces cinq régions : 14 arboretums et 14 sites de démonstration. La diversité des essences et des thématiques étudiées sera source d'informations utiles pour les forestiers.

Regardez la vidéo de la plantation : <http://bit.ly/1ckHFaG>



Parmi les 10 partenaires du programme, trois partenaires français ont mis en place les 28 sites français.

Afin de couvrir la partie française de la façade atlantique concernée, un partage géographique est retenu entre les 3 partenaires. L'Inra de Bordeaux a mis en place les arboretums aquitains, le CRPF Aquitaine a mis en place les sites de démonstrations aquitains, et l'IDF, avec le soutien des CRPF Poitou-Charentes, Pays de la Loire, Bretagne et Normandie, a

mis en place les arboretums et les sites de démonstration sur les quatre autres régions.

14 arboretums sur la façade atlantique

Dans le cadre du programme, un total de 14 arboretums est mis en place (voir figure 1 : carte de localisation des arboretums français) :

- > 5 en Aquitaine,
- > 3 en Poitou-Charentes,

Tableau 1 - Localisation des 14 arboretums français du nord au sud

Réf.	Nom de l'arboretum	Organisme responsable	Région	Département	Commune	Antécédent culturel	Observation sur le choix du site
AR04	Harcourt	CNPF-IDF	Normandie	Eure	Harcourt	Prairie	Proximité du Domaine d'Harcourt et de son arboretum
AR05	La Chaumouffière	CNPF-IDF	Normandie	Orne	Monceaux au Perche	Prairie	Représentatif du massif forestier du Perche
AR06	Vaumadeuc	CNPF-IDF	Bretagne	Côte d'Armor	Pleven	Prairie	Proximité du massif forestier de la Hunaudaye
AR07	Priziac	CNPF-IDF	Bretagne	Morbihan	Priziac	Prairie	
AR08	Pécheseul	CNPF-IDF	Pays de la Loire	Sarthe	Avoise	Peuplement d'épicéa	
AR09	Bécon les Granits	CNPF-IDF	Pays de la Loire	Maine et Loire	Bécon les Granits	Culture	
AR10	Chantecorps	CNPF-IDF	Poitou-Charentes	Deux-Sèvres	Chantecorps	Peuplement de châtaignier	
AR11	Chey	CNPF-IDF	Poitou-Charentes	Deux-Sèvres	Chey	Peuplement de chênes	
AR12	La Chétardie	CNPF-IDF	Poitou-Charentes	Charente	Exideuil	Prairie	
AR13	La Bonne Foussie	Inra	Aquitaine	Dordogne	Sarlande	Culture	Représentatif du massif forestier de Dordogne
AR14	Castillonville	Inra	Aquitaine	Gironde	Cestas	Peuplement de pin maritime	Représentatif du massif forestier des Landes de Gascogne
AR15	Domaine des Agreaux	Inra	Aquitaine	Landes	Retjons	Peuplement de pin maritime	Représentatif du massif forestier des Landes de Gascogne
AR16	Domaine d'Ognoas	Inra	Aquitaine	Landes	Le Frêche	Prairie	Représentatif du massif forestier des Landes de Gascogne
AR17	Moulin de Habas	Inra	Aquitaine	Pyrénées-Atlantiques	Bayonne	Prairie	



Arboretum d'Exideuil.

- > 2 en Pays de la Loire,
- > 2 en Bretagne,
- > 2 en Normandie.

Le choix de la localisation de ces arboretums est décidé de manière à couvrir au mieux la diversité des conditions pédo-climatiques intéressantes pour la production forestière de la zone d'étude. Ainsi, par exemple en Aquitaine, le choix d'un site en Dordogne, de trois sites dans les Landes et d'un site en Pyrénées-Atlantiques couvre les principaux massifs forestiers aquitains.

Ces arboretums sont installés en forêt privée pour 11 d'entre-eux et 3 en forêt publique (2 forêts de conseils généraux et une communale). Le tableau 1 reprend, du nord au sud, les localisations des 14 arboretums et précise l'antécédent culturel et la zone forestière d'intérêt.

Le choix des sites est aussi guidé par la qualité des sols forestiers. En effet, dans le cadre de

ce programme, l'évaluation des potentialités des essences ne devait pas être biaisée par un effet sol limitant pour la survie ou la croissance de l'essence, et pour permettre une estimation à partir de bons sols forestiers locaux et du climat local actuel. Ainsi lors du choix des sites, ceux présentant des sols avec des facteurs limitants forts comme une hydromorphie marquée, ou un excès de calcaire actif n'ont pas été retenus. Le tableau 2 présente les principales caractéristiques du sol des 14 arboretums.

Les caractéristiques générales des sols des 14 sites confirment la diversité de situations pédologiques (type de sol, pH, roche-mère, texture) chacune représentative des sols forestiers de leur région.

Les différents climats de la façade atlantique française sont bien représentés par le choix de ces localisations. Le tableau 3 présente des éléments climatiques des 14 sites.

Tableau 2 - Principales caractéristiques du sol des 14 arboretums français

Réf.	Nom de l'arboretum	Région	Type de sol	pH	Roche mère	Texture
AR04	Harcourt	Normandie	Sol lessivé à hydromorphie temporaire	4,5	Limons des plateaux	limoneuse
AR05	La Chaumouffière	Normandie	Sol lessivé	5,2	Sables du Perche	limon sableux puis argileuse
AR06	Vaumadeuc	Bretagne	Sol brun	5,2	Schistes micacés	limoneuse puis argileuse
AR07	Priziac	Bretagne	Sol brun	5,2	Granite	limoneuse puis sableuse
AR08	Pécheseul	Pays de la Loire	Sol brun acide	4,8	Alluvions fluviales	sableuse
AR09	Bécon les Granits	Pays de la Loire	Sol lessivé hydromorphe	5,2	Granite	limoneuse puis argileuse
AR10	Chantecorps	Poitou-Charentes	Sol brun acide à hydromorphie temporaire en profondeur	4,5	Argile à silex	limono-argileuse
AR11	Chey	Poitou-Charentes	Sol lessivé	5,2	Calcaires	limoneuse puis argileuse
AR12	La Chétardie	Poitou-Charentes	Sol hydromorphe	5,5	Diorites quartzique	limon sableux
AR13	La Bonne Foussie	Aquitaine	Sol brun	4,7	Limon	sablo-limoneuse
AR14	Castillonville	Aquitaine	Podzol	3,9	Sables éoliens	sableuse
AR15	Domaine des Agreaux	Aquitaine	Podzol	3,7	Sables éoliens	sableuse
AR16	Domaine d'Ognoas	Aquitaine	Sol brun	4,6	Alluvions fluviales	limoneuse
AR17	Moulin de Habas	Aquitaine	Sol brun	5,8	Alluvions fluviales	limono-argileuse

Tableau 3 - Caractéristiques climatiques des 14 arboretums français

Réf.	Nom de l'arboretum	Température moyenne ¹ annuelle en °C	Température moyenne ¹ du mois le plus froid en °C	Précipitations moyennes ¹ annuelles en mm	Nombre ¹ de jours de gel par an
AR04	Harcourt	10,8	0,9	757	59
AR05	La Chaumouffière	10,6	0,8	795	67
AR06	Vaumadeuc	11,2	3,0	794	32
AR07	Priziac	10,9	2,5	1210	30
AR08	Pécheseul	11,6	1,7	688	48
AR09	Bécon les Granits	12,1	2,5	682	35
AR10	Chantecorps	11,9	1,4	996	51
AR11	Chey	12,1	1,7	943	51
AR12	La Chétardie	12,0	1,4	898	55
AR13	La Bonne Foussie	11,1	- 1,0	914	40
AR14	Castillonville	12,6	- 1,0	846	28
AR15	Domaine des Agreux	12,3	6,0	680	53
AR16	Domaine d'Ognoas	12,6	8,0	918	53
AR17	Moulin de Habas	13,2	4,0	1149	17

¹ : moyenne trentenaire

La température moyenne annuelle des sites se répartit entre 10,8 °C et 13,2 °C soit une amplitude non négligeable de 2,4 °C. Cela devrait permettre de suivre l'effet de la température sur la croissance des essences. De même, avec une température moyenne du mois le plus froid (généralement le mois de janvier) qui oscille entre -1 °C et 8 °C, soit 9 °C d'amplitude et un nombre de jours de gel qui varie de 17 à 67 jours, ces sites permettront d'apprécier la résistance au froid des essences. Enfin, les cumuls annuels de précipitations, qui se répartissent de 680 à 1 210 mm, permettront d'apprécier l'adaptation des essences étudiées à des conditions plus ou moins sèches ou plus ou moins humides.

Ainsi, ces 14 arboretums réalisés devraient permettre d'apprécier l'adaptation des essences étudiées dans un panel varié de conditions pédo-climatiques françaises.

14 sites de démonstration

Pour les arboretums, le choix des essences étudiées et le plan d'expérience sont fixés pour l'ensemble du programme. Pour les sites de démonstration, le choix des thèmes à expérimenter est laissé libre afin que chaque partenaire puisse mettre en place des démonstrations en lien avec des problématiques locales.

Les thématiques expérimentales possibles en lien avec le changement climatique sont nombreuses. Pour les 14 sites prévus en France dans le cadre de ce programme, 7 thématiques différentes ont été retenues :

- le dépérissement du chêne pédonculé avec 6 sites,
- la sylviculture et le risque hydrique chez le douglas avec 2 sites,

- la gestion de peuplements existants avec 1 site,
- la préparation du sol et les risques vent et stress hydrique avec 1 site,
- les cycles courts de production avec 1 site,
- les lisières et le risque vent avec 1 site,
- le changement ou substitution d'essences avec 2 sites.

Ces sites de démonstration sont installés en forêt privée pour 13 d'entre eux et 1 en forêt publique (forêt du conseil général d'Ille et Vilaine). Le tableau 4 présente les 14 sites français de démonstration.

Le dépérissement du chêne pédonculé

Les 6 sites (DS30, DS31, DS32, DS33, DS35, DS37) ont été mis en place dans des peuplements de chênes adultes sur lesquels des dépérissements ont été notés en 2010/2011. En 2012, sur la partie dépérissante de ces peuplements, une identification individuelle des chênes a été faite sur une surface d'environ 1 ha, et pour chaque chêne l'état de stress a été noté avec la méthode ARCHI¹⁾ qui évalue le potentiel d'avenir individuel par une notation de l'architecture du houppier. Ce choix expérimental est issu des travaux de l'IDF sur le dépérissement de la chênaie atlantique²⁾.

Préparation du sol et risques vent/sécheresse

Le site DS25, installé sur pin maritime (voir encart page 38 « Les sites de démonstration de *Reinforce* »), évaluera, dans le cadre de la sylviculture pratiquée dans les Landes,

1) La méthode de diagnostic ARCHI : application aux chênes pédonculés

dépérissants ; Drenou C. *et al.* ; 2011, Forêt-entreprise n° 200 pp. 4-15.

2) Les chênaies atlantiques face aux changements climatiques globaux : comprendre et agir ; Lemaire J. *et al.* ; 2010, Forêt-entreprise n° 191, pp. 50-53.

l'impact des techniques de préparation du sol sur la stabilité future du peuplement (effet sur la qualité de l'ancrage de l'enracinement des pins), mais aussi sur le risque de stress hydrique (effet sur la performance de captage de l'eau par l'enracinement mis en place). Ce choix expérimental est issu des conclusions techniques suite à la tempête Klaus de 2009.

Cycle court de production

Le site DS26, installé dans le massif Landais, évaluera l'intérêt du choix de réalisation de cycle court de production de bois d'œuvre pour limiter l'exposition des peuplements adultes aux risques de vents récurrents. Deux essences à cycle de production court sont retenues : l'une traditionnelle, le pin maritime et l'autre prospective, l'eucalyptus. Ce choix expérimental est issu des conclusions techniques suite à la tempête Klaus de 2009.

Figure 1 - Carte de localisation des arboretums en rouge et sites de démonstration en bleu

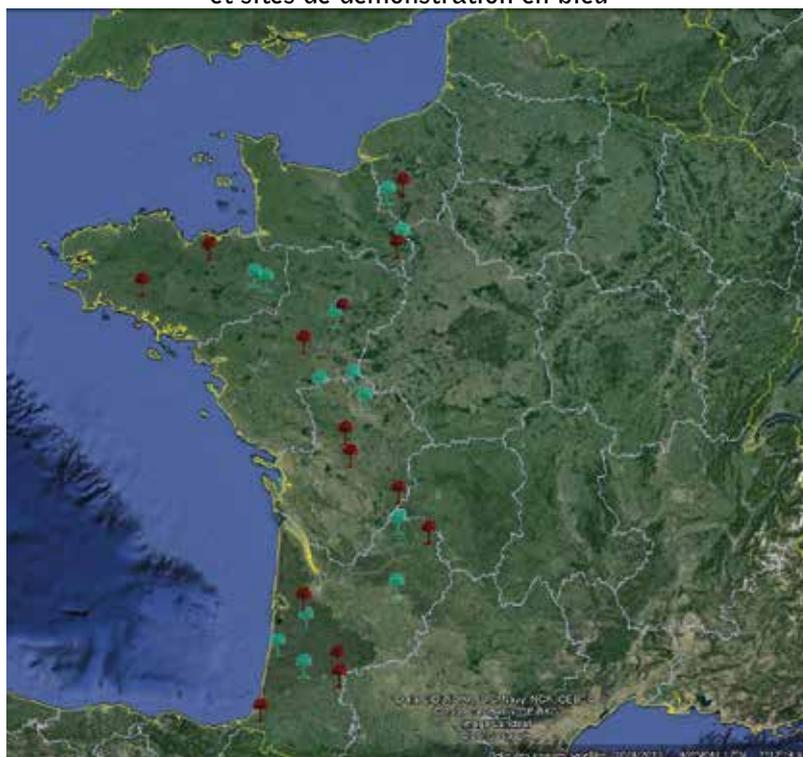


Tableau 4 - Les 14 sites de démonstration et modalités suivies

Réf.	Nom du site	Organisme responsable	Région	Dépt.	Commune	Thème	Description
DS25	Les pins de Toulouse	CRPF Aquitaine	Aquitaine	40	Arrengeosse	Préparation du sol et risques vent / sécheresse	6 techniques évaluées sur pin maritime
DS26	La Brouquette	CRPF Aquitaine	Aquitaine	40	Saint-Paul-en-Born	Cycle court de production	4 densités de plantation sur pin maritime et deux sur eucalyptus
DS27	La Courrège	CRPF Aquitaine	Aquitaine	33	Belin-Beliet	Lisière et risque vent	Plantation de pin maritime avec ou sans lisière de protection
DS28	Bouyssonat	CRPF Aquitaine	Aquitaine	24	Lamonzie-Montastruc	Changement d'essence	Remplacement du châtaignier par du cèdre de l'Atlas et du pin laricio
DS29	La Chapoulie	CRPF Aquitaine	Aquitaine	24	Saint-Martin-le-Pin	Changement d'essence	Remplacement du châtaignier par du chêne sessile, du cèdre de l'Atlas et du pin laricio
DS30	Verrue	CNPF-IDF	Poitou-Charentes	86	Verrue	Dépérissement chêne pédonculé	Suivi de l'état de stress de chênes par la méthode ARCHI
DS31	Bois de Noirpin	CNPF-IDF	Poitou-Charentes	79	Saint Maurice la Fougereuse	Dépérissement chêne pédonculé	Suivi de l'état de stress de chênes par la méthode ARCHI
DS32	Raslay	CNPF-IDF	Poitou-Charentes	86	Raslay	Dépérissement chêne pédonculé	Suivi de l'état de stress de chênes par la méthode ARCHI
DS33	Forêt de Malpaire	CNPF-IDF	Pays de la Loire	72	Précigné	Dépérissement chêne pédonculé	Suivi de l'état de stress de chênes par la méthode ARCHI
DS34	Bois de Pêcheseul	CNPF-IDF	Pays de la Loire	72	Avoise	Sylviculture et risque hydrique	Comparaison de 3 itinéraires d'éclaircie sur douglas
DS35	Forêt de Corbières	CNPF-IDF	Bretagne	35	La Bouëxière	Dépérissement chêne pédonculé	Suivi de l'état de stress de chênes par la méthode ARCHI
DS36	Saint-Sulpice	CNPF-IDF	Bretagne	35	Saint Sulpice la Forêt	Gestion de peuplement existant	Suivi de 3 modalités de gestion avec sapin pectiné, chêne, pin, hêtre
DS37	Moussonvilliers	CNPF-IDF	Normandie	61	Moussonvilliers	Dépérissement chêne pédonculé	Suivi de l'état de stress de chênes par la méthode ARCHI
DS38	Caorche-Saint-Nicolas	CNPF-IDF	Normandie	27	Caorche-Saint-Nicolas	Sylviculture et risque hydrique	Comparaison du comportement du douglas sur stations avec et sans risque de stress hydrique

Lisière et risque vent

Le site DS27, installé dans le massif Landais, évaluera l'effet d'une lisière sur la stabilité du peuplement en arrière, par rapport au vent. L'hypothèse du rôle positif des lisières sur la stabilité des peuplements a été émise après les tempêtes Lothar et Martin en 1999, et Klaus en 2009. Ce dispositif est une première tentative d'évaluation.

Changement ou substitution d'essence(s)

Les deux sites (DS28 et DS29) évalueront, face au risque du changement climatique et pour une station à risque (plus séchante), l'option du changement d'essence en choisissant des essences normalement moins exposées au risque de stress hydrique. Cette option du changement d'essence, suite à une exploitation, est envisagée surtout pour les stations à risque de stress hydrique.

Sylviculture et risque hydrique

Les deux sites DS38 et DS34, installés sur douglas d'une quinzaine d'années, évalueront le risque de stress hydrique et ses effets sur la croissance soit en fonction d'itinéraires d'éclaircie différents (DS34) soit en fonction de la station (DS38). L'évaluation du stress hydrique sera réalisée en utilisant l'outil Biljou³⁾ et la croissance sera suivie annuellement.

Gestion de peuplement existant

Le site DS36 comparera, sur un même site de 3 ha avec des peuplements existants de 40 ans, 3 options de gestion choisies en fonction de 3 hypothèses graduelles sur le changement climatique. La première option est une futaie de sapin pectiné menée classiquement : l'hypothèse est que le changement sera négligeable et sans impact sur la forêt. La deu-

xième option est un peuplement hétérogène à base de feuillus et de résineux dans lequel aucune essence nouvelle a été introduite : l'hypothèse est que si changement il y a, le peuplement existant sera suffisamment résilient. Enfin la troisième option est un peuplement hétérogène à base de feuillus et de résineux pour lequel un enrichissement orienté changement climatique a été fait du point de vue des essences : l'hypothèse est que le changement sera important et qu'il est nécessaire d'aider le peuplement par des introductions adaptées (chêne sessile, cèdre de l'Atlas et alisier). Ce choix expérimental est fait suite aux interrogations de gestion que se posait le propriétaire sur l'avenir de sa parcelle et aux options envisagées face aux incertitudes sur le changement climatique.

Conclusion

Ces sites expérimentaux (arboretum et démonstration) réalisés récemment devraient produire de l'information relativement rapidement pour la majorité d'entre eux. Les résultats seront alors largement diffusés.

Pour les forestiers de ces 5 régions atlantiques, ces 28 sites seront des lieux privilégiés de vulgarisation sur le changement climatique pour les années à venir. ■

Résumé

En France, le programme européen *Reinforce* a installé 14 arboretums et 14 sites de démonstration sur la façade atlantique : Aquitaine, Poitou-Charentes, Pays de la Loire, Bretagne, Normandie. La localisation des 14 arboretums représente un panel varié de conditions pédo-climatiques françaises. L'adaptation des essences face au changement climatique sera ainsi évaluée. Dans les 14 sites de démonstration, des thématiques expérimentales en lien avec le changement climatique seront étudiées.

Mots-clés : *Reinforce*, 14 arboretums, 14 sites de démonstration, façade atlantique.

3) BILJOU, un modèle de bilan hydrique journalier développé par l'UMR écologie et écophysiologie forestières de l'Inra.

Conditions optimales pour la mise en place, la protection et l'entretien des arboretums

Sur chaque site retenu, les opérations de préparation du sol ont été adaptées à chaque situation, en fonction de l'antécédent et de la qualité des sols, afin d'assurer une installation optimale des plants. Ainsi par exemple, si sur certaines parcelles anciennement agricole un sous-solage a été nécessaire, d'autres plus forestières n'ont fait l'objet d'aucune préparation.

Par ailleurs face au risque gibier, le choix de la clôture a été fait pour tous les arboretums : 2 m pour le cerf et 1,50 m pour le chevreuil. En plus de cette protection, la pose de protections lapin a été nécessaire sur quelques sites. Enfin contre les mulots, la seule protection envisagée a été un libre accès aux renards et autres buses.

Après plantation, des entretiens du sol sur la ligne ont été réalisés les deux premières années et plus pour les plants les moins poussants ou vigoureux.

Les entretiens du sol entre lignes sont réalisés tous les ans pour garder un accès à chaque plant.

Les coûts de ses travaux ont été pris en charge par le programme *Reinforce* jusqu'en fin de deuxième année.

Gestion et partage des données du réseau *Reinfforce*

par Christophe Orazio et Rebeca Cordero-Debets¹⁾

Pour valoriser au mieux les résultats, une base homogène et accessible pour les données collectées est le fruit d'une concertation remarquable entre les différents partenaires ainsi que de leur engagement à sa pérennité.

1) Atlantic European Regional Office of the European Forest Institute – EFIATLANTIC, F-33612 Cestas

Les partenaires du réseau *Reinfforce* ont récemment signé un engagement pour partager les données qu'ils collecteront sur les dispositifs du réseau pendant 15 ans. L'accord de consortium prévoit que pour assurer une bonne valorisation de ces données, elles seront partagées et accessibles par tous, avec une propriété intellectuelle pour chaque organisme gestionnaire de site pendant 5 ans. Passé ce délai, l'accès aux données est ouvert à l'ensemble des partenaires du réseau *Reinfforce*. Si d'un point de vue théorique ce travail de partage est simple, d'un point de vue technique il a imposé plusieurs mesures :

- > la mise en place de protocoles communs pour la description des sites et les données récoltées tout le long de la vie du réseau,
- > la mise en place d'un outil informatique permettant l'édition de données en local et à distance, tout en assurant la cohérence des données collectées sur tous les sites pendant 15 ans,
- > le développement d'un outil pour la récolte de données sur le terrain.

Le protocole commun

Les données collectées étant des données communément récoltées par les acteurs du monde forestier, les principales difficultés à surmonter furent sur les méthodes, les définitions, les unités de mesure et les encodages afin de prendre en compte les pratiques de 10 organismes dans 4 pays différents. Pour assurer l'homogénéité des données à mesurer sur les sites *Reinfforce* (suivi de la croissance, état sanitaire et phénologie), les partenaires du réseau se sont entendus sur les différentes grandeurs à suivre sur les différents sites ainsi que sur un protocole commun.

La liste des variables mesurées sur le terrain est présentée dans le tableau ci-contre, et la dernière version du protocole utilisé par les partenaires est disponible en ligne sur le site du réseau : <http://reinfforce.iefc.net>.

Les organismes en charge du suivi des arbo-returns ont des équipes rodées au suivi dendrométrique des arbres et donc les méthodes de mesure et de description des houppiers sont rappelées dans le protocole à titre indicatif pour éviter que la diversité des pratiques entre les pays n'engendre une hétérogénéité dans les données.

Le protocole de suivi de l'état sanitaire de chaque arbre a été conçu avec des experts qui ont simplifié au maximum la description des symptômes afin que les relevés puissent être effectués par des non spécialistes. Il définit un code caractérisant l'intensité des dégâts observés (décoloration, défoliation ou mortalité) et un code pour la nature du symptôme qui permet d'identifier le type d'agent responsable du problème sanitaire. Il est aussi prévu de pouvoir partager des photos d'arbres sur le serveur du projet afin que les agents parasites de dégâts significatifs puissent être identifiés par les experts du réseau.

Liste des variables mesurées sur le terrain

Date et équipe collectant les données
Données site
Latitude, longitude et altitude
Protections contre le gibier utilisées
Topographie
Description de sols
Roche mère
Analyses de sol
Description du sous-bois
Données météo quotidiennes
Données arbres
Numéro de l'arbre
Hauteur totale
Circonférence à 1,3 m ou au collet
Mort ou vif
Dominance apicale pour les arbres de plus de 6 m
Forme
Dégâts biotiques ou abiotiques
État de la couronne
Présence et/ou absence d'agent biotique ou abiotique
Phénologie (échelle BBCH adaptée pour <i>Reinfforce</i>)

La phénologie est la science qui étudie les stades de développement des plantes : le débourrement, la floraison, l'élongation des tiges, l'apparition des feuilles, la chute des feuilles, , etc.

L'intérêt de telles observations réside dans la compréhension de la réaction des différentes espèces forestières aux différentes conditions climatiques. Ces phénomènes faciles à décrire d'un point de vue qualitatif sont complexes à décrire de manière quantitative. Le réseau *Reinforce* fait donc un travail spécifique de collecte de photos et d'analyse des cycles biologiques (hors appareils reproducteurs), pour pouvoir associer des indices phénologiques précis de type BBCH²⁾ aux 38 essences présentes dans les arboretums. Ce travail de fond est indispensable afin de s'assurer que les notations seront homogènes sur tous les dispositifs et permettront de comparer la précocité des phénomènes entre les sites.

La base de données Treedata

Pour pouvoir partager des informations pendant 15 ans entre 4 pays et 10 organismes, il fallait mettre en place un système robuste, qui puisse être maintenu avec un minimum de financement et qui permette des mises à jour

faciles à distance, tout en autorisant le partage des données et la possibilité d'analyses statistiques puissantes.

Le choix a donc été fait de reposer sur des solutions libres avec un serveur de base de données relationnelle MySQL, des fichiers d'échange de données au format csv (*Comma-separated values*) et OpenDocument (format ouvert).

La base de données relationnelle est constituée des tables suivantes :

- > une table de description des sites,
- > une table de description des parcelles de chaque unité génétique (provenances, hybrides, clones),
- > une table de provenance contenant toutes les informations sur l'origine et l'élevage des différentes provenances,
- > une table où chaque arbre est identifié par un code unique,
- > une table des mesures faites sur chaque arbre,
- > une table des données météorologiques quotidiennes associées à chaque site,
- > une liste de description des fichiers stockés (photos, comptes rendus de visites, ...) pour chaque site,
- > une liste des événements notables ayant affecté l'ensemble ou une partie d'un dispositif (tempête, gel, gibier, dégâts d'entretiens, ...).

Les partenaires peuvent donc à tout moment téléverser des fichiers pour mettre à jour les données d'un dispositif dont ils ont la gestion et consulter en lignes les données qu'ils ont remontées.

L'administrateur du système peut accéder aux différentes données par une interface web, mais aussi par des outils de gestion de base de données tels que MS Access ou Openbase, et effectuer des calculs statistiques en interrogeant directement la base par exemple avec le logiciel statistique R.

Les partenaires pourront donc à terme réaliser des analyses pour comparer l'ensemble des espèces les unes par rapport aux autres, ou travailler plus précisément, au sein d'une espèce, la faculté d'adaptation des différentes provenances en comparant leur comportement sur tous les arboretums.

Ces outils d'administration permettent également d'assurer un contrôle qualité et d'identifier les aberrations éventuelles, qui échapperaient aux contraintes de cohérence imposées par la structure de la base.

2) Le Code BBCH est une échelle destinée à identifier les stades de développement phénologique d'une plante. (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie*).



Logiciel commun de recueil de données sur le terrain.

Figure 1 - Page d'accueil de la base commune de partage de données

The screenshot shows the 'Tree data management' page of the IEFC Net website. At the top, there is a header with the IEFC logo and the text 'Support EFAIANTIC' and 'Le réseau pour la gestion durable des forêts cultivées.' Below the header is a navigation menu on the left with categories like 'Structure', 'Services', and 'phytosanitaire'. The main content area is titled 'Tree data management' and contains instructions on how to upload data via a CSV file. It includes a form with fields for 'Data owner', 'Password', 'project' (set to 'REINFORCE'), 'Character set' (set to 'utf8-UTF-8 Unicode'), and 'CSV separator'. Below the form is a 'CHECK YOUR DATA' section with a button to 'Check uploaded data now!'. At the bottom, there is an 'UPLOAD DATA' section with a dropdown menu for 'Table to update' set to 'Plot'.

Afin d'assurer une bonne conservation de l'historique des mesures, chaque partenaire peut télécharger dans un seul fichier de tableur l'ensemble des données qui ont été remontées pour un site. Il est aussi possible pour chaque site de remonter des fichiers avec des comptes rendus de visites, ou des photos ; les photos qui correspondent à des problèmes sanitaires peuvent être spécifiées et pourront être consultées par des experts du risque sanitaire afin de faire un diagnostic plus précis du problème.

L'outil de saisie sur le terrain

La majorité des partenaires étant déjà en charge de sites expérimentaux, disposent d'outils pour la saisie des données sur le terrain. Cependant, les plus petites structures partenaires du réseau étaient demandeuses d'un outil plus adapté que les simples feuilles de papier. Nous avons donc développé un prototype d'outil pour Android, permettant de définir la structure du jeu de données sous forme d'un fichier XML, et de mettre à jour un fichier de données avec une liste d'arbres fournie au format csv (disponible en ligne sur le site web de Reinforce). On obtient ainsi un tableau de 2 000 arbres pour chaque arbo-retum qui peut être remonté en ligne sur le serveur du réseau. L'outil permet aussi la prise d'une photo associée à un arbre.

Conclusion

Le réseau *Reinforce* s'est doté des outils pour assurer l'homogénéité et la cohérence des données récoltées. Cependant, le défi de la collecte de données reste immense. Même si le protocole allégé ne prévoit qu'une visite tous les deux ans pour les données sanitaires et de croissance, cette intensité de suivi reste une charge pour chaque partenaire qui a un minimum de 3 sites. Le réseau est à la recherche de financements dans le cadre de projets sur l'adaptation au changement climatique, afin de pouvoir valoriser au mieux l'infrastructure, en particulier en effectuant des suivis phénologiques et sanitaires intenses sur plusieurs années. Les partenaires sont aussi ouverts à toute collaboration avec d'autres équipes ou d'autres réseaux afin de tirer le meilleur parti des efforts entrepris jusqu'à présent. ■

Résumé

L'ensemble des mesures climatiques et de croissance par arbre – 2 000 arbres X 38 sites pendant 15 ans – sera rassemblé dans une base de données homogène et accessible. Chaque partenaire du réseau *Reinforce* des 4 pays s'engage à mutualiser ses informations et analyses pendant 15 ans.

Mots-clés: *Reinforce*, mesures climatiques et de croissance des arbres, base de données mutualisée.

Le développement de la peupleraie en France

Par Vincent Samain, Clémence Pauchet* et François Clauce**

Comment le peuplier, déjà connu sous l'Antiquité, a-t-il trouvé sa place dans nos paysages ? Ses usages et son intérêt économique ont été moteurs de son évolution au cours de l'histoire.

Un arbre déjà utilisé sous l'Antiquité

Dans son *Histoire générale des plantes* (1614), Jacques Dalechamps nous indique que le peuplier et ses utilisations étaient déjà connus pendant l'Antiquité. Selon lui, Pline l'Ancien¹ et Théophraste² avaient déjà identifié trois types de peupliers (*Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus Libyca*) avec des usages manufacturiers et médicaux³.

Mais une culture décrite assez tardivement (1600-1750)

Paradoxalement, les usages du peuplier sont décrits depuis l'Antiquité, mais il n'existe pas de preuves d'une culture de peupliers avant le XVII^e siècle. Certes, les auteurs indiquaient les types de peupliers et les milieux dans lesquels ils croissaient le mieux, mais ils n'évoquaient pas sa plantation.

À partir du XVII^e siècle, apparaissent des écrits traitant de la plantation et de la culture du peuplier. Dans son ouvrage *Théâtre d'agriculture et mesnage des champs* (1600), Olivier de Serres est le premier à s'exprimer sur le bon usage des « arbres aquatiques ».

Diderot, dans son *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* (1751-1772), mentionne le peuplier noir et le peuplier blanc de Hollande (qui sont des espèces locales), le peuplier d'Italie (apprécié pour son côté esthétique et pour sa rapidité de croissance), le peuplier du Canada (encore rare et récent en France⁴) ainsi que le peuplier de Caroline (connu depuis peu, mais dont la rapidité de croissance était déjà remarquée). L'évocation de ces nouveaux types de peupliers montre également l'arrivée de variétés étrangères en France : l'offre variétale se diversifie.

Une première phase d'expansion du peuplier avec le peuplier d'Italie (1750-1800)

Les écrits du XVIII^e siècle vantent les qualités du peuplier. Ainsi, dans son *Encyclopédie* (1751-1772), Diderot dit du peuplier qu'il « mérite de tenir le premier rang parmi ceux [les arbres] qui se plaisent dans un terrain aquatique ». Sa croissance rapide, sa facilité de plantation et sa résistance aux intempéries sont mises en avant. Pendant la seconde moitié du XVIII^e siècle, ses qualités vont favoriser une plantation importante, surtout de peupliers d'Italie.

En 1765, Jacques Mortimer disait du peuplier de France « On en élève beaucoup dans les lieux où le bois est rare », les peupleraies étaient donc déjà répandues avant l'arrivée du peuplier d'Italie. Néanmoins, l'introduction de ce dernier en France vers 1745-1750 entraîne une phase de plantation massive jusqu'en 1800 environ.

Une « mode » du peuplier d'Italie apparaît. Ce développement est encouragé par certains auteurs avec des arguments économiques,

*stagiaire CRPF étudiant en Master II Aménagement/ Environnement

**CNPFF-CRPF Nord-Pas de Calais-Picardie.

1) Naturaliste romain du premier siècle après JC.

2) écrivain grec des III^e et IV^e siècles avant JC.

3) Pour le peuplier noir : « Son bois est blanc, fort propre pour faire les aix » [...] « Le bois du peuplier est mol, pour ce qui est propre pour faire des targes, ainsi que dit Pline ». Aix = planche de bois ; targes bouclier de bois garni de fer

4) Le plus volumineux était alors âgé de 12 ans.

Usages médicaux : Selon Pline, la semence de peuplier noir associée à du vinaigre servait contre le « haut mal » ou « mal caduc » (l'épilepsie).

Les apothicaires tiraient des bourgeons des peupliers une substance servant à fabriquer le *populéum* : cet onguent traitait l'insomnie et apaisait la fièvre. Dioscoride¹ conseillait l'écorce du peuplier blanc infusée contre la sciatique et la « difficulté d'urine ». Elle aurait aussi un effet contraceptif pour les femmes et serait bénéfique contre les maux d'oreille, la « goutte des pieds » et la « débilité de la vue ».

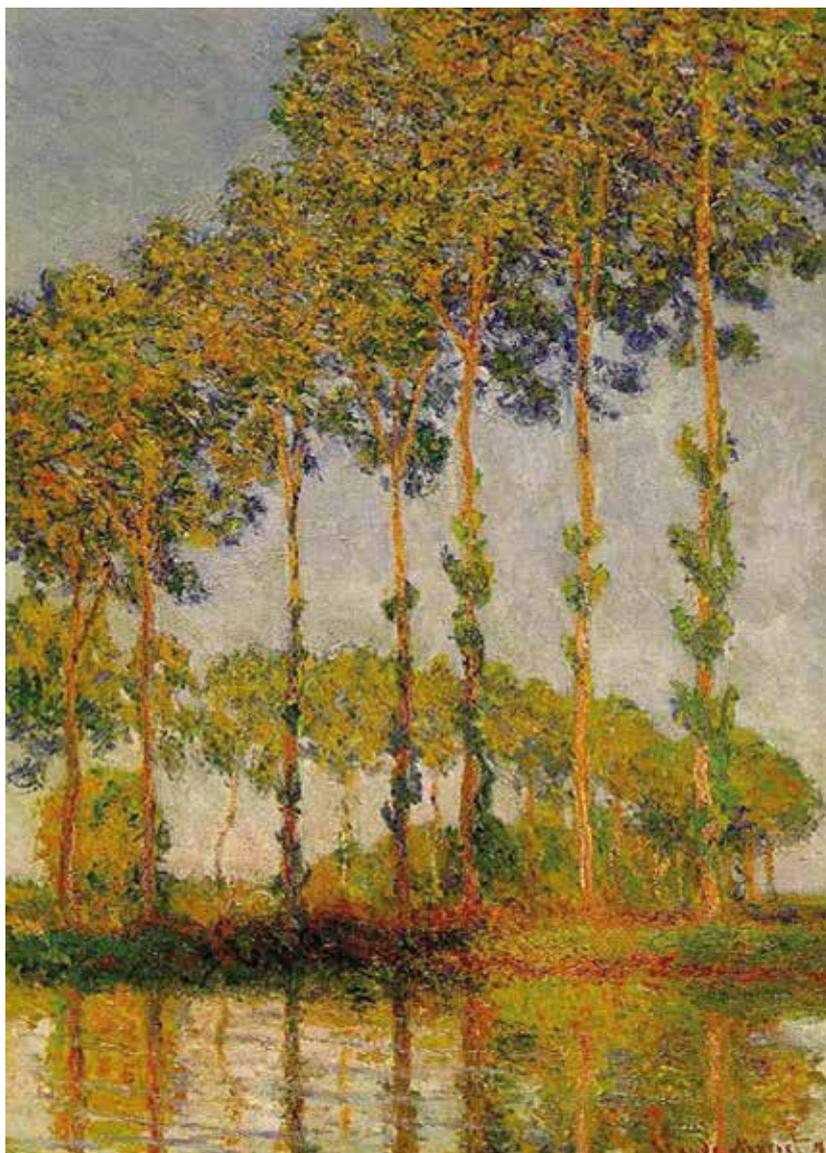
1) Médecin grec du premier siècle avant J.-C.

La culture du peuplier selon O. de Serres (Théâtre d'agriculture et mesnage des champs, 1600) : Il préconise de les planter par bouturage, dans les terrains non pâturés par le bétail. Cela évite les dégâts sur les jeunes plants et la raréfaction de l'herbe, à cause de la mobilisation des ressources du sol par les racines et l'ombrage provoqué par les branches. Le bouturage est fait avec une branche droite, assez grosse, de 2 m environ, plantée dans le sol (parfois en couplage). Les plantations se font en allées droites et éloignées des berges des rivières. L'entretien consiste à élaguer l'arbre au fur et à mesure qu'il grandit pour que le bois soit de bonne qualité. Pour produire du bois de chauffage, les peupliers sont traités en taillis et ne dépassent pas les 2 m. Si on veut les traiter en haute futaie (pour un usage en menuiserie ou en charpente par exemple), les peupliers sont plantés sur toute la longueur, la cime n'est pas rognée et le tronc est entretenu.

mais aussi ornementaux. Ainsi, Pelée de Saint-Maurice édite l'ouvrage *L'art de cultiver les peupliers d'Italie* (1767), dans lequel il loue les qualités de l'arbre et la rentabilité rapide de sa production. Selon Pelée de Saint-Maurice, le bois du peuplier d'Italie a alors surtout des usages en menuiserie (création de planches et de voliges pour la réalisation de charpentes voire d'armatures de bateaux...).

Une première phase de critiques (début du XIX^e siècle)

La mode s'essouffle et des critiques apparaissent dès le début du XIX^e siècle face à ce que Jean-Baptiste de Monet de Lamarck



Rangée de peupliers, Claude Monet, 1891. Collection privée. Peinture faisant partie d'une série d'une vingtaine de tableaux ayant pour sujet les peupliers sur les rives de l'Epte (près de Giverny, Eure).



Givre du matin sur une peupleraie de la vallée de la Course dans le Pas de Calais.



CRPF NPC-Picardie © CNPF

Peupleraie à Ailly sur Noye, dans la Somme.

5) « Il a été un temps en France, dit Rozier, où l'on ne voyoit, ne parloit & où l'on ne plantoit plus que des peupliers d'Italie. C'étoit une manie, une fureur qui fit des pépinières dans presque toutes les provinces », citation de J-B de Monet de Lamarck, 1804.

6) Voir *Dictionnaire pittoresque d'histoire naturelle et des phénomènes de la nature*, Félix-Edouard Méneville, 1839, Paris.

7) *Cours d'agriculture pratique*, tome IV, Rougier-la-Bergerie, rapporté d'après Félix-Edouard Guérin Méneville.

8) En 1821, Jean-Henri Jaume Saint-Hilaire précisait déjà que le peuplier était utilisé pour l'assèchement des marais.

9) A. Legoyt, *L'agriculture en France d'après l'enquête statistique de 1862*, Journal de la société statistique de Paris, tome 10 (1869), p. 286-290.

10) Par exemple, l'« émondage » qui remplace le terme élagage, ou le « curage » pour « diriger » l'arbre et faire du bois de qualité (*Agriculture nationale*, 1897).

nomme « peuplomanie ». En 1804, celui-ci remarque que l'extension des peupliers d'Italie s'est faite au détriment des peupliers « autochtones » et des autres arbres d'ornement (tilleul, orme...) qui furent arrachés. Des auteurs comme Rozier critiquent cette mode du peuplier d'Italie remplaçant les espèces locales⁵⁾.

La « peuplomanie » est également critiquée pour avoir modifié ou détruit les systèmes traditionnels et locaux d'exploitation agricole. Ainsi, selon Félix-Edouard Guérin Méneville⁶⁾ (1839), des livres d'agriculture, comme celui de Rougier-la-Bergerie, critiquent le peuplier d'Italie qui a « dérangé toutes les anciennes traditions relativement aux arbres de prix qui occupent le sol pendant une longue période d'années ; détruit des combinaisons sages et essentiellement paternelles, mis des illusions à la place des réalités, et par la suite précipité les mœurs hors de la ligne de simplicité, en hâtant les progrès du luxe »⁷⁾.

Après l'effet de mode, une expansion des plantations plus rationnelle et plus raisonnable (XIX^e siècle-1914)

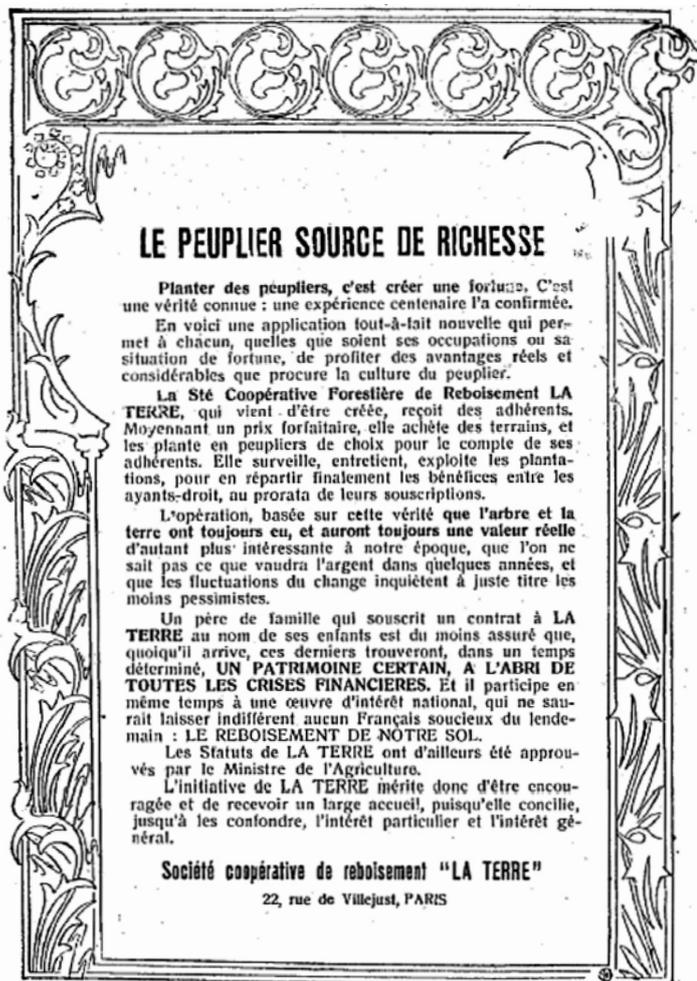
Au XIX^e siècle, l'effet de mode est passé ; à l'époque, la plantation de peupleraies est sur-

tout menée dans une logique de valorisation des terres incultes.

Or, le contexte est favorable à la plantation de peupliers car la période est marquée par l'assèchement artificiel des zones humides, pour lequel les peupliers sont utilisés⁸⁾. Ainsi, entre les enquêtes agricoles de 1852 et 1862, 232 021 hectares de terrains humides furent « améliorés » dont 121 917 par drainage et 110 104 par assainissement à ciel ouvert. De plus, 58 026 hectares de marais furent asséchés⁹⁾.

Au-delà du contexte favorable, au XIX^e siècle, les écrits sur la culture du peuplier se font plus nombreux et sont diffusés massivement. Ces écrits ont un caractère plus précis et plus « scientifique », avec des statistiques fines (pour la rentabilité par exemple) et le développement d'un jargon technique spécifique à la peupleraie¹⁰⁾ qui indique une certaine « professionnalisation ».

À travers des articles de journaux agricoles (*L'Agriculture nationale*, *Recueil agronomique de Montauban*, *Leçon théorique et pratique de l'Agriculture...*), les auteurs traitent différents paramètres : l'aspect économique (calculs de rentabilité...), l'aspect pratique (description des densités et des dispositions...), l'aspect agronomique (valorisation de terres difficiles, pâturage possible...).



Une nouvelle phase de développement suite à la Première Guerre mondiale (1918-années 1930)

À l'aube du XX^e siècle, la culture de peupliers s'accroît et connaît un regain d'intérêt. Au « congrès forestier international » de Paris (du 16 au 20 juin 1913), le peuplier est qualifié « d'arbre d'avenir », car « sa consommation est toujours croissante » et « son usage se répand de plus en plus et ses emplois sont multiples. De larges débouchés lui sont donc toujours assurés ».

Néanmoins, c'est la Première Guerre mondiale et ses conséquences qui impulsent un nouveau développement de la peupleraie. Selon Jean-Yves Puyo, les peupleraies furent extrêmement exploitées pendant la Grande Guerre car leur période de développement est plus courte que celle d'autres espèces. Cette surexploitation entraîne un déficit de 500 000 m³ après-guerre. Plus globalement, les besoins de la reconstruction soutiendront la demande de bois d'œuvre jusqu'aux années 1930. Les prix resteront donc supérieurs à ceux d'avant 1914, rendant ainsi la production attractive¹¹⁾.

La Première Guerre mondiale laisse derrière elle 50 000 à 200 000 hectares de forêts dévastées. En 1916, Antoine Jolyet¹²⁾ évoque la restauration des forêts dégradées par les « faits de guerre » en conseillant quatre étapes dont la dernière est la « plantation - pour remplacer les arbres enlevés - **de jeunes sujets ayant pour qualités: un accroissement rapide, un couvert léger, et la faculté de produire à brève échéance un bois de sciage apprécié** ». Si l'auteur cite le pin sylvestre et l'érable sycomore comme les essences les plus adaptées, le peuplier répondait aussi aux critères.

Les pertes humaines liées à la guerre (notamment chez les agriculteurs) entraînent un manque de bras et l'augmentation du nombre de fermes abandonnées. Pour répondre à ce phénomène, il est conseillé de planter sur les « mauvaises terres » des peupliers en alignement et/ou en massif. Ce contexte favorable au peuplier est renforcé par une propagande du peuplier « source de richesse » qui reprend dès 1924 avec des encarts publicitaires (société coopérative de reboisement « La Terre »). À cette époque, de nombreux écrits promeuvent la peupleraie, comme une plantation en expansion et différente de celles des autres arbres.

Affiche de propagande en faveur de la plantation de peupleraies, 1924 : la plantation de peupliers y est vue comme une action bénéfique pour l'intérêt personnel et pour l'intérêt national.

11) *Les conséquences de la Première Guerre mondiale pour les forêts et les forestiers français*, Jean-Yves Puyo, collection « Histoire et territoires », p 577, irstes. revues.fr.

12) Voir *Traité pratique de sylviculture*, Antoine Jolyet, deuxième édition, éditions de la librairie J-B Baillièrre et fils, 1916.

Peupleraie -
Blanc du Poitou.



CRPF NPC-Picardie © CNPF

Un développement encore plus important après la Seconde Guerre mondiale (1950-1970)

Après la Seconde Guerre mondiale, l'extension des peupleraies est renforcée par plusieurs facteurs. Premièrement, l'arrêt de l'exploitation des tourbières (concurrencées par le charbon et le pétrole) et la déprise agricole (amplifiée par l'exode rural et l'intensification agricole) libèrent des parcelles propices à la plantation. Deuxièmement, la forte augmentation de la demande en bois de peuplier, l'évolution de ses usages et les prix élevés (malgré une concurrence des résineux) incitent à la plantation. Au niveau administratif, les plantations sont favorisées à partir de 1946 par le Fonds forestier national (FFN), un outil financier créé principalement pour soutenir le reboisement et l'équipement des forêts. Le FFN a favorisé les plantations de peupliers ou de résineux pour une rentabilité maximale¹³⁾.

En 1975, G. Buttoud affirme que la superficie des peupleraies françaises a augmenté rapidement à cette période : de moins de 100 000 hectares en 1945, elle est passée à environ 250 000 hectares en 1975. L'apogée des plantations est atteinte de 1959 à 1964, où l'on plantait selon lui jusqu'à 10 000 hectares de peupleraies par an¹⁴⁾.

Toujours selon G. Buttoud, cette croissance des surfaces est beaucoup plus faible à partir de 1965 du fait de la diminution des prix, de l'accroissement des problèmes sanitaires (attaques cryptogamiques), de la saturation des terrains favorables aux peupleraies et de la concurrence spatiale menée par l'agriculture et l'urbanisation.

Le développement d'une conception agricole de la populiculture (XX^e siècle)

La populiculture est parfois abordée au XX^e siècle comme un fournisseur de matière première, s'intégrant peu à peu aux filières industrielles qu'elle approvisionne. Les objectifs du populiculteur partent des souhaits des industries consommatrices (bois sain et droit, sans nœuds).

Vue comme une culture, la peupleraie était associée à une gestion de type agricole. Par conséquent, les méthodes culturales doivent être soignées (travail du sol...), la sélection des variétés doit être rigoureuse, les arbres malades doivent être traités ou éliminés, des engrais doivent leur être fournis (engrais phosphatés, nitrates...).

Le XX^e siècle voit un accroissement du nombre de variétés disponibles (ou *cultivars*). Le dynamisme de la sélection variétale prouve que le peuplier est vu comme une culture. Les nouveaux cultivars répondent à des objectifs agricoles : rendement, qualité (amélioration des caractéristiques du bois), homogénéité (sélection des variétés selon le type de bois voulu) et simplification (arbres droits, variétés à grosses branches éliminées pour faciliter l'élagage...). La rapidité de croissance est l'un des critères essentiels de la sélection¹⁵⁾.

De ce fait, la valorisation rapide a pu favoriser des objectifs sur le court/moyen terme : investissement (avec l'attente d'un revenu), rendement (avec parfois le développement d'un type de populiculture intensive) et rentabilité (avec souvent l'objectif de la meilleure

13) Le terme utilisé de « forêt de rendement » est révélateur de cet objectif.

14) *La ressource française en peuplier et ses perspectives d'évolution*, G. Buttoud, Editions de l'ENGREF, Nancy, 1975.

15) *Un aperçu sur la productivité des peupleraies de la vallée de la Garonne*, L. Bergogne et J. Pardé, *Revue forestière française*, n°4, avril 1963.

plus-value donc une réduction recherchée du coût de production : économies d'échelle, mécanisation...).

Par ces évolutions, les plantations de peupleraies après 1920 et surtout après 1945 s'inscrivent moins dans une logique de valorisation des mauvaises terres que dans une logique de production. La plantation des parcelles est associée de plus en plus fréquemment à l'aménagement et à l'amélioration de celles-ci. Par exemple, en parlant de la populiculture, R. Regnier aborde les aspects de drainage, d'irrigation mais aussi d'amendement du terrain (chaux éteinte contre l'acidité...). Ces opérations parfois coûteuses montrent un réel investissement dans la production populicole : la peupleraie devient une occupation du sol choisie plus qu'une occupation du sol « fautive de mieux ».

Après la Seconde Guerre mondiale, l'extension de la peupleraie est encore renforcée et l'utilisation de méthodes de « populiculture intensive » (travail du sol, entretien continu, intrants...) se développe notamment dans certaines zones. L'« Association technique pour la vulgarisation forestière » (précurseur ou ancêtre de l'IDF) voit la peupleraie comme une solution pour les terres trop mouilleuses, peu fertiles, mais aussi celles éloignées de l'exploitation ou dont l'usage est coûteux¹⁶⁾ (1967).

Par la suite, les critiques émergent sur des questions environnementales, paysagères mais aussi hydrauliques (le peuplier est accusé de consommer trop d'eau). Leur écho est renforcé par l'importance croissante des zones humides dans les sociétés : répulsives à une époque auparavant, celles-ci sont devenues attractives et le lieu de nouveaux usages (tourisme, réservoir de biodiversité...).

De plus, les zones humides concentrent des enjeux environnementaux (biodiversité, paysages...), entraînant la superposition de protections réglementaires qui peuvent freiner la populiculture (Natura 2000, réserves naturelles, PNR...). Enfin, la valeur des zones humides elles-mêmes sont reconnues (convention de Ramsar de 1971). Leur représentation naturelle « idéalisée » au sein de la société entre en contradiction avec la présence de peupleraies dans la réalité.

Prospective (à partir des années 2010)

En 2012, la base de données Agreste du ministère de l'Agriculture, recensait 225 000 hectares de peupleraies en France métropolitaine. La surface a donc diminué par rapport à l'estimation de 250 000 hectares en 1975 de G. Buttoud.

Si historiquement l'extension des peupleraies semble souvent avoir procédé par « bonds » liés à l'apparition de possibilités nouvelles (nouveaux cultivars, terrains libérés par d'autres activités, revenus espérés plus importants...), l'enjeu actuel n'est plus seulement agronomique ou économique. Les aspects territoriaux et environnementaux semblent avoir une influence croissante sur l'évolution des peupleraies et de leurs surfaces.

Auparavant justifiée surtout par des objectifs économiques et agricoles dans un contexte de zones où les autres activités étaient rares, la peupleraie doit maintenant trouver sa place dans le territoire et valoriser sa légitimité à occuper le sol (justification environnementale, identitaire et historique...).

Face à des citoyens et à des riverains ayant parfois une représentation très stéréotypée des zones humides, les acteurs de la populiculture réfléchissent à l'évolution des méthodes de production afin de répondre à certaines attentes marquées de la société (prise en compte des aspects paysagers, gestion forestière durable, labellisation des bois...). ■

16) *Le travail du sol en populiculture*, article de M. Hubert, Association technique pour la vulgarisation forestière, 1967.

En savoir +

Portail de la filière peuplier
www.peupliersdefrance.org

Résumé

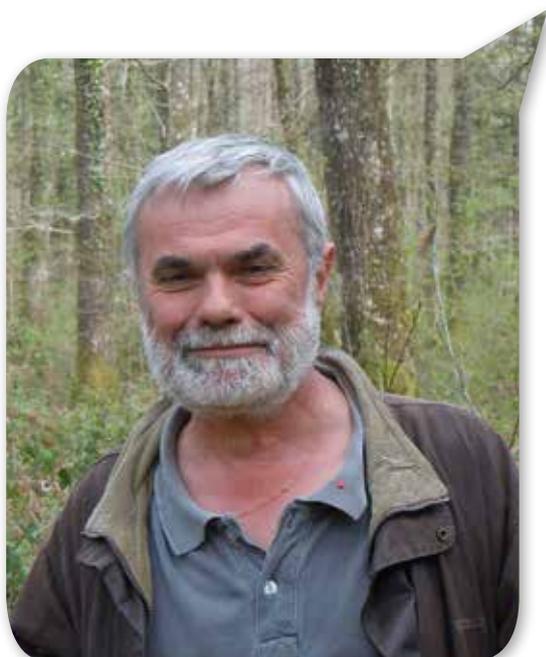
En France, la peupleraie s'est développée dès le XVII^e siècle par une meilleure connaissance de sa culture et suivant ses usages en bois d'œuvre. Des phases d'expansion (fin XVIII^e-fin XIX^e-XX^e) dépendent de la pression agricole (amélioration des zones humides), des nouvelles variétés disponibles, et surtout de son intérêt économique. L'évolution des peupleraies françaises dépend aussi des enjeux environnementaux.

Mots-clés : peupleraie, histoire, France.



Lâcher de prédateurs du dendroctone de l'épicéa de Sitka en Bretagne

Entretien avec Xavier Grenié, technicien CNPF-CRPF Bretagne, correspondant-observateur du DSF



À partir d'un signalement de dépérissements d'épicéas en Finistère, comment avez-vous diagnostiqué la présence nouvelle d'un scolyte de l'épicéa, jusqu'alors absent de Bretagne, le dendroctone ?

Xavier Grenié : En décembre 2006, un sylviculteur du Finistère me signale d'importantes mortalités dans ses peuplements d'épicéas de Sitka. Les symptômes m'ont interpellé, d'autant qu'à l'époque le dendroctone n'était pas détecté en Bretagne. J'ai appliqué les méthodes d'investigation du DSF pour le diagnostic. Sous l'écorce, j'ai découvert des larves, que j'ai envoyées au pôle du DSF Nord-Ouest à Orléans pour identification. Le diagnostic a été confirmé, à la suite de quoi une prospection a été entreprise dans les peuplements voisins où l'épicéa de Sitka est très présent et a confirmé la présence du scolyte ; la difficulté du diagnostic étant que les premières attaques observables sur un arbre sont en hauteur à la base des houppiers alors que la littérature sur cet insecte situe les attaques à la base du tronc, pour l'épicéa commun en particulier.

Par la suite, vous avez organisé la lutte biologique contre le dendroctone de l'épicéa. Pourquoi ?

Lors des formations données par le DSF dans l'Orne dans les années 1990, j'étais sensibilisé aux dégâts causés par le dendroctone, ainsi qu'à un moyen de lutte biologique par son prédateur naturel présenté par Jean Claude Grégoire, chercheur de l'Université libre de Bruxelles (ULB). Spécialiste depuis longtemps de ce parasitisme et de l'élevage du *Rhizophagus grandis*, il a mené de nombreuses recherches sur ce sujet. Début 2007, nous avons, avec les deux propriétaires du Finistère concernés, pris contact avec l'ULB ; ils ont fait l'acquisition de 1 000 insectes *Rhizophagus grandis* et nous les avons dispersés dans les peuplements par groupe d'environ trente insectes. À partir de cette date, j'ai effectué avec le pôle DSF des informations auprès du réseau de correspondants DSF de Bretagne, des organisations de propriétaires, syndicat, Cetef, pour faire connaître le ravageur et son diagnostic afin d'engager des prospections dans la région. À partir de 2008, les signalements ont augmenté notamment dans de grands massifs d'Ille-et-Vilaine et des Côtes d'Armor, où il a fallu procéder à des coupes rases importantes compte tenu du pourcentage important de dépérissements. Devant l'ampleur des peuplements infectés, l'ensemble de la profession a décidé d'organiser la lutte biologique sur la région.

Comment cela a-t-il commencé ? et surtout pourquoi mettre en place une « production bretonne » de *Rhizophagus* ?

Nous avons élaboré un protocole de lâcher de prédateurs avec le pôle DSF afin de le disperser au maximum sur la région, sur la base de 30 insectes lâchés pour 5 ha de peuplement. La DRAAF a mis en place de son côté un financement du ministère pour l'achat de



Lutte biologique contre le Dendroctone de l'épicéa de Sitka par le lâcher de *Rhizophagus grandis* au pied d'un arbre infecté.

ces insectes dont le coût est de 1 € pièce, le tout organisé sous l'égide de l'Union régionale des syndicats de sylviculteurs bretons et de l'ONF pour les forêts publiques. En 2009 et 2010, nous avons réparti les insectes achetés à l'ULB entre les techniciens du CRPF et les correspondants-observateurs, que nous avons formés aux méthodes de lutte, et qui ont fourni les insectes auprès des propriétaires qui avaient fait leur commande auprès de l'Union Régionale.

Cependant l'élevage de *Rhizophagus* est extrêmement délicat, en particulier en raison de l'approvisionnement alimentaire des prédateurs avec des larves de dendroctone. En 2009-2010, nous récoltions sur des coupes de peuplements fortement atteints les larves de dendroctone pour les expédier en Belgique! Le laboratoire bruxellois de biologie animale et cellulaire ne pouvait pas garantir chaque année la réussite de son élevage dont la technique est très délicate. C'est ainsi qu'en 2012, l'élevage a complètement été détruit par divers problèmes en particulier d'alimentation (voir tableau ci-dessous).

En 2010, avec le biologiste Christophe Favrot et les conseils précieux du chercheur-éleveur belge Jean-Claude Grégoire, nous avons développé notre propre « technique » d'élevage dans des bocaux ménagers. Christophe Favrot expérimentant en plus d'autres techniques de dispersion du prédateur, en particulier dans

le massif de la Hardouinais (22). Au départ, les mortalités étaient élevées, la concentration d'insectes étant très sujette en particulier à des attaques de champignons parasites qui peuvent décimer un élevage en quelques heures. Enfin, après plusieurs tâtonnements avec Christophe Favrot et à la demande de propriétaires très concernés, il a été possible de proposer un projet de formation à l'élevage de *Rhizophagus* par les propriétaires eux-mêmes. L'idée étant que diffuser cette technique multiplierait les points de lâchers, optimiserait les chances d'installation du prédateur dans la région et limiterait ainsi les risques de destruction massive d'un élevage important, ce qui

Chronologie de la colonisation et de la lutte biologique :

2000 : début probable de l'invasion en Bretagne, probablement suite aux transports de bois chablis échangés avec d'autres régions, puis colonisation progressive de la région Bretagne.

2006 : 1^{er} signalement de dépérissement à Saint-Hernin en Finistère, 20 % de mortalité au centre du foyer, tombant à 1 % à 300 m.

2007 : enquête par les correspondant-observateurs sur 80 peuplements avec l'observation de plus de 100 tiges par site. Résultats : peu de sites trouvés.

2008 : nouveaux foyers dans l'est des Côtes d'Armor, dont Saint Méen-le-Grand (35) sur 80 ha ; progression probablement due aux transports de bois depuis les places de dépôts en forêt ou des haltes routières.

2010-2011 : forte extension favorisée par des printemps secs et chauds.

2012 : nouveaux foyers signalés dans des peuplements plus jeunes.

2014 : 135 signalements recouvrent la totalité de l'aire des épicéas de Sitka en Bretagne.

Chronologie de lâcher de *Rhizophagus grandis*, prédateur du dendroctone

Année	Nombre de <i>Rhizophagus grandis</i> lâchés	Nombre de <i>R. grandis</i> commandés à l'ULB*	remarques
2007	1 000		Dispersé dans le 1 ^{er} foyer
2009	4 000		
2010	17 500	17 500	Environ 30 insectes par 5 ha
2011	12 200	30 000	
2012	0	20 000	Un champignon a détruit la production de l'ULB
2013	25 000	40 000	Dont 5 000 produits par les propriétaires et l'ONF

* l'Université libre de Bruxelles

Des propriétaires forestiers bretons à l'aide de chercheurs apprennent à élever le *Rhizophagus grandis*.



fut le cas en Belgique malgré la compétence du laboratoire en la matière. La formation a été organisée en 2012-2013, année où la production belge a fait défaut, et a permis d'utiliser ainsi les aides financières de la DRAAF qui auraient été perdues faute d'achat d'insectes belges. Ces aides ont permis le financement des intervenants pour cette formation (Christophe Favrot et Jean Claude Grégoire) et l'étude de la dispersion des *Rhizophagus* dans les peuplements. Quinze propriétaires et techniciens forestiers ont participé à la formation de 6 jours en salle et en forêt. Chacun a constitué son élevage à partir de 5 *Rhizophagus* fournis par nos soins, qu'il a fallu nourrir et suivre pour leur reproduction. Jean-Claude Grégoire a assuré sur place la formation des stagiaires sur la biologie et Christophe et moi-même avons fait les démonstrations de constitution des

élevages. Ensuite, chaque stagiaire est reparti chez lui avec ses bocaux, puis nous avons assuré les suivis individuels des élevages sur place. Ainsi, fin juillet 2013, 5 000 insectes « purs bretons » furent dispersés, ce qui fut un relatif succès! Cela a complété les lâchers des 30 000 prédateurs produits par l'ULB en 2013. Le contrôle de la réussite des lâchers était difficile les premières années. Sur les premiers sites de lâchers, les dégâts sont revenus à un niveau assez faible mais restent significatifs, il faut donc maintenir les introductions de prédateurs sur la durée, au minimum de 7 ans encore. Antoine Bouillis (étudiant à l'Université de Tours) a montré que les insectes se dispersent dans un rayon de 300 m, quelques *Rhizophagus grandis* sont capables de voler jusqu'à 3 km. Un équilibre proie-prédateur est possible, comme c'est le cas dans les autres régions où cette méthode a été appliquée mais il reste l'inconnu concernant la sensibilité de l'épicéa de Sitka à ce ravageur, les éléments de réponse disponible sur cet équilibre concernant surtout l'épicéa commun.

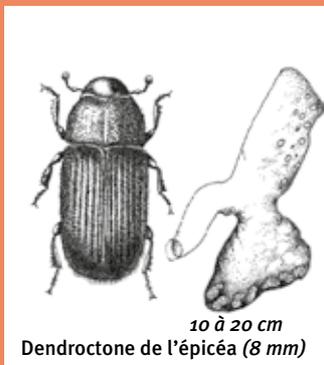
En 2014, seuls 5 000 insectes ont pu être livrés par l'ULB, toujours avec le même problème de parasitisme, alors que l'élevage était prometteur; pour l'année 2015 25 000 insectes sont en commande auprès de l'ULB, en espérant pouvoir les obtenir. Christophe Favrot tente de son côté une production d'environ 10 000 insectes avec les mêmes aléas menaçants. Nous tenterons cependant pour cette dernière production de les disperser auprès de plusieurs éleveurs dans la région afin de limiter ce risque. La répartition des insectes se fera sous l'égide des syndicats départementaux de propriétaires forestiers.

Le dendroctone

Originaire de l'est sibérien, le *Dendroctone micans* est déjà observé dans le nord-est de la France dans les pessières à la fin du XIX^e siècle. Ce scolyte de 7 à 8 mm colonisa progressivement tous les massifs d'épicéas. La femelle féconde creuse une galerie sous l'écorce à la base du tronc ou parfois sous le houppier d'arbres sains adultes. À la ponte, les larves se nourrissent du phloème et du cambium, élargissant ainsi les galeries. Les tissus conducteurs de sève sont détruits, l'épicéa réagit par des émissions de résine supplémentaires qui se mélangent aux déjections des larves et à la sciure. Un grumeau de résine, une « praline » à l'entrée de la galerie initiale indique la présence de dendroctone.

Deux moyens de lutte contre le dendroctone :

- la récolte des arbres et la destruction des insectes avant qu'ils ne s'envolent ;
 - la lutte biologique par l'introduction de son prédateur, le *Rhizophagus grandis* qui se nourrit des larves de dendroctone.
- Déjà expérimentée avec succès dans le Massif central, en Normandie et en Languedoc.



© F.-X. Saintonge

Dendroctone en cours de forage de sa galerie.



Trous de galeries de dendroctones observables au pied d'un arbre.

Parallèlement à l'organisation de la lutte, il a fallu gérer les dépérissements constatés et freiner le risque de récolte précipitée par les dépérissements ?

Au début et selon les usages en la matière, une éclaircie sanitaire était préconisée dans les peuplements atteints pour tenter de les conserver et éviter les coupes rases anticipées. Mais nous avons constaté que l'exploitation, provoquant forcément quelques blessures sur les racines ou les troncs, occasionnait des portes d'entrée importantes du ravageur et augmentait les dégâts dus au dendroctone. Afin d'éviter les coupes rases anticipées et non justifiées dues au dendroctone nous avons établi avec l'administration une grille d'aide à la gestion des peuplements à partir du diagnostic du niveau de dégâts observés. C'est le seuil de 30 % de tiges fortement attaquées - décolllements d'écorces, présence de pralines caractéristiques, chute de feuilles vertes au sol -, qui justifie la coupe rase. En deçà, il convient de conserver le peuplement sans intervention mais aussi de surveiller attentivement l'évolution pour pouvoir déclencher une coupe dans le cas où la contamination s'aggraverait ; pendant ce temps la propagation du prédateur installé peut se poursuivre et pourquoi pas l'équilibre s'établir entre les deux insectes. Le but de cette lutte n'est pas d'éliminer le dendroctone ce qui serait tout à fait impossible, mais de le contenir à un niveau supportable par le peuplement pour qu'il puisse poursuivre sa production. Cet épisode est intervenu dans un contexte économique favorable pour la commercialisation de cette essence très prisée par la filière bois. Cela a évité des pertes économiques pour les producteurs forestiers. Cela invite aussi à reconsidérer l'implantation de cette essence dans la région, sur les secteurs qui lui conviennent le mieux (pluviométrie 1 000 mm/an) en dehors desquels des stress hydriques peuvent la déstabiliser et la rendre plus sensible au ravageur (Ille-et-Vilaine, Est des Côtes d'Armor et du Morbihan). ■

Propos recueillis par Nathalie Maréchal, CNPF-IDF

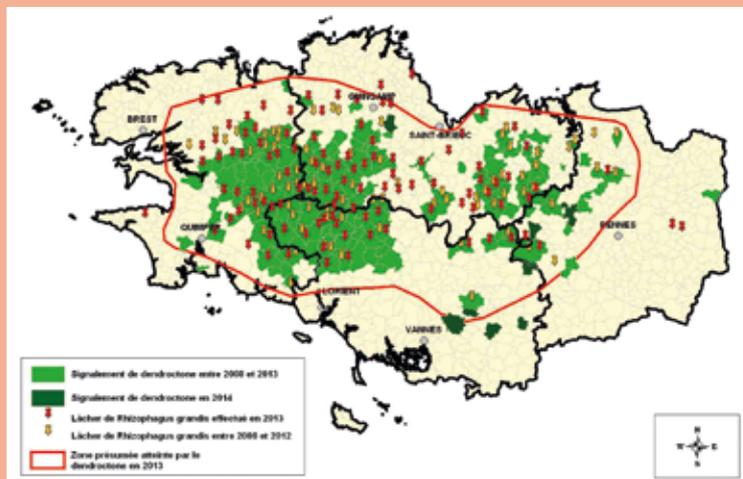


Dépérissement d'un peuplement jeune d'épicéa de Sitka dû aux dendroctones.

Présence de l'épicéa de Sitka en Bretagne

Surface plantée en épicéas de Sitka : 18 000 ha dont 14 000 ha en Finistère et Côtes d'Armor, soit 7 % de la surface totale de la forêt bretonne (378 000 ha) ; l'épicéa de Sitka représente 60 % du volume de bois d'œuvre résineux commercialisé. Ces peuplements sont issus de plantations entre 1960 et 1980, généralement répartis sur une bande de 200 km de long et 60 km de large.

Surface d'épicéa commun : 500 à 1000 ha



Carte de Bretagne des signalements entre 2008 et 2012 et zones de lâchers de *Rhizophagus grandis* (article du DSF)

En savoir +

- 2014 ; l'expertise et l'expérience au service de la santé des forêts, témoignage de Xavier Grenié. Site internet du DSF : http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/General_10-11_cle88f16e-1.pdf

- Douzon G. 2014 ; le dendroctone en Bretagne : historique de son installation. Département de la santé des forêts, bilan de la santé des forêts en 2013 : http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Le_dendroctone_en_Bretagne_1_cle818616.pdf

- Léger L. 2014 ; la lutte contre le dendroctone en Bretagne ; Fiche sanitaire P.35-36 ; Forêts de France n°571, mars 2014.



Construction de la ligne
LGV entre Bordeaux et
Angoulême (33)
Vue aérienne.

© Lilian Marolleau

Compensation environnementale, un nouveau débouché pour la forêt privée

Par Pierre Beaudesson, CNPF

Quels sont les principes d'une compensation environnementale lors de la destruction ou perturbation d'une espèce protégée ? Comment la mettre en œuvre ? Quels sont les risques et les intérêts de se positionner sur le marché de la compensation ?

Contexte réglementaire

Les Directives oiseaux de 1979 et habitats de 1992 ont instauré un système dérogatoire à l'interdiction de détruire ou de perturber une espèce protégée, tant l'individu que son habitat. L'article 16 de la Directive habitats-faune-flore stipule : « À condition qu'il n'existe pas une autre solution satisfaisante (...), les états membres peuvent déroger (...) ». Le même type de rédaction se retrouve à l'art 9 de la Directive oiseaux.

La transposition en droit français du système dérogatoire se retrouve dans les articles L. 411-2 (4°), R. 411-6 à R. 411-14 du code de l'Environnement. Les conditions dérogatoires sont :

- > dans l'intérêt de la protection des espèces et des habitats,
- > pour prévenir des dommages importants,
- > dans l'intérêt de la santé et de la sécurité et pour d'autres raisons d'intérêt public majeur,
- > à des fins de recherche (...).

Les arrêtés ministériels de protection des

espèces mentionnent ces dérogations à l'interdiction de porter atteinte aux espèces et à leur habitat ou de les perturber de manière intentionnelle. Par exemple pour les oiseaux, l'article 5 de l'arrêté de protection mentionne : « Des dérogations aux interdictions fixées aux articles 3 et 4 peuvent être accordées (...) ». Ce système dérogatoire existe aussi pour la flore protégée tant au niveau national que régional. Des dérogations à l'interdiction sont accordées dans certains cas de figure à la condition qu'il y ait des mesures compensatoires.

Principes de mise en œuvre de la compensation

La doctrine élaborée par le ministère de l'Écologie « éviter, réduire, compenser » affiche les objectifs à atteindre et le processus de décision à mettre en œuvre. Il s'agit donc de transcrire dans les pratiques des maîtres d'ouvrage, de leurs prestataires, des services de l'État et des collectivités territoriales, les obligations découlant des textes législatifs et réglementaires, notamment ceux issus du Grenelle de l'Environnement.

Le triptyque « éviter, réduire, compenser » s'applique, de manière proportionnée aux enjeux, à tous types de plans, programmes et projets dans le cadre des procédures administratives de leur autorisation (étude d'impacts ou étude d'incidences thématiques i.e, loi sur l'eau, Natura 2000, espèces protégées...).

Dans la conception et la mise en œuvre de leurs projets, les maîtres d'ouvrage doivent définir les mesures adaptées pour éviter en priorité, puis réduire et, lorsque c'est nécessaire et possible, compenser leurs impacts négatifs significatifs sur l'environnement. Enfin, la compensation ne peut être engagée que si le projet est d'intérêt public majeur.

Ainsi, la mise en œuvre vertueuse de la séquence « éviter, réduire, compenser » contribue à répondre aux engagements communautaires et internationaux de la France en matière de préservation des milieux naturels, en conservant globalement la qualité environnementale des milieux, et si possible d'obtenir un gain net.

Rôles et responsabilités du maître d'ouvrage et de l'administration

Il revient au maître d'ouvrage de qualifier de significatifs ou non les impacts résiduels, au regard des règles propres à chaque réglementation ou, à défaut, en fonction de sa propre analyse. L'autorité administrative, quant à elle, attribue l'autorisation ou la dérogation au vu de la qualité de cette analyse et de la fiabilité de la conclusion, en s'appuyant en tant que de besoin sur les avis des services compétents, et de l'Autorité environnementale s'il y a lieu.

Les mesures compensatoires sont de la responsabilité du maître d'ouvrage du point de vue de leur définition, de leur mise en œuvre et de leur efficacité, y compris lorsque la réalisation ou la gestion de ces mesures est confiée à un prestataire. L'autorité administrative attribuant l'autorisation ou la dérogation en assure la validation.

Le contrôle est ensuite assuré par les services correspondants (DREAL, DDT, ONCFS, ONEMA¹⁾...).

Durée de la compensation

Pour garantir les résultats des mesures de réduction et de compensation, le maître d'ouvrage doit pouvoir justifier de la pérennité de leurs effets au moins sur la durée de l'impact qu'il provoque.

La pérennité s'exprime notamment par la maîtrise d'usage ou foncière des sites où elles sont mises en œuvre. Elle peut être obtenue : > actuellement surtout par l'acquisition foncière et l'utilisation d'une maîtrise d'usage (APPB²⁾,...) ou par l'acquisition pour le compte d'un gestionnaire d'espace naturel (conservatoires...);

> plus rarement par la contractualisation sur une durée suffisante avec les gestionnaires des surfaces concernées (conventions, baux emphytéotiques...). C'est sur ce point que la forêt privée peut se positionner.

Le maître d'ouvrage doit prévoir le financement de la gestion de cet espace, quel qu'en soit son statut juridique final.

Le programme de suivi, précisé dans l'autorisation, doit permettre une gestion adaptative des mesures et doit permettre de s'assurer de la pérennité de leurs effets.

1) DREAL direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement, DDT Direction départementale des territoires, ONCFS Office national de la chasse et de la faune sauvage, ONEMA Office national de l'eau et des milieux aquatiques

2) Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotopes



Le maître d'ouvrage peut confier la gestion des mesures à un prestataire, mais il en reste réglementairement responsable.

Procédure pour une demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées

Lorsqu'il y a encore, après évitement et réduction, des impacts résiduels sur des espèces protégées ou leurs habitats ou une perturbation intentionnelle, le pétitionnaire établit, souvent avec l'aide d'un bureau d'études, un dossier de demande de dérogation. Ce dossier est complémentaire aux procédures existantes. Par exemple celles relatives aux évaluations environnementales (étude d'impact, étude d'incidence N2000 ou loi sur l'eau), aux mesures de compensation forestière suite à un défrichement, aux procédures d'archéologie préventives, ou aux procédures spécifiques (parc national, RN, sites classés et inscrits). Le contenu du dossier de dérogation à l'interdiction de destruction est fixé à l'art. R 411-13 du code de l'environnement. Il détaille entre autres les espèces protégées impactées par le projet et les mesures d'atténuation ou de compensations prévues.

Le dossier est accompagné par un formulaire Cerfa comme le n° 13616*01 pour la capture, la destruction ou la perturbation intention-

nelle d'espèce animale protégée, le formulaire 13614*01 pour l'atteinte aux sites de reproduction ou d'aire de repos d'espèce animale protégée, ou le formulaire n° 13617*01 pour une espèce végétale protégée... Des formulaires spécifiques existent pour le transport et pour le relâcher d'espèces protégées.

Les services de l'État instructeurs des demandes de dérogation ont pour mission de vérifier si les demandes de dérogation répondent aux objectifs de la réglementation. Le Conseil scientifique régional de la protection de la nature (CSRPN) peut être consulté. Il y a ensuite un avis du ministre de l'Écologie qui s'appuie sur le Conseil national de la protection de la nature (CNPN) avant la signature par le préfet de l'arrêté de dérogation.

La procédure est encore récente. Entre 1 500 et 2 000 dossiers sont actuellement traités par an, mais en augmentation chaque année. Pour un tiers des dossiers, il s'agit d'inventaires naturalistes ou d'actions « positives » pour l'environnement (travaux de génie écologique, actions des centres de soins de faune sauvage...). Sinon ce sont surtout des aménagements, ouverture ou extension de carrière, infrastructure routière, voire également des naturalisations, commercialisation d'espèces protégées... Il existe également des dossiers relatifs aux destructions directes d'individus protégés : stérilisation d'œuf de goélands, destruction de nids sur pylônes, de buses agressives, de corbeaux, de choucas, de cormorans, de bouquetins, de loups...

Quelques exemples de compensation en forêts

Lorsque des espèces forestières protégées sont impactées (essentiellement des chiroptères ou insectes saproxyliques protégés), la majorité des compensations se fait sur les terrains acquis par le pétitionnaire et pour certains rétrocedés à un organisme de type conservatoire. Il arrive cependant que les mesures compensatoires se fassent dans des forêts relevant du régime forestier considéré plus fiable dans la pérennité des mesures.

Plus rarement, les mesures compensatoires ont lieu en forêt privée avec conventionnement. Voici quelques exemples de mesures compensatoires en milieu forestier (voir tableau p. 61).

Chauve-souris, Massif de la Sainte-Baume (83).





Création de mare en forêt de Hautcloque.

Compensation environnementale : un filon prometteur pour les investisseurs

Les montants des compensations peuvent être très élevés, d'où l'intérêt des investisseurs. Des bureaux d'études spécialisés sur ces sujets n'hésitent pas à acheter du foncier riche en patrimoine naturel pour ensuite les conventionner. De même, la Caisse des Dépôts a lancé en 2012 la Mission économie de la Biodiversité (MEB). Cette mission, pilotée par sa filiale CDC Biodiversité, s'implique sur

ces nouveaux enjeux environnementaux en menant une action prospective sur les liens entre économie et biodiversité. Les expérimentations les plus connues sont celles de la Plaine de Crau avec l'acquisition du foncier. Le principe a été repris en Alsace pour le hamster sans acquisition foncière : la CDC Biodiversité contractualise avec des céréaliers pour mettre en oeuvre une gestion particulière, les terrains ainsi cultivés forment une réserve foncière sur laquelle les aménagistes peuvent compter. Ces derniers compensent les destructions d'habitat du hamster en payant la filiale de la CDC.

Tableau 1 - Exemples de conventionnement avec des gestionnaires forestiers pour la mise en oeuvre de mesures compensatoires

Origine de la mesure	Types de conventionnement	Types de prestations et montants négociés	Bénéficiaire
Voie ferrée Lyon-Turin	Contractualisation pour 30 ans	2 à 6 K€/ha pour des îlots de sénescence. Montant variant en fonction de la valeur commerciale des peuplements	Communes forestières
LGV Est	Contractualisation pour 30 ans	35 K€/ha pour des îlots de sénescence et 20 K€/ha pour du vieillissement montant comprenant la recherche, la gestion, l'immobilisation...	ONF
Panneaux photovoltaïques en Aquitaine	Contractualisation sur 20 ans	Broyage régulier (> à 150 €/ha/an) Gestion adaptative des pins maritimes	ONF
Déviations dans le Gers	Servitude conventionnelle sur 30 ans	Maintien de trame bocagère et fauche tardive (env. 1 400 €/ha/an) ; Îlots de vieillissement et de sénescence (500 à 2 500 €/ha/an)	Propriétaire foncier
Aménagement 2 X 2 voies	Convention sur 30 ans	Îlots de sénescence : 20 K€/ha	Propriétaire forestier
Extension de site industriel	Bail emphytéotique sur 50 ans	Gestion sylvicole adaptée	Propriétaire forestier
Installation d'un gazoduc	Convention sur 45 ans	Îlots de sénescence de 6 à plus de 8 K€/ha	Forêt publique
Aménagement fluvial pour une centrale	Bail emphytéotique sur 20 ans	<ul style="list-style-type: none"> Gestion écologique : 9 K€/ha en indemnité de départ et 2,1 K€/ha en redevance annuelle Impôts et taxe à la charge du pétitionnaire. 	Propriétaire forestier



3) FPF services (Forestiers privés de France services) est une société spécialisée pour effectuer toutes les prestations de service à destination des propriétaires forestiers et de toute organisation qui exerce une activité en rapport avec la forêt.

4) voir site
<http://www.reforestaction.com>

Bibliographie

■ Doctrine relative à la séquence « éviter, réduire et compenser » - Les impacts sur le milieu naturel, Medde 2012
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/doctrineERC-vpost-COPIL6mars2012vdef-2.pdf>

Guide « Espèces protégées, aménagements et infrastructures » - Recommandations pour la prise en compte des enjeux liés aux espèces protégées et pour la conduite d'éventuelles procédures de dérogation au sens des articles L. 411-1 et L. 411-2 du code de l'Environnement dans le cadre des projets d'aménagements et d'infrastructures. Medde, 65 pages.

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/userfiles/Esp%C3%A8ces%20prot%C3%A9g%C3%A9es%20V6%20du29-06-202.pdf>

Pour sortir de la compensation à la demande, le ministère de l'Écologie a lancé en 2013 un appel à candidature pour tester des compensations par l'offre. Il s'agit de recenser, cartographier et analyser en amont des destructions d'espèces, les espaces sur lesquels des compensations pourront être mises en oeuvre. EDF, en Rhône-Alpes, a ainsi cartographié et étudié des compensations dans un massif forestier lui appartenant, pour le jour où il détruira des espèces dans le cadre de ses aménagements. Le conseil général des Yvelines est en cours d'acquisition de terrains (friches et boisements) en prévision des destructions lors des aménagements le long de la Seine. Nous avons aussi le cas de la société Dervenn en Bretagne (regroupement de propriétaires forestiers et agricoles) qui propose aux aménageurs des terrains à la compensation mais sans transfert de statut foncier. Ainsi des structures n'hésitent pas à investir financièrement dans ce marché en expansion.

Quelques intérêts pour la forêt privée de se positionner sur les compensations environnementales

Le marché de la compensation est encore balbutiant mais prometteur. La forêt privée, et plus particulièrement le propriétaire forestier, a un atout non négligeable par rapport aux investisseurs : il a déjà la maîtrise foncière. La forêt privée apporte sa diversité de milieu et ceci sur l'ensemble du territoire national donc proche des destructions.

Se positionner sur ce marché apporterait les bénéfices suivants :

- > la forêt privée se présente comme un partenaire de la protection de l'environnement et prend une part active pour la sauvegarde des espèces protégées et de leurs habitats. Contrairement à la mise en place de mesures réglementaires, le propriétaire reste maître des engagements par le conventionnement ;
- > la mise en oeuvre de compensation environnementale contribue à développer la rémunération des services actuellement non marchands ;
- > le paiement pour services écosystémiques contribue aux revenus des propriétaires forestiers en diversifiant leur « production » par des contrats rémunérateurs ;
- > le développement de ces compensations rémunérées établira peu à peu un référentiel des coûts et manques à gagner pour des actions spécifiques à la biodiversité. Ce réfé-

rentiel permettra de contrer des appétits de réglementation ;

> si le statut de terrain privé offre une faible garantie de stabilité dans la durée, des outils existant (bail emphytéotique...) ou futur (servitude environnementale...) répondent en partie à ces craintes.

Quelques risques pour la forêt privée

Le marché de la compensation est considéré par certains comme un « permis de détruire » les espèces protégées. De fait, les aménagistes n'ont plus qu'à payer s'ils détruisent des espèces protégées ou leur habitat. Ceux qui s'engagent sur ce marché sont décriés par les naturalistes.

Par ailleurs des contreparties peuvent hypothéquer l'intérêt d'aller dans cette voie :

- > les effets des mesures de compensation doivent durer aussi longtemps que les impacts sont présents. Ils sont souvent établis pour 30 ans, voire plus, ce qui grève l'avenir de la parcelle ;
- > il n'est pas rare, sur le site où les mesures compensatoires sont mises en oeuvre, qu'une mesure réglementaire s'ajoute, de type Arrêté préfectoral de protection de biotope. Des mesures en matière d'urbanisme garantissant un usage du sol dans le cadre des documents d'urbanisme pourraient aussi se développer. L'engagement pourrait ainsi devenir perpétuel ;
- > des mesures compensatoires pourraient être contraires aux engagements fiscaux pris par le propriétaire ou être contraires aux documents de gestion durable (PSG, RTG). Des projets de convention sont proposés entre le CNPF, FPFservices³, et une entreprise Reforest'action⁴ pour développer la compensation environnementale en forêt. ■

Résumé

Le marché de la compensation écologique est en plein essor depuis la transposition des directives habitats et oiseaux. Les aménagistes qui détruisent ou portent atteinte aux espèces protégées ou à leur habitat, ou les perturbent intentionnellement, doivent compenser les impacts. La forêt privée peut apporter ces terrains pour mettre en oeuvre ces mesures compensatoires. Les forestiers privés seront des partenaires de la protection de l'environnement et même sans objectif économique, trouveront un moyen d'être rémunérées pour des services environnementaux.

Mots-clés

compensation écologique, services environnementaux, directives habitats et oiseaux.

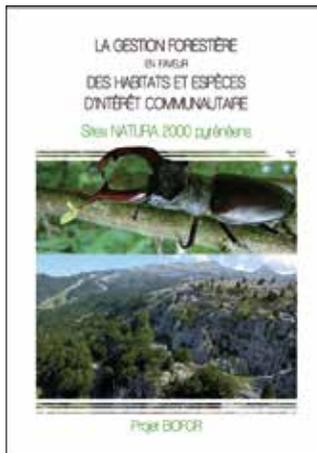


Parutions

Recueil de recommandations forestières favorables aux habitats et espèces communautaires des Sites Natura 2000 pyrénéens

Dans le cadre du réseau Natura 2000 pyrénéen, ce recueil recense et décrit les habitats et espèces d'intérêt communautaire. Des recommandations de gestion sylvicole adaptées à chaque habitat naturel ou espèce sont hiérarchisées suivant l'importance environnementale (intérêt écologique) ou économique (surcoûts financiers éventuels pour les propriétaires et professionnels forestiers). Ce document à destination des professionnels impliqués dans le réseau Natura 2000 des Pyrénées françaises est produit par le projet Biofor et mis en œuvre par les CRPF de Midi-Pyrénées, d'Aquitaine et de Languedoc-Roussillon, l'ONF, l'Union Grand Sud des Communes forestières et le Conservatoire national botanique des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.

Diffusion par les CRPF cités ou téléchargeable via le lien suivant : www.crfp-midi-pyrenees.com/datas/pdf/BIOFOR_20140717.pdf

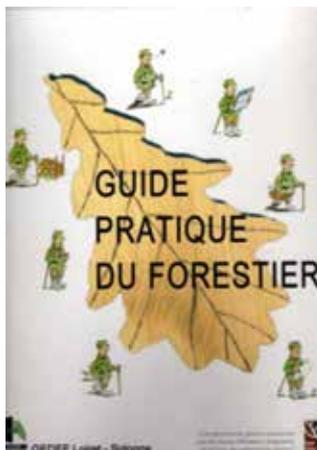


Guide pratique du forestier

Le Groupement d'étude et de développement de l'économie forestière du Loiret et de la Sologne (GEDEF Loiret-Sologne) édite un guide pratique et complet du forestier, pour aider ses adhérents et tout propriétaire forestier à gérer leurs parcelles boisées.

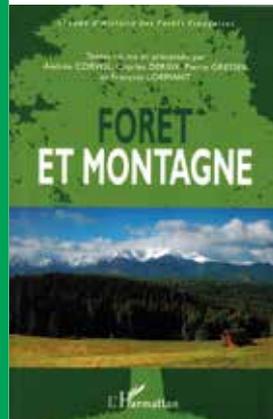
Le classeur ré-actualisable comprend une centaine de fiches avec des conseils pratiques. Parmi les nouveautés : des conseils pour l'aménagement de la voirie forestière, l'utilisation des produits phytosanitaires en forêt, les nouveaux taux de TVA, le nouvel organigramme de la forêt privée régionale, les adresses utiles, une liste des sigles forestiers réactualisée...

Le guide actualisé est disponible auprès du GEDEF Loiret-Sologne : 13 avenue des Droits de l'Homme 45 921 Orléans cedex 9, au prix de 25 € + frais de port.



L'avenir des forêts ?

Ce livre répond aux questions de tout citoyen soucieux d'environnement et développement durable sur l'état des forêts du monde, leur biodiversité, les menaces environnementales ou économiques, l'exploitation et la gestion de la nature par l'homme. Des experts partagent leurs points de vue pour une meilleure gestion durable des forêts. Cet ouvrage de la collection InfoGraphie « Comprendre vite et mieux » résolument graphique présente avec des chiffres clés, les enjeux et débats pour étayer des solutions possibles et respectueuses pour l'avenir des forêts. Édition Belin, collection InfoGraphie, 80 pages, 19 €.



Forêt et montagne

Le Groupe d'histoire des forêts françaises (GHFF) présente les actes du colloque international « Forêt et montagne ». À travers ces nombreux avis d'experts interdisciplinaires - historien, sociologue, géographe, économiste, juriste, forestier, politique-, leur complémentarité aide à comprendre le passé, à expliquer le présent, à tracer l'avenir. Le maintien de l'équilibre des 3 piliers du développement durable - production, protection, social - est essentiel dans les forêts de montagne. 418 pages, 34,50 €, Édition L'Harmattan, 5-7 rue de l'École Polytechnique 75005 Paris, tél. : 01 40 46 79 20.

Les services environnementaux et les aménités forestières

Le groupe d'histoire des forêts françaises publie leur cahier d'études n° 25 sur les actes de la journée d'études de janvier 2014 sur « Les services environnementaux et les aménités forestières ».

Disponible auprès du Groupe d'histoire des forêts françaises, université Paris IV Sorbonne 28 rue Serpente, 75006 Paris ou sur le site : <http://ghff.hypotheses.org/>

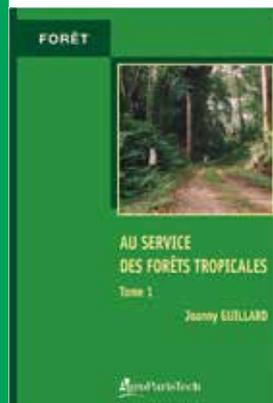


Au service des forêts tropicales Histoire des services forestiers français d'outre-mer 1896-1960, tome I par Joanny Guillard

L'histoire des services des Eaux et Forêts dans la France d'outre-mer, l'évolution des forêts coloniales spécialement en Afrique tropicale sont détaillées avec les orientations et perspectives, les actions et difficultés. Cette partie méconnue des territoires d'outre-mer est étayée par de nombreuses informations statistiques et techniques.

Éditions AgroParisTech, 649 pages, 35 € + frais de port, 14 rue Girardet, CS 14216, F-54042 Nancy cedex en

version papier, ou en version électronique, en accès libre sur : <http://docpatrimoine.agroparistech.fr/>



Arbres et arbustes au fil des saisons, comment les reconnaître ?

Ce livre pédagogique donne des critères simples de reconnaissances des arbres et arbustes les plus fréquents : silhouettes, écorces, rameaux, bourgeons,

feuilles, fleurs et fruits, suivant les saisons, par des photos caractéristiques et clairement présentées.

180 pages, format de terrain 21 X 14,7 cm, 22 € hors frais de port, Édition Jeanne-d'Arc, 25 rue de la gazelle, F-43000 Le Puy en Velay, tél: 04 71 02 11 34.



Du 7 au 11 septembre, Durban (Afrique du Sud)

XIV^e congrès forestier mondial

«Les forêts et les populations : investir dans un avenir durable» sera le thème du XIV^e congrès forestier mondial. Il rassemblera la communauté mondiale des forestiers pour la 1^{re} fois en Afrique du Sud à Durban.

Informations sur le site : www.fao.org/forestry/wfc/fr

Du 21 au 23 septembre, Versailles

Colloque international

« La forêt refuge » est le thème du colloque international organisé par le Groupe d'histoire des forêts françaises et l'École nationale supérieure du paysage au 10 rue du Maréchal Joffre à Versailles.

Renseignements à GHFF - Université Paris-Sorbonne - Maison de la Recherche, 28 rue Serpente, F-75006 Paris ou par courriel :

ghff@gmail.com

Du 17 au 21 septembre, Épinal

Le salon de l'habitat et du bois d'Épinal

Le salon de l'habitat et du bois d'Épinal rassemble du 17 au 21 septembre les professionnels et les amateurs du bois. Des ateliers « Touchons du bois » présenteront de nombreuses démonstrations de savoir-faire professionnels.

www.salon-habitatetbois.fr

Du 25 au 28 septembre 2015, Angers

Le Salon maison bois

Le Salon maison bois Angers 2015 aura lieu du 25 au 28 septembre, au Parc des expositions d'Angers. Il rassemble les architectes, constructeurs bois, fabricants de parquets, de terrasses, de bardages, lambris, de solutions énergétiques...

www.salon-maison-bois.com

Du 1^{er} mai au 31 octobre, Milan

Exposition universelle de Milan



Le Pavillon France à l'Exposition universelle de Milan (Italie) est en bois issu des forêts franc-comtoises. Ce bâtiment de 3 600 m², conçu par l'agence d'architecture X-TU de Paris, construit par l'entreprise Simonin (Doubs) est prévu pour être démonté et remonté.

Informations sur le site :

- agriculture.gouv.fr/milan-2015-pavillon-france
- www.simonin.com/pavillon-france-de-lexposition-universelle-de-milan-2015

7 octobre 2015, Paris

InterCetef

L'InterCetef 2015 rassemblera les présidents des Groupes de progrès de la forêt privée (CETEF, GDF...) pour lancer et mettre en œuvre le nouveau schéma de convergence des Groupes de progrès de la forêt privée, le mercredi 7 octobre à Paris à l'APCA.

Informations auprès d'Alain Colinot par courriel : alain.colinot@cnpf.fr ou par tél. : 02 38 71 90 62.



Parutions (suite)

Les végétaux, les relations avec leur environnement

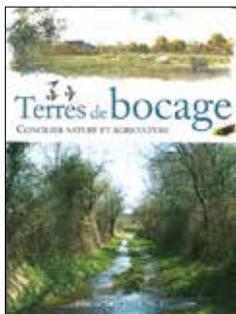
Les notions fondamentales de la biologie végétale sont synthétisées et clairement illustrées dans cet ouvrage. La variété des modes de communication entre les plantes et d'autres organismes (pollinisateurs, micro-organismes...), les stratégies d'adaptation et de défense des plantes, souvent très inventives, sont exposées à partir de quelques éléments d'écologie.

Collection « les Mémos », 56 pages, 23,9 x 16,8 cm, 10 € ; Éditions Quæ, c/o Inra RD 10, 78026 Versailles Cedex.

Terre de bocage, concilier nature et agriculture

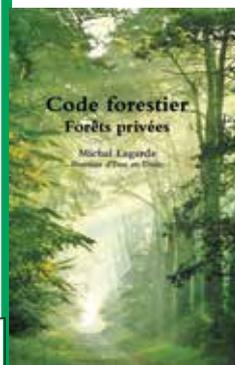
Ces paysages de bocages furent créés par des paysans, qui ont façonné au fil des siècles, suivant leurs besoins d'une agriculture principalement liée à l'élevage. Fruit d'une coopération entre naturalistes, agriculteurs et le Pôle Bocage interrégional Poitou-Charentes-Limousin de l'ONCFS, les auteurs livrent leur vision et leur connaissance du bocage. La diversité et la richesse du bocage français sont mises en valeur par des photos et dessins superbes.

250 pages, 24 x 18,2 cm, 25 €, Éditions Ouest France.



Index phytosanitaire Acta 2015, 51^e édition

L'index indispensable pour le choix et l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, substances actives homologuées et commercialisées en France décrit en 6 chapitres : insecticides et acaricides, fongicides, associations, herbicides, moyens biologiques et divers produits. 984 pages, format 15,5 X 24 cm, 43 € TTC + 9 € de frais d'envoi. Acta, BP 90006, 59718 Lille cedex 9. Tel : 01 40 04 50 50 ou par courriel : contact@acta-publications.com



Code forestier de la forêt privée

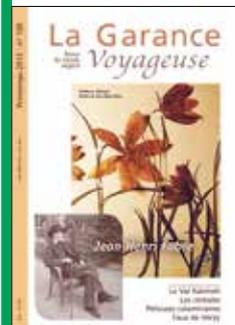
Une souscription est ouverte pour réserver le « Code forestier de la forêt privée » en 2 parties enrichies des résumés d'arrêts et jugements, des questions parlementaires, des articles et doctrine de Michel Lagarde, docteur d'État en droit : dispositions générales (I) environ 600 pages et forêts privées (II) environ 400 pages.

Parution en juin 2015, pour réserver ce code au prix de 120 € TTC franco de port par exemplaire : Michel Lagarde, 10 rue du stade 64121 Serres-Castet

Regards sur la production de bois

La Revue forestière française consacre le n°3-2014 à « Regards sur la production de bois ». De nombreux avis d'experts sur l'état actuel de la ressource et les évolutions en cours pour les principales essences forestières françaises.

25 € TTC franco de port, 178 pages, Revue forestière française, AgroParisTech, 14 rue Girardet, F-54042 Nancy cedex, Tél. : 03 83 39 68 23.



La Garance voyageuse n° 109

La Garance voyageuse rend hommage à Jean-Henri Fabre, naturaliste, observateur infatigable et perspicace de la nature. La frondaison extraordinaire des Faux de Verzy, les pelouses calaminaires, l'enchantement du jardin botanique du Val Rahmeh, la diversité des céréales et lins des campagnes complètent ce numéro d'avril.

8 € franco ou 4 numéros sur abonnement, la Garance voyageuse, F-48370 St Germain de Calberte, Tél. : 04 66 45 94 10.