

9,50 €

n° 243

Nov.-Déc
2018

FORÊT

entreprise

La revue technique des forestiers

Dossier :

Chalarose du frêne, une filière mobilisée

Reboisement
Île-de-France

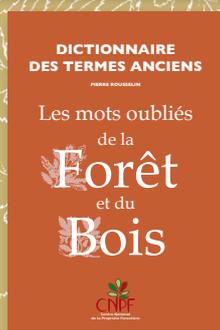
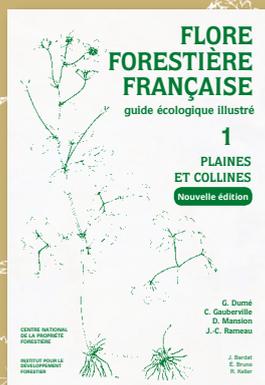
Communication
des arbres

Biodiversité
en forêt privée


CNPF
Institut pour le
Développement Forestier

Retrouvez notre sélection d'ouvrages, DVD et jeux sur l'arbre, la forêt et la nature

Nouveautés



Envoi du catalogue sur simple demande

CNPF - IDF, 47 rue de Chaillot, 75116 Paris

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

Commande en ligne sur www.foretpriveefrancaise.com

➡ rubrique librairie ➡ les publications de l'IDF

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

Directeur de la publication
Antoine d'Amécourt

Directrice de la rédaction
Claire Hubert

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. : 04 78 87 29 41

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

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

Périodicité : 6 numéros par an
Abonnement 2018
France : 50 € - étranger : 63 €
édité par le CNPF-IDF

Commission paritaire des publications et
agences de presse : n° 1019 B 08072
ISSN : 0752-5974
Siret : 18009235500452

Les études présentées dans Forêt-entreprise ne
donnent que des indications générales. Nous
attirons l'attention du lecteur sur la nécessité
d'un avis ou d'une étude émanant d'une per-
sonne 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 – résul-
tant de l'utilisation des méthodes ou matériels
préconisés.

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

Dépôt légal : novembre - décembre 2018



B. Cano

La chalarose, venue d'Asie par les échanges commerciaux, décime les frênaies européennes. Ces maladies émergentes, issues de la mondialisation, sont en pleine expansion, les forêts n'y échappent pas.

Ce numéro de Forêt-entreprise décrit l'avancée du projet *Chalfrax* piloté par le CNPF, afin de construire et proposer des solutions de gestion durable aux forestiers, fondées sur des connaissances techniques et scientifiques. Le CNPF a mobilisé dans un bel exemple de collaboration technique et financière, ses partenaires sylviculteurs, gestionnaires forestiers, scientifiques, décideurs publics, acteurs économiques, avec le soutien du Ministère et l'interprofession France Bois Forêt, pour conduire le projet *Chalfrax*. Des solutions innovantes émergent : ne pas récolter tous les frênes permet de favoriser les résistances cachées... cela redonne espoir d'un futur pour les frênaies.

En élargissant le propos, je souhaiterais souligner l'urgence d'une réflexion sur l'importance relative des enjeux commerciaux face aux menaces qui pèsent sur nos écosystèmes.

Il faut constater que, lorsque le constat de présence d'une « peste » sur notre territoire est fait, les invasions sont rarement jugulées. En effet, les introductions accidentelles entraînent des dégâts rapides... car elles ne permettent pas aux processus d'adaptation naturelle de se mettre en place : ils nécessitent des pas de temps beaucoup plus longs.

On peut citer de nombreux exemples récents : *Xylella fastidiosa* sur les oliviers, la teigne du buis, la chalarose du frêne... Il y a aussi des risques avec *Phytophthora ramorum* sur résineux. Aujourd'hui la menace pèse sur le pin avec le nématode... Pour protéger certains échanges commerciaux, parfois d'importance mineure en termes économiques sur les échanges de la France avec leur pays d'origine, on court le risque de se retrouver face à des invasions d'importance majeure ! L'ampleur du commerce des plants de mélèzes avec la Grande-Bretagne vaut-il l'enjeu de l'attaque de *Phytophthora ramorum* sur les résineux en Europe continentale ? Le commerce des écorces horticoles en provenance des pays du sud de l'Europe vaut-il la menace sur la filière bois du massif aquitain ?

Ne faudrait-il pas s'interroger sur le maintien de certains commerces par précaution ? Le débat devrait être ouvert, car il nous faut protéger nos écosystèmes ! Nos engagements internationaux nous le demandent et doivent nous le permettre.

Claire Hubert, directrice générale du CNPF



B. Cano © CNPF

Reconstitution artificielle
de parcelles sinistrées, Ardennes.

Numéro suivant N° 244
InterCetef 2018
Nouvelles technologies

ACTUS > 4

PARUTION > 64

AGENDA > 65

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

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

30 % de remise
pour les adhérents
de groupes de développement

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

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

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

Pour tout abonnement numérique, merci de nous communiquer votre adresse email afin d'obtenir votre code d'accès.

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



B. Cano © CNPF

CNPF >

6

Une « boîte à outils » pour guider
les démarches en faveur de la
biodiversité en forêt privée

Pierre Beaudesson, Céline Emberger

SCIENCE >

7

Sensibilité et communication
des arbres : entre faits scientifiques
et gentil conte de fée

Meriem Fournier, Bruno Moulia

REBOISEMENT >

57

Comment inciter au reboisement

Xavier Jenner

BIODIVERSITÉ >

60

Reproduction d'un article paru dans Forêt•Nature

Anoures et urodèles

Reconnaissance rapide de nos
principaux batraciens

Laurence Nivelles

Dossier :

Chalfrax, programme de gestion nationale des frênaies face à la chalarose

- > 16 Chalarose, le Ministère s'engage !
Frédéric Delpont
- > 17 La CVO au secours du frêne !
Michel Druilhe
- > 18 L'épidémiologie au service de la sylviculture
Claude Husson, Benoit Marçais
- > 23 Des territoires marqués, des dommages variables
Morgane Goudet, Claude Husson, Thierry Bélouard et François-Xavier Saintonge
- > 26 Sélection et création variétale face à l'épidémie de chalarose : du pragmatisme avant tout
Arnaud Dowkiw, François-Xavier Saintonge
- > 33 L'expérience de la chalarose chez nos voisins : focus sur la Pologne et l'Allemagne
Czeslaw Bartela, Catherine Negrignat et Maren Baumeister
- > 36 Impact de la chalarose sur la qualité du bois
Guillaume Cousseau, Léo Fenaux, Jean Paul Charpentier et Frédéric Millier



- > 39 La ressource en frêne, un enjeu important !
Guillaume Cousseau, Antoine Colin et Claire Bastick
- > 42 Usages du frêne et circuits actuels de valorisation
Nicolas Bilot et Guillaume Cousseau
- > 45 Stratégies de gestion des frênaies chalarosées en forêt publique
Fabien Duez, Sylvain Ducroux et Thierry Sardin
- > 48 Chalfrax, stratégie de gestion, une action salutaire
Benjamin Cano
- > 55 Chalfrax, La force de frappe d'une filière face au défi de la chalarose
Olivier Picard et Benjamin Cano

Nouvelle présidence du comité de direction de l'IDF



Anne-Marie Bateau

Antoine d'Amecourt, président du CNPF délègue la présidence du comité de direction de l'Institut pour le développement forestier IDF à Anne-Marie Bateau. Actuelle 1^{re} vice-présidente du CNPF et présidente du CRPF Auvergne-Rhône-Alpes, elle est également présidente du CETEF du Puy-de-Dôme. A.-M. Bateau gère une forêt familiale à dominante résineuse sur la commune de Miremont, à proximité de Clermont-Ferrand. Elle souhaite renforcer les liens entre l'IDF, les CRPF, et les différents partenaires de la recherche avec les développement-transfert des connaissances forestières avec les groupes de progrès de la forêt privée (CETEF, GDF, GVF...), les scientifiques, les gestionnaires, les forestiers publics...



Éric Sevrin

Le CNPF renforce la recherche et développement au sein de l'établissement

Éric Sevrin, actuel directeur-adjoint du CRPF Île de France – Centre – Val de Loire, est nommé directeur de l'IDF (service de recherche-développement du CNPF). Il a pour mission de gérer l'Institut, avec l'objectif de coordonner les actions afin d'accélérer la mise au point d'innovations et leur diffusion auprès des sylviculteurs. Il travaillera en lien très étroit avec le directeur national recherche et développement et relations européennes.



Olivier Picard

Olivier Picard est nommé directeur national recherche-développement et relations européennes. Il a pour mission de développer les synergies entre les CRPF et l'IDF, et de développer les collaborations avec les partenaires européens de la R&D forestière dans le cadre notamment du renouvellement du programme de recherche Horizon 2020.

Prévenir l'apparition ou lutter contre la prolifération de l'ambrosie

Une instruction interministérielle de plans d'actions locaux de lutte contre la prolifération de l'ambrosie est adressé aux préfets des départements. La lutte contre ces trois espèces d'ambrosie, cette plante envahissante, au pollen très allergisant nécessite de prendre des mesures de surveillance et d'information, avec au plan départemental: surveillance et cartographie des ambrosies, délimitation des zones concernées, mise en place d'un réseaux de référents territoriaux, information et formation, actions de prévention et de lutte. Dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, la plus touchée, l'Agence régionale de santé a estimé que plus de 400 000 personnes avaient nécessité des soins en rapport avec l'allergie au pollen d'ambrosie en 2016, représentant un coût de santé de l'ordre de 22 millions d'euros.



Permis tronçonneuse

Tous les utilisateurs de tronçonneuse à titre professionnel ou particulier sont concernés par le permis tronçonneuse, en vigueur depuis avril 2017. 17 centres de formation sont accrédités et ont délivré plus de 1.100 permis, afin de sécuriser le travail des bûcherons professionnels et amateurs. Le permis tronçonneuse comprend 4 niveaux, le 1^{er} niveau (une journée de formation) est le certificat minimum pour tout utilisateur. Renseignements sur le site: www.eduforest.eu



Nouveau président pour l'union de la coopération forestière française

Bertrand Servois est élu président de l'Union de la coopération forestière française (UCFF), pour 3 ans, succédant à Cyril Le Picard. Président depuis 2014 d'Unisylva, coopérative basée à Limoges (Nouvelle-Aquitaine), il présidera l'organisation nationale UCFF, qui regroupe 17 coopératives forestières. « Les coopératives forestières sont un maillon essentiel de la filière forêt-bois française. Comme Président de l'UCFF avec le Conseil d'Administration et ses personnels, je me consacrerai à développer plus encore la part des coopératives forestières dans la gestion durable et performante de la forêt privée française, au bénéfice de leurs adhérents-forestiers et de l'ensemble de la filière », a déclaré Bertrand Servois à l'issue du Conseil.



UCFF septembre 2018

Une usine de déroulage de peuplier à Troyes

Le groupe espagnol Garnica, leader européen du contreplaqué, construira une nouvelle usine de déroulage de peuplier dans l'agglomération troyenne. Un investissement de 80 millions d'euros, avec une centaine d'emplois pour un début de production d'ici à 2020. La première usine française de Samazan dans le Lot-et-Garonne a coûté 18 millions d'€. Installée à proximité des gisements de peupliers de la vallée de l'Aube et de la Seine, l'objectif serait de transformer 300 000 m³ de bois de peuplier par an. Par la suite, des contreplaqués seront fabriqués pour les aménagements de caravanes ou de bateaux de plaisance.

L'équilibre forêt-gibier, une priorité du programme national de la forêt et du bois remise sur le devant de la scène grâce à la future loi sur la chasse

La réforme de la chasse annoncée, entre dans sa phase de concertation et d'élaboration. Le ministre de l'Agriculture et le secrétaire d'État auprès du ministre de l'Écologie a installé le 6 septembre un nouveau comité de lutte contre les dégâts de gibier en associant les forestiers. L'objectif affiché est de réduire de moitié les dégâts de gibier d'ici trois ans. Cela passera par la refonte du système d'indemnisation des dégâts de gibier, pour « mieux protéger la biodiversité, moderniser l'organisation de la chasse et améliorer la gestion des dégâts de gibier », selon les deux ministères.

Les présidents d'organisations des secteurs agricole, forestier, rural, et de la chasse y sont conviés :

- Fédération des forestiers privés Fransylva ;
- Centre national de la propriété forestière (CNPF) ;
- Office national des forêts (ONF) ;
- Fédération des communes forestières (FNCOFOR) ;
- Fédération nationale des chasseurs (FNC) ;
- Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) ;
- Assemblée permanente des chambres d'agriculture (APCA) ;
- Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles (FNSEA) ;
- Fédération de la propriété privée rurale.

Les premières mesures envisagées, outre la baisse du prix du permis de chasse national à 200 euros, seront la suppression du fonds de péréquation nationale « qui diluait les responsabilités » et l'élargissement des compétences des fédérations départementales de chasseurs à la gestion des plans de chasse. Le fonds, géré par la FNC, intervient notamment dans la prévention (installation de clôtures...) et l'indemnisation des dégâts de grand gibier pour un montant moyen de 30 millions d'euros. En parallèle, une mission parlementaire va être confiée à un député et un sénateur afin de définir les modalités d'incitation à la maîtrise des populations de grand gibier et de réduire les dégâts tant agricoles que forestiers.

Communiqué du ministère de l'Agriculture 3/09/2018.

Les forêts atténuent les pénuries de l'eau

Plus de 50 scientifiques de 20 pays ont contribué à une étude mondiale des liens entre forêts, eau, climat et êtres humains. Une crise globale de l'eau se profile, exacerbée par la croissance démographique et le changement climatique. Quels rôles jouent les forêts ? Que faire dans et aux forêts pour assurer la qualité et la quantité d'eau nécessaires à la santé et au bien-être durable des forêts et de l'humanité ? Ce rapport complet présente les résultats de la 6^e évaluation scientifique entreprise dans le cadre de l'initiative des panels d'experts forestiers mondiaux (FMPE).

La forêt et l'eau sur une planète changeante : vulnérabilité, adaptation et possibilités de gouvernance :

www.iufro.org/download/file/.../gfep-forests-and-water-press-release-fr_pdf/

Sécheresse estivale et incendies de forêts

Cet été, un anticyclone a stationné en Europe du Nord durant 3 mois, cela a induit une sécheresse sans précédent en Europe. De tristes records d'incendies de forêts ont été enregistrés des Pays-Bas jusqu'en Scandinavie : 2 176 ha en Lettonie (habituellement 10 ha par an), 1 600 ha en Allemagne, 25 000 ha en Suède, des feux également en Norvège, Finlande, Irlande, Grande-Bretagne, ou encore 82 000 ha en Californie. Des sécheresses estivales comparables à 2018 se sont produites en 2017, 2003, 1976, 1947, 1911.

Mécanisation forestière septembre 2018

Forestopic - Agora - Non, la forêt ne brûle pas toute seule. Le feu suit l'homme.

www.forestopic.com/fr/agora/143-points-vue/814-foret-brule-pas-toute-seule-feu-suit-homme?

Nouvelle présidence de PEFC

Christine de Neuville, présidente de PEFC en Nouvelle-Aquitaine, est élue présidente de PEFC France, à la suite de Marc-Antoine de Sèze. Originaire de la Haute-Vienne, elle est très investie dans le développement rural sous tous ses aspects. La tempête de 1999, qui a sévèrement abîmé la propriété forestière familiale, a provoqué chez Christine de Neuville une prise de conscience en faveur de la forêt, initiant son engagement dans les structures forestières Fransylva, CRPF et PEFC France (au titre de Fransylva). La nouvelle présidente aborde son mandat avec pragmatisme et détermination pour une gestion durable de la forêt : « PEFC doit être compris par les sylviculteurs et toute la filière, comme un outil à leur service pour répondre à une demande sociétale, environnementale et économique ». Elle ajoute : « PEFC est un ensemble de règles consensuelles, sinon elles ne sont pas efficaces, et progressives, car nous promovons une amélioration continue. De ces efforts vers l'amélioration, nous devons être fiers ! ».



Une « boîte à outils » pour guider les démarches en faveur de la biodiversité en forêt privée

Par Pierre Beaudesson, CNPF-SG et Céline Emberger, CNPF-CRPF Occitanie



Plaquette de 32 pages,
format 21 x 10 cm,
disponible sur demande auprès de
votre CRPF, ou
<https://www.foretpriveefrancaise.com/n/la-biodiversite-en-foret-privee/n:781>

la biodiversité. Néanmoins, il n'est pas toujours facile de savoir par où commencer ou encore de s'orienter vers les bons outils en fonction de son profil. Cette publication, financée par les ministères de l'Agriculture et de l'Écologie, a pour objectif de :

- rappeler l'importance de cette richesse biologique forestière,
- donner envie aux propriétaires de s'y intéresser,
- proposer des pistes et outils pour encore mieux la prendre en compte et l'intégrer dans la gestion.

De fait, par ses caractéristiques propres, la forêt privée est un refuge de biodiversité en métropole. Au carrefour de plusieurs zones climatiques aux substrats géologiques variés, les habitats naturels et les espèces y sont très diversifiés. Le morcellement foncier, la foultitude de propriétaires aux profils variés et à l'hétérogénéité des pratiques, induisent une très grande diversité de structures et d'essences à l'échelle des paysages, voire des peuplements. Ces richesses sont reconnues. La forêt privée représente une part importante des espaces protégées.



Une mésange
charbonnière peut
consommer plusieurs
milliers de chenilles
chaque année !

Une plaquette synthétique pour orienter le propriétaire ou gestionnaire forestier prise en compte de la biodiversité forestière dans la gestion est publiée par le CNPF. Quel est l'intérêt de cette diversité pour le sylviculteur ? Quels sont les ressources et outils existants ou les exemples sur lesquels s'appuyer pour mieux l'intégrer ?

Les propriétaires et gestionnaires de forêts privées sont les dépositaires d'un patrimoine biologique précieux, qu'ils ont su maintenir. Les forêts sont parmi les écosystèmes les plus riches au monde en espèces animales, végétales et de champignons. De nombreuses ressources existent aujourd'hui pour accompagner le sylviculteur soucieux de concilier production de bois et conservation de

Cette plaquette, largement illustrée et chiffrée à l'appui, donne des pistes pour une meilleure prise en compte de la biodiversité dans la gestion : se former, se documenter entre autres par des publications CNPF, utiliser des outils de diagnostic tels que l'indice de biodiversité potentielle (IBP), souscrire à une démarche de certification forestière et bien évidemment, avoir un document de gestion durable.

À travers des témoignages et exemples d'initiatives tant à l'échelle de la propriété qu'à celle du territoire, cette brochure propose des pistes concrètes.

La prise en compte de la biodiversité dans la gestion n'est pas qu'une histoire de spécialistes ! Chacun, à son niveau, peut agir en sa faveur. Les pratiques en forêt se doivent d'être responsables, car le maintien des équilibres, auxquels la biodiversité participe grandement, est essentiel à la bonne gestion économique de nos forêts et au maintien du patrimoine naturel. ■

« Timidité » des cimes

C. Drénou © CNPF-IDF

Sensibilité et communication des arbres : entre faits scientifiques et gentil conte de fée

 25 min
Meriem Fournier¹ AgroParisTech, Bruno Moulia² Inra

Quelles sont les connaissances scientifiques fiables sur les arbres, notamment leurs capacités de réaction ou de communication ? Cet article les partage avec vous, avec bon sens et humour, en réponse à l'ouvrage grand public de vulgarisation discutable.

Depuis plus d'un an, un livre *La vie secrète des arbres* fait l'actualité, à grand renfort de communication par la grande presse, le cinéma et même les couloirs du métro parisien. Il se présente comme un conte, qui met en scène des êtres parfaits, les arbres, qui s'aiment et s'entraident, seulement dérangés par les méchants et stupides humains, qui les plantent sans leur demander leur avis ou les empêchent de vivre vieux. Ce monde idyllique nous est révélé par Peter Wohlleben, forestier allemand auteur du livre, qui annonce s'appuyer sur des faits scientifiques pour nous faire voir l'humanité rêvée de

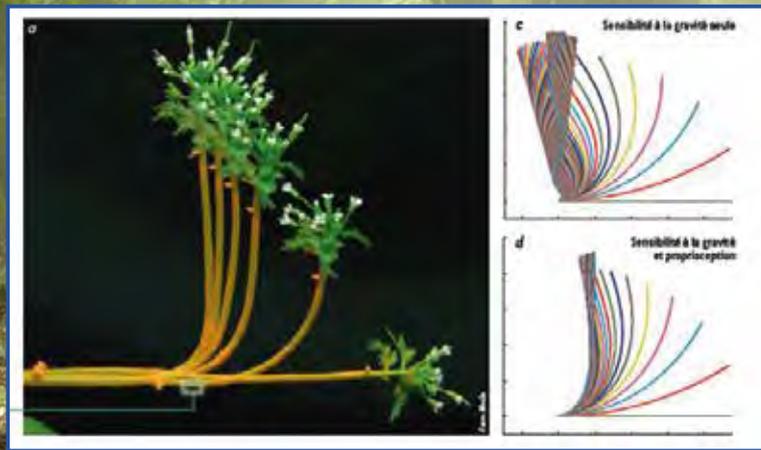
¹ Directrice du campus de Nancy d'AgroParisTech, Université de Lorraine, AgroParisTech, INRA, UMR Silva, F-54000 Nancy

² Directeur de recherche à l'INRA. Université Clermont Auvergne, INRA, UMR PIAF, F-63000 Clermont-Ferrand

Figure 1 - Les plantes réajustent leur posture en permanence, en réponse à plusieurs types de signaux, lumière, gravité et déformation.

Les deux clés du contrôle du redressement des tiges et de leur rectitude : sensibilité à la gravité et proprioception.

Photo de gauche (a) : Formes successives d'une inflorescence de l'arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*) en croissance primaire au cours de son redressement après une inclinaison à l'horizontale. On voit nettement que l'ensemble de la tige commence par se courber vers le haut, mais ensuite la partie haute se rectifie progressivement et la courbure se concentre à la base (taille de la hampe = 10 cm, durée totale 20h).



c et d : résultats de simulations : quand on simule le redressement de la plante en supposant qu'il n'est piloté que par la sensibilité à l'inclinaison par rapport à la gravité, on constate qu'elle oscille indéfiniment autour de la position verticale (c, les positions successives de la tige). Pour que la simulation reproduise la rectitude observée dans la nature (d), il faut supposer que chaque cellule perçoit sa déformation et réagit de façon à minimiser la courbure, c'est-à-dire que la plante est dotée d'une proprioception. Ce modèle a été validé sur 11 espèces échantillonnant la phylogénie des angiospermes terrestres (et un panel large d'espèces modèles et cultivées : céréales, ornementales, arbres ...), sur deux ordres de grandeur en taille d'organe (du minuscule coléoptile de blé à des troncs de peupliers de 3 m de long), et sur les deux moteurs de courbure active : i) pression de turgescence et croissance primaire différentielle et ii) production différentielle de bois de réactions.

cette forêt où tout est beau et bon, et pour interpeller les praticiens de l'arbre et de la forêt sur la nécessité d'adapter leurs pratiques pour respecter ce paradis. Avec cet article, nous souhaitons réaffirmer que le livre de Peter Wohlleben, qui sélectionne sans précision et en les enjolivant quelques travaux de chercheurs, n'est en aucun cas un ouvrage de vulgarisation scientifique¹. Nous voulons alors partager avec les praticiens de l'arbre et de la forêt certaines connaissances scientifiques sur la « sensibilité » et la « communication » des arbres, et les discuter en relation avec la gestion des forêts.

Les arbres sont capables de mouvement

Les arbres bougent et ces mouvements ne sont pas juste les bruissements des feuilles ou les balancements des tiges sous l'effet du vent. Depuis bien longtemps, on sait que les plantes sont capables de « tropismes »², c'est-à-dire qu'en même temps qu'elles poussent, elles s'orientent dans l'espace en réponse à diverses stimulations unilatérales, physiques (lumière, pesanteur) ou chimiques (humidité, présence de certains ions, etc.) (Figure 1). Les mouvements des arbres pendant leur croissance sont lents ce qui fait qu'on ne les voit pas spontanément, mais dès lors que l'on s'y intéresse, il est facile de mettre en évidence que les tiges, branches ou troncs, fabriquent leur propre énergie pour se courber et se remettre dans la verticalité ou se diriger vers la lumière³. On sait aussi que ces mouvements laissent des traces dans la qualité technologique du bois, car l'énergie nécessaire pour courber activement ces organes

rigides est produite à la fin de la lignification en présence d'une asymétrie de qualité des bois que l'anatomie du bois a appelée « bois de tension » chez les feuillus et « bois de compression » chez les résineux⁴. (Figure 2) Cette énergie si bénéfique à l'arbre est alors responsable de bien des problèmes technologiques comme les fentes d'abattage du Hêtre ou du Peuplier⁵. Pour déclencher et piloter ces mouvements qui les remettent droit, les arbres ont des capteurs dans leurs cellules vivantes, capteurs qui détectent des anomalies d'inclinaison par rapport à la verticale⁶. Plus récemment, les chercheurs ont compris que de simples capteurs d'inclinaison par rapport à la gravité ne suffisaient pas et que les plantes avaient un système de perception de leur propre courbure⁷, appelé « proprioception » par analogie avec le sens qui permet chez l'homme de maintenir la posture et l'équilibre. Un sens bien important pour comprendre ce qui permet la rectitude des troncs et ce qui peut l'altérer. Au-delà de ce sens de la rectitude, les arbres ont plusieurs autres sens.

De nombreux capteurs renseignent en permanence la plante sur son environnement

Les plantes ont une forme de vision grâce à des capteurs qui mesurent la quantité, la qualité, la direction et la périodicité de la lumière, parmi lesquels les phytochromes et les phototropines. Les phytochromes sont sensibles à la différence entre rouge clair et rouge foncé. Le rouge sombre est peu absorbé par les feuilles de sorte qu'en sous-bois, l'atténuation de la lumière va de pair avec son enrichissement

¹ Voir Académie d'agriculture, 2017, ou Brunet, 2018.

² Synthèse dans Moulia et Fournier 2009 citant Darwin et Darwin, 1880 ou Sachs, 1882.

³ Moulia et Fournier, 2009.

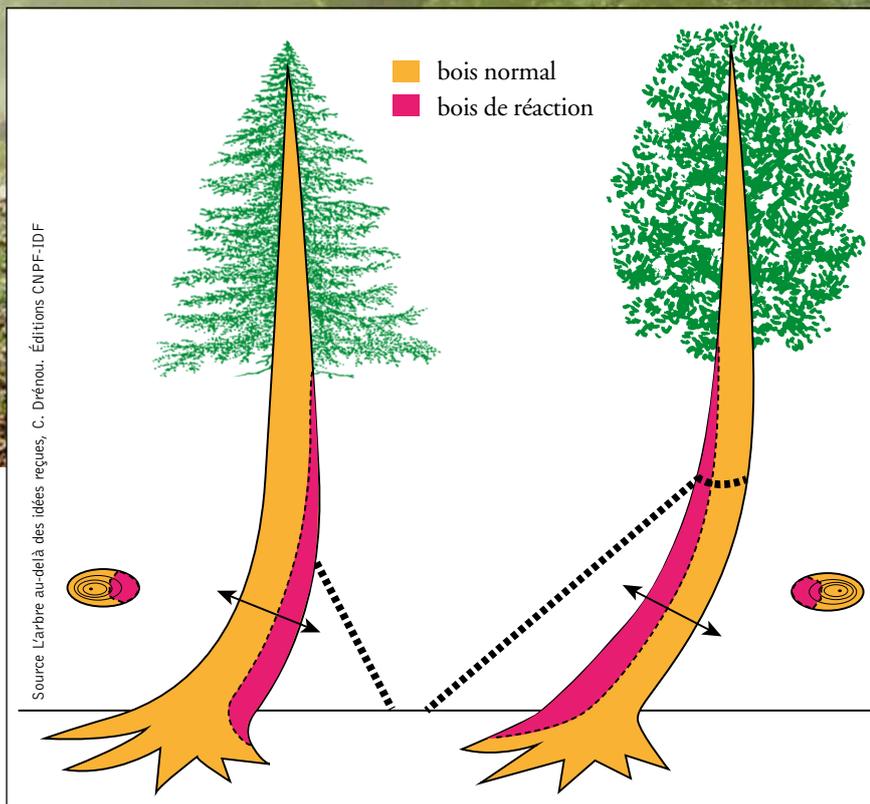
⁴ Alméras *et al.*, 2008.

⁵ Fournier *et al.*, 1999.

⁶ Pouliquen *et al.*, 2017 ; voir aussi l'article dans Le Monde, 2016.

⁷ Voir les articles de vulgarisation du Monde, du Figaro et d'Ouest France en 2013 et Lenne *et al.*, 2014.

Figure 3 - Une tige perçoit sa propre position dans l'espace et est capable de la rectifier au cours de sa croissance.



Quand un axe se courbe, des forces correctives apparaissent. Les résineux disposent davantage de « ressorts » comprimés sur le côté externe de la courbure et poussent l'axe vers le haut. Les feuillus accroissent le nombre de « ressorts » tendus à l'intérieur de la courbure et tirent l'axe vers sa position initiale. Schéma d'après Mattheck, 1999.

en rouge sombre. Au voisinage d'une plante, la lumière réfléchiée par le feuillage s'enrichit en rouge sombre. Avoir développé des capteurs sensibles au rapport entre rouge foncé et sombre permet donc aux plantes de détecter l'ombre et la présence d'autres plantes voisines. Les phototropines, quant à elles, sont sensibles à la lumière bleue, et permettent l'orientation vers la lumière du ciel.

Les cellules végétales vivantes réagissent aussi à des pressions mécaniques, donnant aux plantes une forme de sens du toucher. Lorsqu'un arbre se balance sous le vent, même très légèrement, les cellules du cambium sont alternativement étirées ou raccourcies. Des capteurs très sensibles (ils perçoivent des elongations ou raccourcissements de moins d'1 micromètre sur 1 mm) transmettent des informations qui stimulent la croissance racinaire et la croissance en diamètre, et inhibent la croissance en hauteur. Des observations et expérimentations sur le Pin radiata en Nouvelle Zélande, sur le Pin lodgepole (*Pinus contorta*) aux États-Unis, sur l'Épicéa de Sitka en Écosse, sur le Hêtre et le Pin maritime en France montrent que le régime des vents, en interaction avec l'exposition des arbres au vent modifiée par les pratiques sylvicoles comme l'éclaircie, impacte significativement la productivité en termes de croissance en hauteur ou en diamètre, ainsi que la résistance des arbres aux vents forts. Les arbres exposés « s'endurcissent » ainsi aux vents perçus quotidien-

nement et sont alors mieux préparés à résister aux vents violents, tels les pins maritimes de la dune en permanence fouettés par le vent⁸. À l'opposé, tout sylviculteur sait que suite à une éclaircie, le peuplement est fragilisé face aux coups de vent, surtout lorsque l'éclaircie a été tardive dans un peuplement dense. Il faut quelques années pour que l'élancement baisse et que l'ancrage se renforce pour retrouver une stabilité suffisante. Des expérimentations (dispositif Vent-éclair, forêt de Haye, 54) ont consisté à détourner des perches de Hêtre, simulant une éclaircie forte, en haubanant la moitié des arbres pour qu'ils ne puissent plus se balancer au vent. Les résultats montrent que la reprise de croissance en diamètre, les trois ans suivant l'éclaircie, est beaucoup plus faible dans les arbres haubanés, qui reçoivent pourtant autant de lumière et d'eau. L'augmentation habituelle du diamètre consécutive à l'éclaircie est donc autant le fait d'une perception des signaux mécaniques du vent, qu'à la meilleure disponibilité des ressources lumière et eau. Ces résultats n'ont rien de surprenant, si l'on se souvient d'avoir observé qu'un plant tuteuré, empêché de se balancer dans le vent, file en hauteur en oubliant de renforcer son tronc et son ancrage racinaire. Dans les années 2000, les utilisateurs de protections contre l'herbivorie constataient des modifications de croissance des plants protégés, qui ne se portaient plus lorsqu'on enlevait la protection. Après que les chercheurs

⁸ Fournier *et al.*, 2015.



⁹ voir site du fabricant Tubex, produits « à effet croissance » <http://www.tubexfrance.com/produits.html>

¹⁰ Lenne *et al.*, 2013.

¹¹ lien vidéo Trs.découverte^A, ou Lenne *et al.*, 2013.



^A <https://www.rts.ch/play/radio/cqfd/audio/la-communication-des-plantes?id=8156077>

aient montré que secouer mécaniquement les plants dans les protections rétablissait une croissance plus équilibrée, le fabricant a pris soin de régler correctement la ventilation et l'espace suffisant dans les protections pour que les arbres puissent continuer à percevoir des sollicitations mécaniques⁹. Grâce à plus de 700 capteurs sensoriels répertoriés dans le monde végétal, les plantes analysent en permanence leur environnement pour mesurer la température, l'humidité, la lumière... Elles n'ont ni yeux, ni nez, ni oreilles, et pourtant elles voient, sentent, réagissent aux ondes mécaniques.

Les arbres ont une forme de communication

Au-delà de recevoir des signaux, les cellules végétales émettent en retour des messages qui permettent une chaîne complexe de réponses, comme l'augmentation de la vitesse de croissance en diamètre et l'arrêt de la croissance en hauteur qui fait suite à la perception du signal du fléchissement du tronc par les cellules cambiales. Une expérience sur un tapis d'Arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*) a montré que ces petites plantes savaient combiner plusieurs sens lors d'interactions de voisinage : sur ces plantes en rosette, les feuilles horizontales ne peuvent « voir » leurs voisines ; mais dès qu'il y a un contact (sens du toucher) les feuilles impliquées se redressent activement et se rendent ainsi visibles via la perception par leurs voisines du rouge sombre réfléchi. Ce « geste » permet ainsi de renforcer le signal de proximité pour éviter de se faire mutuellement de l'ombre¹⁰. Indubitablement, les humains que nous sommes ne peuvent qu'être impressionnés par autant de « sens collectif ». Des réponses de cette nature n'ont pas encore été documentées chez les arbres, mais pourraient être impliquées par exemple dans le phénomène de timidité des cimes présent chez de nombreuses espèces. (*Photo timidité des cimes*, p. 7).

Les messages émis sont par exemple des courants électriques transmis à l'intérieur de la plante, ou des substances chimiques diffusées à d'autres parties de la plante. Les plus spectaculaires sont les messages d'alerte : par

exemple lorsqu'une feuille est attaquée par une chenille, une molécule, la systémine, est transportée par la sève, et prévient rapidement les autres feuilles qui peuvent mettre en place des réactions de défense, par exemple en produisant des substances toxiques pour l'animal. Ces messages chimiques sont également des substances volatiles émises dans l'air, qui préviennent les autres plantes ou attirent des prédateurs de la chenille. Si l'on considère que la communication est l'émission d'un signal suivie de sa réception induisant un changement d'attitude, on peut bien parler de communication végétale¹¹.

Une manifestation marquante de ce système d'alerte et de défense a été rapportée dans les années 1990 par le biologiste sud-africain Wouter Van Hoven qui avait observé la mort de 3000 antilopes koudous dans les ranchs. Son enquête menée avec plusieurs scientifiques a permis de comprendre ce qui s'était passé : l'élevage de ces koudous amenait une pression très forte sur les acacias, dont les feuilles blessées émettaient un gaz volatil très commun, l'éthylène. Émis en grande quantité, ce gaz prévenait les autres acacias du danger et ils mettaient en route la production de tanins qui rendaient les feuilles indigestes pour les antilopes. Ces antilopes d'élevage ne trouvaient pas de parade et mouraient. Pour autant, un tel impact de la communication végétale semble excessivement rare, et demande certainement des circonstances très particulières (dans ce cas, une surpopulation d'herbivores en élevage extensif et au régime alimentaire peu diversifié, au contact d'arbres par ailleurs habitués à se protéger contre les prédateurs). On n'a pas encore observé dans nos régions que les régénérations de chêne ou de résineux abruties par les cerfs, au grand dam des forestiers, avaient trouvé le moyen de se défendre toutes seules sans l'aide des chasseurs, dommage...

Dans la nature, les histoires sont la plupart du temps plus compliquées, car l'animal sait riposter et les acteurs (plantes et animaux) en interactions sont nombreux et diversifiés. Le biologiste André Kessler de l'Université Cornell a une équipe de recherche spécialisée,



© CNPF



Courbures basales exceptionnelles sur pins sylvestres « torturés » pour produire des bois courbes (Gryfino, Pologne) (© DR).

qui étudie les mécanismes chimiques et moléculaires et l'écologie des réponses des plantes à l'herbivorie¹². Dans une récente conférence à Nancy le 12 avril 2018, il nous parlait de ses travaux sur la communication entre espèces et de son influence sur la composition en espèces des communautés végétales. Contrairement à ce qui semble implicite dans le conte de Peter Wohlleben où « les mères protègent leurs enfants », les signaux émis n'informent et ne protègent pas seulement les individus de la même espèce. Ces recherches à dimension écologique, dans le milieu naturel diversifié en espèces et complexe en interactions, ne font que commencer car historiquement, les études ont plutôt été conduites par des physiologistes sur quelques plantes modèles en chambre de culture.

La révélation d'une activité souterraine encore peu comprise

Nous avons l'habitude de côtoyer les systèmes aériens – feuilles, fleurs et fruits, branches et

trunks – des arbres. Ce qui se passe en sous-sol est moins familier mais tout aussi essentiel¹³. Les microorganismes – champignons et bactéries – interagissent avec les racines au sein de la rhizosphère¹⁴. Ces mécanismes d'interaction sont indispensables à la vie des arbres¹⁵. Ils facilitent l'absorption de nutriments entre sol et plante. Ils favorisent aussi les échanges entre arbres. Suzanne Simard, chercheuse à l'Université de Colombie Britannique et référence de P. Wohlleben, a observé dans les années 1990 que de jeunes bouleaux et sapins de Douglas, ectomycorhizés¹⁶ par les mêmes champignons, recevaient chacun du carbone l'un de l'autre. Le flux net était en faveur du Douglas, de l'ordre de 10 à 25 % de sa photosynthèse (ce qui est beaucoup, mais ne peut néanmoins se substituer à la fixation plus classique du carbone de l'atmosphère par la photosynthèse). Une expérience plus récente réalisée dans une forêt du Jura suisse¹⁷ évalue que 4 % des composés carbonés issus de la

¹² voir site web « welcome to the Kessler's lab ».

¹³ Drénou et al., 2006.

¹⁴ Volume du sol en contact immédiat avec les racines les plus fines, et dans lequel prolifèrent des microorganismes. *Vocabulaire forestier*. Éditions CNPF-IDF p. 450.

¹⁵ Drénou et al., 2006.

¹⁶ Association symbiotique du mycélium d'un champignon avec les racines de plantes notamment les arbres, permettant à ces dernières d'améliorer leur nutrition minérale ; l'ectomycorhize est le développement d'un manteau fongique autour des racines de la plante. *Vocabulaire forestier* Éditions CNPF-IDF p. 340.

¹⁷ rapportée par Martin et Sélosse, 2018.

photosynthèse d'un arbre sont transportés dans les arbres voisins connectés au même réseau mycorhizien. Dans leur cas, ils ont observé un bilan nul entre arbres qui reçoivent et donnent. Personne ne peut actuellement déduire de ces mesures instantanées et ponctuelles quel est l'impact de ces échanges sur le bilan carbone à l'échelle d'un peuplement et sur le long terme, s'ils permettent par exemple, au-delà des vieilles souches de Hêtre maintenues en vie et mises en valeur par P. Wohlleben, d'aider les petits arbres dominés à croître à l'ombre et dans quelles situations cette aide pourrait être décisive et significative sur la croissance forestière. Pour l'instant, tous les modèles de croissance, statistiquement et pratiquement éprouvés, en restent au principe que les arbres dominés ont une croissance et une espérance de vie faibles.

¹⁸ Martin et Sélosse, 2018.

¹⁹ Mouliia, 2016.

Les réseaux racinaires et mycorhiziens permettent non seulement des échanges de carbone mais aussi d'eau, de phosphore, d'azote et autres minéraux. Difficile pour l'instant de savoir déterminer dans une forêt l'ampleur de ces flux entre arbres et à quelle distance ils peuvent se développer. Tout ce qui a été dit auparavant sur les émissions et transmissions de signaux, continue évidemment d'exister au sein des cellules des racines. Nous prenons alors conscience qu'au-delà de nourrir les plantes, le système sous-terrain des racines entrelacées, voire soudées, avec leurs cortèges de microorganismes est également aussi un réseau de signalisation, pouvant par exemple contribuer à l'alerte, en parallèle des volatiles qui se propagent dans l'air précédemment évoqué. Ces transmissions de signaux ont commencé d'être étudiées en pots, ou en mésocosmes (systèmes de blocs de sols plus grands qu'un pot, comprenant plusieurs plantes, élevées en pépinière ou en serre), mais leur évaluation dans la nature et *a fortiori* sur de grands arbres reste à faire¹⁸.

Les arbres, des écervelés intelligents? Souffrent-ils?

Les plantes nous surprennent. Sans cerveau centralisateur et sans système nerveux, elles réussissent avec leurs cellules et leurs capacités à recevoir et émettre des signaux chimiques, électriques, mécaniques, lumineux, à modifier leur croissance, leur orientation, leur appétence pour les prédateurs... Elles sont capables de mémoire, voire de « calculs », peut-être même d'apprentissage¹⁹. Si l'intelligence est un ensemble de processus qui permet d'apprendre ou de s'adapter à des situations nouvelles, alors les plantes sont intelligentes.

L'activité électrique des plantes est actuellement un champ de recherche en plein essor, qui trouble les biologistes par ses nombreuses similitudes avec le système nerveux des animaux. De même, on trouve chez les plantes la plupart des molécules responsables de la communication et des activités neuronales dans le cerveau humain (ce qui explique l'action psychotrope de certaines substances végétales). Stefano Mancuso, chercheur à



Exemple de souche anastomosée d'un douglas

La souche peut être reliée par greffage racinaire ou anastomose aux arbres voisins. En haut, photo vue de dessus prise en forêt. En bas, coupe longitudinale. Les bourrelets de bois blanc se sont formés après l'abattage de l'arbre.



© CNPF

l'Université de Florence ose utiliser l'expression « neurobiologie végétale » et vulgariser ses travaux sur la signalisation racinaire en parlant de « cerveau végétal localisé dans les racines ».

Notre perception du vivant et notre relation avec les autres espèces étaient jusqu'ici marquées par les trois catégories d'Aristote : l'âme végétative ou nutritive des végétaux, l'âme sensitive des animaux et l'âme intellectuelle des humains. Depuis peu, et suite à une longue chaîne de travaux scientifiques, nous réalisons que les frontières entre ces trois âmes ne sont pas si catégoriques : les découvertes scientifiques sur l'animal ont soutenu des réflexions actuellement prégnantes dans nos sociétés sur la conscience et la douleur animale, le bien-être animal, son individualité...

Notre relation aux plantes semble également bouleversée²⁰ ; même si l'on continue à traiter de « légume » celui qui, apathique, ne montre aucune capacité de réflexion et de réaction ; et de nommer « coma végétatif » l'état d'un grand malade qui n'a plus de perception sensible ni de mouvement. Pas très respectueux de tout ce que savent faire les plantes !

La compréhension de la souffrance animale a influencé les représentations de l'animal et les pratiques d'élevage. La question de la souffrance végétale est désormais ouverte²¹. Et le livre de P. Wohlleben est extrêmement doloriste : on n'arrête pas d'y faire souffrir les arbres. Mais que sait-on d'une éventuelle douleur végétale ? Jusqu'à présent, la physiologie ne trouve pas de capteurs végétaux analogues aux nocicepteurs²² des animaux, et l'écologie ne voit pas pourquoi les plantes auraient développé une perception de la douleur au cours de l'évolution, puisqu'elles ne peuvent pas fuir le danger et que la perte d'un organe n'est pas létale (les arbres se régénèrent par taillis après la coupe, les branches repoussent). Ainsi, il est probable que les plantes soient à la fois extrêmement sensibles à leur environnement et dépourvues de souffrance. Cette question devrait, à notre avis, faire l'objet d'une investigation plus poussée afin de pouvoir disposer de preuves irréfutables. Ainsi pourrait-on rassurer nos concitoyens sur les pratiques d'abattage.

L'arbre, objet de science pour la biologie et en même temps catalyseur de croyances

À l'issue de ce panorama rapide de la biologie de la sensibilité et de la communication végétale, en tant que scientifiques, nous avons envie de conclure que les arbres sont juste des plantes ordinaires, qui perçoivent leur environnement et y réagissent, qui échangent des informations et de la matière entre leurs différentes parties et avec d'autres organismes. La recherche avance, depuis deux siècles au moins, et modifie notre perception du monde végétal. La controverse s'établit entre des scientifiques médiatisés comme Stéfano Mancuso, pour qui les plantes ressemblent de plus en plus aux hommes ou Francis Hallé qui au contraire défend une altérité profonde du monde végétal.

Au milieu de ces connaissances nouvelles sur les plantes qui enflamment les communautés scientifiques, le succès du livre de P. Wohlleben étonne les chercheurs. Ce livre ne communique pas le dixième de ce que l'on sait des capacités des plantes et il s'extasie « d'évidences grossières en béatitude molle », pour reprendre les termes de la critique du journal *Le Monde des Livres*²³ sur le nouvel ouvrage de P. Wohlleben, « La vie secrète des animaux », lequel cette fois n'a pas réussi à emballer les journalistes. Le succès de « La vie secrète des arbres » surprend donc par son ampleur : pourquoi tant de gens se précipitent sur ce conte de fée, alors que seule une poignée de naturalistes ou de curieux s'intéressait jusqu'ici à tous nos excellents ouvrages de vulgarisation sur le monde végétal (*voir En savoir p. 14*). Il est clair que pour le grand public qui dévore le livre, l'arbre n'est pas une plante comme les autres. Pour les forestiers non plus d'ailleurs ! Comme le décrivent les travaux de chercheurs, cette fois en sciences sociales, sur les représentations de l'arbre²⁴, l'arbre n'a que des vertus pour nos concitoyens, et c'est un intouchable car attenter à l'arbre : c'est attenter à des valeurs plus grandes que lui. L'arbre porte un énorme capital symbolique : symbole de vie, de sacré, d'immortalité, de pérennité, d'avenir, de promesse, de sécurité, de grandeur, de passé, d'enracinement, de

²⁰ Ibgui *et al.*, 2018

²¹ Lepertois, 2018.

²² Capteurs de la douleur chez les animaux. Ils présentent les caractéristiques d'un seuil d'activation élevé (la stimulation algogène doit être intense, lésionnelle pour déclencher un potentiel d'action), d'une capacité de codage de l'intensité du stimulus (la perception augmente avec l'intensité des stimulations algogènes), d'une capacité de sensibilisation (la répétition des stimulations algogènes diminue le seuil des nocicepteurs et augmente leur activité même à faible intensité de chaque stimulation).

²³ Georgesco, 2018.

²⁴ De Smedt *et al.*, 2016.

Ouvrages de vulgarisation conseillés

- Académie d'Agriculture de France. *La forêt et le bois en France en 100 questions*. Ouvrage en ligne. <https://www.academie-foret-bois.fr>
- Drénou C., 2016. *L'arbre, au-delà des idées reçues et le jeu de cartes pour apprendre à observer les arbres et comprendre leur développement architectural*. Institut pour le Développement Forestier.
- Lenne C. 2014. *Dans la peau d'une plante. 75 questions impertinentes sur la vie secrète des plantes*. Belin.
- Lenne C., Bodeau O., Moulia B., 2014. *Percevoir et bouger : les plantes aussi !* Pour la science, 438 (Avril 2014), 40-47.
- *Plantes : elles sont intelligentes !* 2013. Dossier du numéro 1146, Science et Vie.
- Sélosse M.A. 2017. *Jamais seul*. Actes Sud. 368 pages.

vieillesse, d'hérédité, de solidité, de force... Il devient alors facilement un outil de communication stratégique instrumentalisé, un faire-valoir pour d'autres réalités que les faits scientifiques qui le concernent directement.

De fait, nous trouvons, dans le livre de P. Wohlleben, plusieurs questions qu'il n'hésite pas à trancher, mais qui relèvent de croyances sylvicoles et certainement pas de faits scientifiques rapportés par la biologie ou l'écologie :

- ▀ les forêts plus feuillues et moins résineuses,

régénérées naturellement, hétérogènes en structure (mélangées, non équiennes) et peu perturbées (couvert continu) sont-elles « meilleures » (plus productives, plus résistantes et résilientes) ? À l'évidence, la réponse ne peut pas être « oui » ou « non » sans précisions. La recherche doit étudier comment la sylviculture irrégulière ou à couvert continu, de même que le mélange intime ou par bouquets, influence les systèmes de perception de chaque arbre, ainsi que les communications et les échanges entre arbres. Sans doute faut-il d'abord comprendre comment ces systèmes de perception et d'échange impactent la croissance et la mortalité forestière, peut-être en commençant par des systèmes simples réguliers et monospécifiques, comprendre cela au-delà des observations ponctuelles voire anecdotiques actuellement invoquées ;

- ▀ les vieux arbres sont-ils plus « intelligents » et plus « utiles » dans les systèmes de communication et d'échanges d'assimilats au sein des communautés forestières ? P. Wohlleben le croit, nous montrant des « mères qui allaiteraient leurs petits » et nous incitant à laisser les forêts vieillir ; mais, là encore, cela ne s'appuie sur aucun fait scientifique ; sinon qu'on peut logiquement imaginer que les gros et grands arbres (pas nécessairement les vieux) occupent plus d'espace et transmettent plus de signaux que les petits. Suzanne Simard et la plupart des chercheurs réalisent la majorité de leurs travaux et de leurs découvertes sur des plantules d'arbres en pot. Cette survalorisation de l'arbre vieux est d'abord l'expression d'un attachement à l'arbre symbolique détaillé ci-dessus ;

- ▀ l'exploitation serait-elle forcément meilleure lorsque l'abattage est pratiqué manuellement et le débardage par le cheval, alors que la mécanisation serait une arme de destruction massive ? En bon forestier, P. Wohlleben, ne va pas jusqu'à proscrire toute exploitation, ce qui ne l'empêche pas de plaider pour le retour massif de la forêt primaire en Europe (si on s'en tient à la définition, une forêt primaire est une forêt dans laquelle l'impact de l'homme n'est pas visible, ce qui va être très difficile

Pour obtenir cette forme, appelée « cépée », il faut abattre l'arbre d'origine (ici un chêne) pour faire apparaître des rejets sur la souche, lesquels évoluent ensuite en nouveaux troncs.



Références citées dans le texte

- Académie d'Agriculture de France. Section 2 « Forêts et Filière Bois », 2017. Note de lecture de l'Académie d'agriculture de France sur le livre « La vie secrète des arbres » de Peter Wohlleben. (<https://www.academie-agriculture.fr/actualites/academie/lacademie-se-prononce-sur-le-livre-la-vie-secrete-des-arbres>) consulté le 18 juillet 2018.
- Alméras T., Gril J., Jullien D., & Fournier M., 2008. *Les contraintes de croissance dans les tiges: modélisation de leur mise en place et de leur fonction biologique*. Revue Forestière Française Vol. 60 (6), 749-760.
- Brunet Y., 2018. Note sur le livre « La vie secrète des arbres » de P. Wohlleben. Association Française pour l'Information Scientifique. Sciences et Pseudo-Sciences n°324.
- De Smedt T., Fastrez P., Matagne J., Farcy C., 2016. *Les recommandations du programme en matière de communication*. In Dereix C., Farcy C., Lormant F. « Forêt et communication. Héritages, représentations et défis », p. 381-391.
- Drénou C., Charnet F., Girard S., Garbaye J., Bonneau M., Cruziat P., Frochot H., Lévy G., Marçais B., Larrieu L., Moore W., Rossignol J., 2006. *Les racines, face cachée des arbres*. Institut pour le Développement Forestier. 335 p.
- Fournier M., Chanson B., Thibaut B., 1999. *Contraintes de croissance chez le peuplier I 214*. Forêt-entreprise n° 129 p. 27-29.
- Fournier M., Bonnesoeur V., Deleuze C., Renaud J. P., Legay M., Constant T. & Moulia B., 2015. *Pas de vent, pas de bois. L'apport de la biomécanique des arbres pour comprendre la croissance puis la vulnérabilité aux vents forts des peuplements forestiers*. Revue Forestière Française Vol. 67 (3), 213-237.
- Georgesco F., 2018. *Wohlleben c'est trop bête*, Le Monde des livres, 12.05.2018, page 3 du dossier « Frères animaux qui avec nous vivez ».
- Ibgui P., Kemmel A., Chamillard C., Morille M. & Mira. S. 2018. *L'intelligence des arbres. De la sensibilité à l'éthique végétales*. L'Agora, points de vue. Forestopic. 16 juillet 2018. <https://www.forestopic.com/fr/agora/points-vue/783-intelligence-arbres-sensibilite-ethique-vegetales>
- Lenne C., Bodeau O., & Moulia B., 2013. *Vrai ou Faux: Les plantes communiquent-elles ?*. Pour la Science Janvier 2013 (423), 1 p..(2013).
- Lepoertois D., 2018. *Ce qu'il faut répondre à un omnivore qui vous sort l'argument du « cri de la carotte »*. SlateFR (<http://www.slate.fr/story/157159/cri-carotte-vegetariens-plantes-douleur>, consulté le 18 juillet 2018)
- Martin F., Sélousse M.A., 2018. *Les arbres sont-ils connectés par les réseaux de champignons mycorhiziens ?* La forêt et le bois en France en 100 questions. Académie d'Agriculture. Chapitre 2 paragraphe 12, mis en ligne le 12/03/2018. <https://www.academie-foret-bois.fr>
- Moulia B., 2016. Conférence *Une intelligence chez les plantes ? un voyage entre science et croyance* donnée dans le cadre de la journée « Science et pseudosciences, une journée pour réveiller sa pensée critique » organisée par la Maison pour la Science en Auvergne et les Mercredis de la Science de l'Université Blaise Pascal. Vidéo sur <https://richmedia.univ-bpclermont.fr/Mediasite/Play/7de928b90f27475ca3e157d8c13764551d?playFrom=57232&autoStart=true>
- Moulia B., & Fournier M., 2009. *The power and control of gravitropic movements in plants: a biomechanical and systems biology view*. Journal of experimental botany, 60(2), 461-486.
- Pouliquen O., Forterre Y., Berut A., Chauvet-Thiry H., Bizet F., Legué V., Moulia B., 2017. *A new scenario for gravity detection in plants: the position sensor hypothesis*. Physical Biology, 14 (3), DOI : 10.1088/1478-3975/aa6876
- [Interview] Forterre Y. (Interviewé), Moulia B. (Interviewé), Dumais J. (Interviewé), Larousserie D. (Interviewer), 2016. *Les plantes sont de bonnes géométristes*. Le Monde (diffusion 273111), 2p. <http://prodinra.inra.fr/record/384201>.
- Moulia B. (Interviewé), Nothias JL, 2012 (Intervieweur). *Pourquoi les plantes poussent-elles droit ? Les végétaux sont dotés d'une sorte de «sixième sens» qui leur permet de percevoir leur forme et de la corriger*. Le Figaro – Sciences - 08/12/2012 p18 et « Comment les plantes restent debout ? » Le Figaro version électronique : <http://www.lefigaro.fr/sciences/2012/12/07/01008-20121207ARTFIG00405-comment-les-plantes-restent-elles-debout.php> (consulté le 29 juillet 2018)
- Moulia B. (Interviewé), Larousserie D. (Intervieweur), 2012. *Les plantes ont un penchant pour la droiture*. Le Monde (Cahier Science & Techno) - 08/12/2012 p2 https://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/12/06/les-plantes-ont-un-penchant-pour-la-droiture_1801238_1650684.html (consulté le 29 juillet 2018)
- Ouest France, 2013. *Pourquoi les arbres et les plantes se tiennent droit ?* 27/09/2013. <https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/pourquoi-les-arbres-et-les-plantes-se-tiennent-droit-275287> (consulté le 29 juillet 2018).
- Prof. Dr. Christian Ammer, Université de Göttingen et Prof. Dr. Jürgen Bauhus, Université de Freiburg. 52 AFZ-DerWald. 16/2017. <https://www.openpetition.eu/petition/online/auch-im-wald-fakten-statt-maerchen-wissenschaft-statt-wohlleben> (consulté le 28 juillet 2018)
- TSR découverte. 2010. *Les plantes communiquent-elles ?* ©Tsr.ch. Vidéo consultée en ligne le 29 juillet 2018. <https://www.rts.ch/play/tv/decouverte/video/les-plantes-communicent-elles?id=2045231&station=a9e7621504c6959e35c3ecbe7f6bed0446cdf8da>
- Welcome to the Kessler Lab. Université Cornell. <http://www.eeb.cornell.edu/kessler/index.html> Site web consulté le 30 juillet 2018.
- Wohlleben P., 2015. *La Vie secrète des arbres. Ce qu'ils ressentent. Comment ils communiquent*, Les Arènes, 2017 (titre original : Das geheime Leben der Bäume. Was sie fühlen, wie sie kommunizieren - die Entdeckung einer verborgenen Welt, Ludwig, München, 2015).

à obtenir même dans 100 ans dans nos réserves biologiques intégrales). Là encore, il n'y a aucun fondement scientifique, sinon que des engins trop lourds, des chantiers mal organisés... portent évidemment préjudice au bon fonctionnement des sols. Attention, promouvoir ainsi l'usage du cheval va choquer ceux qui sont contre l'exploitation de l'animal ; n'oublions pas que la mécanisation eut aussi pour conséquence de réduire la pénibilité du travail de l'homme... et de l'animal. Se pose-t-on par ailleurs la question de savoir si les machines agricoles sont préjudiciables à la bonne entente des céréales, qui sont aussi des plantes qui communiquent entre elles ? Là encore, on peut voir là plutôt l'expression de représentations : la récolte de l'arbre intouchable ne peut pas se gérer avec de simples considérations de rentabilité et d'ergonomie, elle se mérite, à l'issue d'un travail pénible, avec des rites mettant en scène les trois catégories d'êtres vivants – l'arbre, l'homme et le cheval –, autant que possible à égalité, donc sans outils trop élaborés. Il sera intéressant que la science des plantes contribue au développement de méthodes d'exploitation à haute qualité environnementale, très certainement mécanisée ou en tout cas mixte. Pour cela, nous devons comprendre comment telle ou telle méthode perturbe les facultés de perception, réponse et communication des arbres.

Récemment, une ingénieure nouvellement diplômée regrettait que les avancées de la recherche en matière de perception, signalisation, communication des plantes n'aient pas été plus diffusées dans sa formation. Elle sentait bien en effet, que les réponses au livre de P. Wohlleben de la part des sciences et techniques forestières étaient affaiblies par le manque de culture générale vis-à-vis de la biologie végétale de pointe, comme des réflexions plus philosophiques sur la définition de l'intelligence et de la sensibilité. Difficile en effet de faire l'impasse en restant confinés dans la culture classique de l'écologie forestière régie par la compétition et la disponibilité des ressources eau, lumière, minéraux ; soyons curieux ! ■

Chalfrax, programme de gestion nationale des frênaies face à la chalarose

B. Cano © CNPF

Chalarose,

le Ministère s'engage !



Par Frédéric Delpont,
ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, chef
du Département de la santé des forêts

L'arrivée d'organismes pathogènes exotiques invasifs est l'une des causes majeures d'atteinte à la santé des arbres forestiers, depuis la deuxième moitié du XIX^e siècle, période du début du développement d'échanges internationaux à grande échelle. La chalarose du frêne est emblématique à cet égard : pathogène inconnu, inattendu, sans importance dans son aire d'origine, ses symptômes sont apparus en Europe, avant même que ne soit identifié et isolé l'agent causal, avec un impact économique et paysager majeur sur l'une des principales essences feuillues françaises.

Pour y faire face, il a fallu d'abord qualifier les dommages sur le terrain et comprendre le fonctionnement de la maladie. Le Département de la santé des forêts (DSF) a mis en place les protocoles nécessaires pour suivre le front de progression d'une part, et pour mesurer l'impact spatio-temporel sur les peuplements d'autre part. Il s'est aussi associé avec des partenaires de la recherche pour acquérir

les connaissances de base sur la biologie et l'épidémiologie du pathogène. Des premiers conseils ont alors été diffusés.

Une fois la maladie et l'ampleur de son impact mieux compris, il a fallu réfléchir à la manière dont les gestionnaires de la forêt et la filière bois allaient pouvoir réagir de façon adéquate dans un premier temps, puis vivre avec la chalarose. C'est pour cela que le DSF s'est associé au montage, à la réalisation et au financement du projet *Chalfrax*, dont l'ambition est de rassembler l'ensemble des partenaires concernés de la filière et de la recherche, afin de fournir des recommandations pratiques aux gestionnaires forestiers ainsi qu'à ceux qui vont valoriser la ressource en bois de frêne.

La qualité de ce partenariat, la robustesse de l'expertise rassemblée et le souci de fournir des résultats opérationnels, permettent de faire de *Chalfrax* une véritable boîte à outils pour la politique forestière en ce qui concerne l'avenir du frêne en France. ■

Sommaire

- 18 L'épidémiologie au service de la sylviculture
- 23 Des territoires marqués, des dommages variables
- 26 Sélection et création variétale face à l'épidémie de chalarose : du pragmatisme avant tout
- 33 L'expérience de la chalarose chez nos voisins : focus sur la Pologne et l'Allemagne
- 36 Impact de la chalarose sur la qualité du bois
- 39 La ressource en frêne, un enjeu important !
- 42 Usages du frêne et circuits actuels de valorisation
- 45 Stratégies de gestion des frênaies chalarosées en forêt publique
- 48 *Chalfrax*, stratégies de gestion, une action salubre
- 55 *Chalfrax* : la force de frappe d'une filière face au défi de la chalarose



Technicien à la délégation régionale des Hauts-de-France du CNPF, coordonnateur du projet *Chalfrax*, correspondant-observateur du DSF.



En savoir⁺

Chalfrax ; gestion des frênaies françaises menacées par la chalarose. <https://chalfrax.cnpf.fr/>



La CVO au secours du frêne !

Par Michel Druilhe, président de France-Bois-Forêt

L'Interprofession nationale de la filière Forêt-Bois cofinance depuis 2004, aux côtés des professionnels de la filière et grâce à la Contribution volontaire obligatoire dite « CVO », des actions collectives de promotion, de communication et de valorisation de la forêt française et du matériau bois. Nous suivons également l'activité de nombreux marchés afin de disposer d'une vision cohérente de la structure et de la situation économique de la filière afin de fournir aux entreprises les outils nécessaires aux investissements et à l'accroissement de leur performance.

Les conséquences du changement climatique sur notre patrimoine forestier, qui peuvent être notamment sanitaires ou économiques, constituent une source d'inquiétude importante pour les propriétaires forestiers privés et publics, mais également pour toute la filière, de la graine à la transformation du bois.

Les atouts de la forêt et du bois dans l'adaptation au changement climatique sont multiples et ne sont plus à démontrer : séquestration du carbone, support de biodiversité, filtration de l'eau et stabilisation des sols. Il est donc vital aujourd'hui de promouvoir l'utilisation du

matériau bois et d'assurer la pérennité de la forêt dans un climat appelé à changer. Cette démarche conduira également à des effets positifs en termes d'emploi dans nos territoires et de valeur ajoutée à la production.

Nous portons par conséquent un intérêt majeur aux programmes de recherche et développement autour des nouveaux itinéraires sylvicoles et des nouveaux modes de gestion d'autant plus qu'ils touchent déjà nos forêts. Nous cofinançons notamment au côté du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, le Réseau pour l'Adaptation des forêts au changement climatique — RMT AFORCE —, un programme autour de la tolérance du pin maritime et du pin tadea au nématode et bien d'autres actions.

C'est donc naturellement que l'interprofession nationale soutient le programme *Chalfrax* afin d'accompagner les propriétaires dans la gestion et la valorisation des peuplements de frênes infectés par la chalarose. L'importance du financement de France Bois Forêt traduit les attentes de la filière sur un programme crucial pour l'avenir de nos territoires et d'une essence valorisable dans la menuiserie intérieure, le placage, l'ébénisterie et les outils. ■



L'épidémiologie au service de la sylviculture



¹ Expert national pathologie - Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, DGAL, SDQSPV, Département de la santé des forêts, F-75015 Paris

Par Claude Husson, DSF¹ et Benoit Marçais, INRA²

² Directeur de recherche en pathologie forestière - Université de Lorraine, IAM, F-54000 Nancy

Comment un champignon exotique et invasif provoque-t-il de tels dégâts dans les frênaies en France depuis 2007 ? Mieux connaître les causes et les impacts de cette maladie bénéficié à la mise en place de la gestion des peuplements infectés.

Un exotique invasif

Dès les premiers signalements de frênes dépérissants en Haute-Saône réalisés par le Département de la Santé des Forêts (DSF) en 2007, il a été rapidement acté par les pathologistes forestiers qu'une crise sanitaire majeure se profilait pour les frênaies en France. Le rapprochement a été fait entre ces arbres symptomatiques et ceux observés en Europe de l'Est, notamment en Pologne et en Lituanie dans les années 2000^A.

En 2006, un champignon pathogène était identifié comme l'agent causal de nécroses sur tiges et petites branches et de dépérissements massifs de frênes de tout âge en Pologne. Le pathogène a été nommé *Chalara fraxinea*, nouvelle espèce du genre *Chalara* et spécifique de *Fraxinus* sp.^B. Plus tard, il sera établi que ce champignon n'est pas indigène en Europe, mais il est une espèce exotique et invasive originaire d'Asie orientale et probablement introduite en Europe via les importations répétées de graines et de plants de frênes asiatiques en Pologne et dans les pays baltes à partir des années 1960, en provenance directe de l'aire de répartition naturelle de *Chalara fraxinea*^C.

En Asie, le champignon a un faible pouvoir pathogène sur les frênes indigènes : il est présent uniquement sur feuilles et n'occasionne pas de dépérissement du houppier ni de déficit foliaire. Par contre, sur *Fraxinus excelsior* en Europe, le comportement de *C. fraxinea* est beaucoup plus agressif, causant des réductions de croissance, un affaiblissement général du plant favorisant l'installation de parasites secondaires et des mortalités, qui au final remettent en cause la gestion sylvicole des parcelles où le frêne est l'essence majoritaire.

Une propagation rapide

Ainsi, constatant l'ampleur des dégâts mentionnés dans les peuplements purs de frêne commun en Haute-Saône en 2008, le début de propagation de la maladie dans les départements limitrophes dès 2009, et ceux signalés ensuite dans d'autres pays européens comme en Allemagne, au Danemark ou en Autriche, les organismes forestiers ont rapidement recommandé de suspendre les plantations de frênes communs en France, pour deux raisons majeures : d'une part, les plantations en forêt sont vouées à l'échec à cause de la forte sensibilité de l'espèce et, d'autre part, elles présentent un risque supplémentaire de dispersion de la maladie sur le territoire, et notamment dans les zones non encore atteintes. Au-delà de cette préconisation de base et toujours d'actualité, il est nécessaire de gérer l'existant. Pour cela, des études ont été menées pour mieux comprendre le cycle infectieux, l'étiologie³ et l'épidémiologie⁴ de la maladie, et constituer un socle de connaissance nécessaire à la mise en place de stratégies de gestion des peuplements existants de tout âge. Après le rappel du cycle biologique de l'agent pathogène, nous aborderons les principaux éléments, qui expliquent la dispersion de la maladie et la variabilité des dommages observés chez le frêne en forêt.

Et très virulente

En 2011, Queloz *et al.* ont décrit la forme sexuée de *C. fraxinea*, *Hymenoscyphus fraxineus* (synonyme *H. pseudoalbidus*). Les fructifications produites par ce champignon ascomycète⁵ sont essentielles dans le cycle de la maladie. Ce sont des apothécies⁶ (ou pézizes) blanchâtres qui se forment dans la

^A Przybyl 2002, Lygis *et al.*, 2005.

^B Kowalski, 2006.

³ Science qui étudie les causes des maladies.

⁴ Étude de la fréquence, de la dispersion et des facteurs de risque d'une maladie.

^C Drenkhan *et al.*, 2014 ; Gross *et al.*, 2014 ; Husson *et al.*, 2011.

⁵ Les Ascomycètes constituent un vaste embranchement de champignons, caractérisés par des spores formées à l'intérieur d'asques.

⁶ Les apothécies produisent des spores qui sont dispersées et redonnent des champignons.



Figure 1 - Fructifications (ou apothécies) sur pétiole de frênes dans la litière.

© Inra Grand Est - Nancy

⁷ Nervure principale des feuilles.

litière sur les rachis⁷ des feuilles tombées les années précédentes (Figure 1). Ces fructifications éjectent à maturité des milliers de spores, qui sont véhiculées par le vent et infectent les feuilles des arbres aux alentours. Après une période de latence, le pathogène se développe sur les folioles et le pétiole formant des lésions nécrotiques observables à partir d'août. En automne et en hiver, les rachis de feuilles infectées tombés dans la litière sont reconnaissables par la formation de plaques pseudosclérotiques noires qui se démarquent des rachis non infectés de couleur beige-gris^D et fournissent ainsi un moyen de diagnostic efficace. Après la période hivernale, le cycle se boucle en juin où le champignon profite de la succession des journées plus chaudes et humides pour fructifier à nouveau.

Sur *Fraxinus excelsior*, espèce très sensible au pathogène, *C. fraxinea* ne limite pas son développement aux feuilles, comme sur les frênes asiatiques. En effet, le pathogène poursuit sa croissance vers le rameau avant la chute des feuilles. Il forme alors des nécroses dans le bois qui ceignent la tige et tuent les extrémités de branches (Figure 2). C'est ainsi que le houppier prend rapidement une forme dépérissante avec des mortalités de branches, des manques de ramification et des déficits foliaires (Figure 3). Au-delà de ces symptômes dans le houppier, en milieu humide et fortement contaminé comme dans les plantations de frênes pures, le pathogène est capable de pénétrer à la base du tronc et de former des nécroses au collet qui sont souvent surinfectées ensuite par l'armillaire (*Armillaria gallica* essentiellement dans le nord-est de la France) accélérant le pourrissement du collet des arbres jusqu'au cœur du tronc et la mortalité des sujets âgés^E (Figure 4).



Figure 2 - Nécrose sur tiges à l'insertion d'une feuille infectée.

© Inra Grand Est - Nancy

^D Gross et al., 2014.



Figure 3 - Déficit foliaire et mortalité de branches dans le houppier.

© Inra Grand Est - Nancy

^E Husson et al., 2012 ; Marçais et al., 2016.

^F Grosdidier *et al.*, 2018.

La chalarose se disperse ainsi aisément par voie naturelle non seulement sur les frênes présents en forêt, mais aussi dans des bosquets isolés, le long des routes et des cours d'eau et dans les haies. La distance de dispersion aérienne des spores infectieuses a été estimée entre 1,5 et 2,5 km^F. La majorité des spores produite sur les rachis de feuilles de la litière se disperse proche de la source, mais certaines vont bien au-delà, jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres. Il n'est, par conséquent, pas envisageable de limiter son expansion naturelle par une intervention humaine, éradications, coupes sanitaires ou arrêt de plantations vectrices du pathogène. C'est ainsi que la chalarose a progressé en moyenne de 50 km par an vers l'Ouest et le Sud de la France à partir des foyers initiaux localisés en Alsace, en Haute-Saône et dans le département du Nord (Figure 5). Signalons enfin que les grumes sont potentiellement vectrices de l'agent pathogène via la présence de nécrose au collet. Cependant, comparé à la dissémination aérienne à partir des frênaies infectées, le transport de grumes n'est aujourd'hui pas considéré comme un risque élevé de dissémination de la maladie. Car, d'une part, les bois sont exportés essentiellement vers des pays où la maladie est déjà présente^G. D'autre part, la production de spores infectieuses à partir des nécroses du bois n'a pas été démontrée en milieu naturel. Soulignons enfin que les nécroses de collet sont en grande majorité dans les 25-50 premiers cm de la grume et peuvent donc être purgées avant transport.

^G Bilot N. 2018, Forêt-entreprise 243 p. 42 ; Cousseau G., 2018, Forêt-entreprise 243 p. 36.

Quels impacts sur les frênaies

Il existe cependant des disparités spatiales dans l'impact de la chalarose et des mortalités de frênes induites, à la fois à une échelle régionale^H, mais aussi à une échelle locale. La compréhension des facteurs, qui jouent sur la sévérité de la maladie, est donc essentielle pour gérer au mieux les peuplements existants. Cette connaissance permet d'identifier les situations où il est nécessaire d'intervenir sans tarder et celle où l'intervention peut être différée.

Les premiers facteurs expliquant cette variabilité sont la date d'arrivée de la maladie dans le secteur géographique et l'âge des arbres. Clairement, les taux de mortalité annuels de frênes au stade perchis restent faibles jusqu'à 5 ans après l'arrivée de la maladie dans le site. Ils ne deviennent élevés qu'après 7 à 8 ans de présence de chalarose, pour atteindre environ



© Inra Grand Est - Nancy

Figure 4 - Nécroses suintantes au collet des arbres

10 %. Sur les bois moyens et les gros bois, la mortalité annuelle moyenne ne dépasse pas 3 % jusqu'à 9 ans de présence de la chalarose^I (Figure 6). Ce sont des éléments importants à prendre en compte pour la gestion sylvicole des parcelles infectées. Ils signifient en effet qu'il n'y a pas urgence à réaliser des coupes sanitaires dans les peuplements, et encore moins chez les arbres âgés. Le troisième facteur à prendre en compte est la densité de frênes. Dans les parcelles où le frêne commun est majoritaire, en plantation ou en régénération naturelle, il n'y a pas d'espoir de rémission et la réflexion doit se porter vers une exploitation à moyen terme et vers des essences de substitution pour recomposer le peuplement. Ceci est d'autant plus vrai que les peuplements sont jeunes. En revanche, et tout particulièrement dans ces peuplements de frênes très infectés, il est important de conserver les sujets indemnes ou peu déperissants, car ils sont très probablement peu sensibles et donc source d'individus tolérants à la maladie pour les nouvelles générations de frênes. La résistance à la chalarose est en effet partiellement transmissible aux générations suivantes, car gouvernée génétiquement^J. Par conséquent, dans la mesure du possible, la coupe rase est à éviter dans les frênaies pures ; de même, dans les très jeunes peuplements où certains individus tolérants se démarquent rapidement et sont à conserver, ainsi que dans les peuplements âgés où les frênes asymptomatiques peuvent être préservés comme semencier. La situation est différente dans les peuplements mélangés où la maladie évolue plus lentement, notamment là où la densité en frênes adultes

^H Goudet *et al.*, 2018. Forêt-entreprise 243 p. 23.

^I Marçais *et al.*, 2016 ; Marçais *et al.*, 2017

^J Dowkiw *et al.*, 2018. Forêt-entreprise 243 p. 26.

Figure 5 - Dispersion de la chalarose de 2008 à 2018

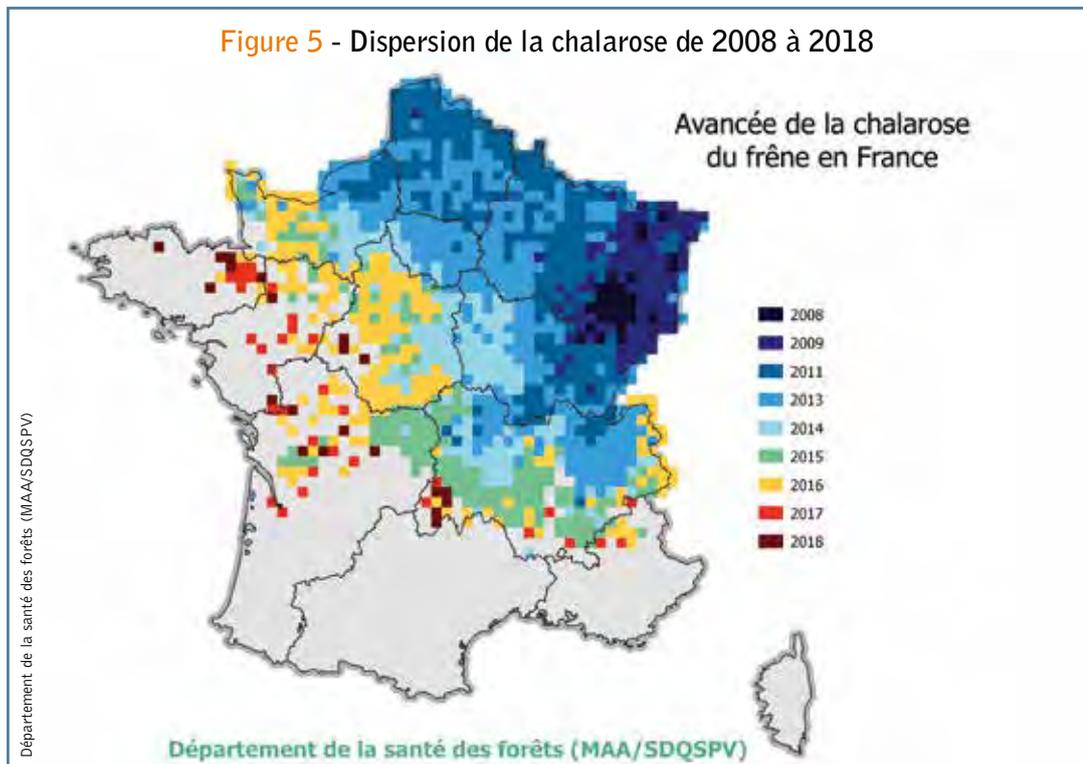
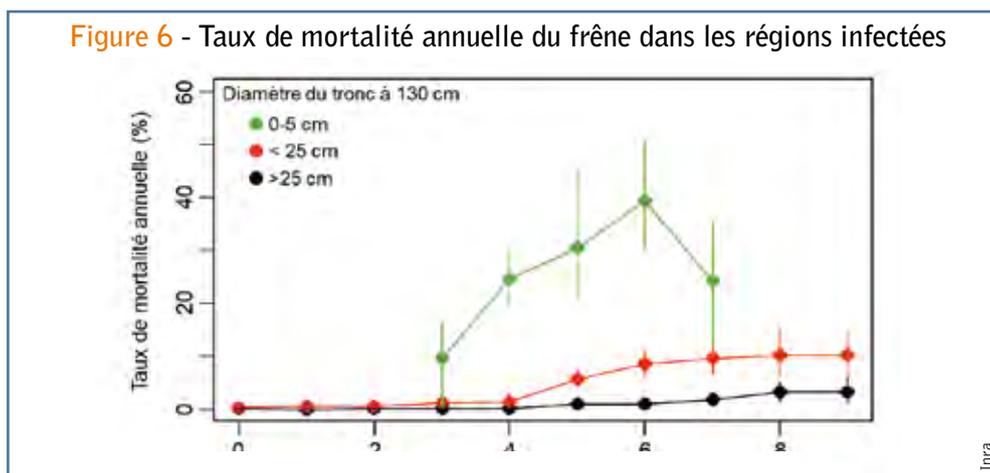


Figure 6 - Taux de mortalité annuelle du frêne dans les régions infectées



représente moins de 20 % du peuplement ($G < 5 \text{ m}^2/\text{ha}$). Dans ces stations, le frêne échappe à la maladie par un phénomène appelé évitement⁸. L'exploitation peut alors être fortement différée, voire ne sera pas nécessaire. Dans ce contexte, le mélange d'espèces est bénéfique pour la survie et la croissance des frênes en raison d'une épidémie densité-dépendante, mais aussi de mécanismes écologiques liés à la biodiversité, qui accentuent la résistance des forêts.

Des impacts bien différenciés

Les notations de dépérissement du houppier, et notamment la mortalité de branches et rameaux, constituent des informations tangibles pour estimer l'impact de la chalarose à l'échelle du peuplement. Cependant, de nombreux sujets dépérisants présentent des capacités de résilience qui leur permettent

de survivre longtemps et donc de différer leur exploitation. Cette résilience est d'autant plus forte que l'arbre est âgé. Il est donc parfois difficile de gérer les frênes sur la seule base de ce critère de notation dans les peuplements de frênes localisés dans le grand quart nord-est de la France, où la majorité des arbres présentent des houppiers dépérisants. Un autre critère important à prendre en compte pour les individus moyen et gros bois est la présence de nécrose au collet. Ce critère améliore notablement le pronostic au moment du martelage. En effet, la présence de nécroses à la base des troncs est un bon indicateur de mortalité⁹. Les arbres avec un collet nécrosé à plus de 50 % de leur circonférence doivent être exploités, car ils présentent un risque élevé de chablis ou de mortalité sur pied. Par contre, les arbres dépérisants ne présentant aucune nécrose ou alors d'une taille de moins d'un quart de la circonférence ont un risque

⁸ L'évitement est l'ensemble des processus qui aboutissent à ce qu'un hôte pourtant sensible à un parasite en inoculation artificielle ne soit que peu ou pas infecté en conditions naturelles. On parle parfois de filtre de rencontre (*sensu* Combes, 2001). Pour la chalarose, les principaux processus aboutissant à de l'évitement sont de deux types. Certains environnements sont défavorables à l'expression de la maladie : sites trop chauds dans le Sud de la France, arbres isolés dans un microclimat sec et chaud, arbres en ville avec ramassage des feuilles mortes à l'automne. D'autre part, des individus situés dans un contexte de faible densité de frênes dans un rayon de 300 m, même s'ils sont localisés dans un peuplement forestier ne seront généralement que faiblement impactés par la chalarose. Cet évitement explique qu'une très large proportion des individus très peu touchés par la chalarose sont visibles dans le paysage, mais ne sont pas des arbres, présentant un niveau intéressant de tolérance à cette maladie. Pour repérer les individus tolérants à la maladie, il est nécessaire de se placer en conditions très favorables à la chalarose : site dense en frênes, avec un jeune peuplement fermé ayant une ambiance forestière et ne représentant pas un bosquet isolé dans le paysage.

⁹ Marçais *et al.*, 2017.

^LMarçais *et al.*, 2016.

de mortalité annuelle de moins de 5 %, même pour les sujets au stade perchis. Il est important de souligner que la présence d'une seule nécrose peu développée au collet ne permet pas de prédire une mortalité rapide de l'arbre^L. En effet, les nécroses se développent peu au cours du temps et les arbres ont souvent la capacité de contenir leur développement en formant des bourrelets cicatriciels. Les arbres les plus nécrosés ont en réalité subi de multiples infections récurrentes à la base du tronc qui, en s'amalgamant, ceinturent le collet. Ainsi, l'observation de l'état du collet des arbres au martelage par grattage superficiel de l'épiderme est fortement conseillée pour améliorer le diagnostic de l'état sanitaire de l'arbre et de son devenir.

Des facteurs prédisposants

Parmi les conditions stationnelles, le taux d'humidité du sol est le facteur prédisposant majeur corrélé à la sévérité de la maladie^M. En effet, plus les stations sont humides, plus les frênes présentent des nécroses au collet et un déficit foliaire du houppier élevé. Localement, il est donc nécessaire d'estimer le taux d'humidité du sol pour réaliser un bon pronostic et gérer rationnellement les peuplements de

frênes. Un milieu frais ou humide, notamment en été, est favorable à la production d'apothécies sur les rachis de feuilles source de spores à l'origine des infections foliaires, voire de nécroses au collet dans les sites denses en frênes et fortement attaqués. Les milieux mésophile ou sec sont par contre les sites les moins à risque. En effet, bien que présente, la chalarose y évoluera plus lentement et la résilience des frênes sera plus forte, permettant ainsi une gestion de la frênaie attaquée à plus long terme.

Les connaissances sur l'épidémiologie de la maladie, et notamment sur son mode de dispersion, sur le rôle de l'âge, de la structure et des conditions stationnelles fournissent des éléments primordiaux à prendre en compte pour adapter le martelage, préserver les frênes tolérants et gérer efficacement les peuplements de frênes infectés. C'est dans les missions du projet *Chalfrax* de renforcer ces connaissances. L'ambition du projet est par ailleurs de mieux définir un seuil de densité où la maladie évolue peu en fonction de la localisation des parcelles et de leur âge et d'estimer l'impact de la chalarose sur la croissance des arbres. ■

^M Husson *et al.*, 2012 ;
Marçais *et al.*, 2016 ;
Goudet *et al.*, 2018.
Forêt-entreprise n° 243
p. 23.

Bibliographie

■ Département de la Santé des Forêts, 2018. *Chalara fraxinea, la chalarose du frêne*, consulté le 30 avril 2018 sur ephytia.inra.fr/fr/C/20407/Forets-Chalarose-du-frêne

■ Drenkhan R., Sander H., Hanson M., 2014. *Introduction of Mandshurian ash (Fraxinus mandshurica Rupr.) to Estonia: Is it related to the current epidemic on European ash (F. excelsior L.)?* European Journal of Forest Research, 133, 769-781.

■ Grosdidier M., Loos R., Husson C., Caël O., Scordia T., Marçais B., 2018. *Tracking the invasion: dispersal of Hymenoscyphus fraxineus airborne inoculum at different scales.* FEMS Microbiology Ecology, 5, doi. org/10.1093/femsec/fiy049.

■ Gross A., Holdenrieder O., Pautasso M., Queloz V., Sieber T.-N., 2014. *Hymenoscyphus pseudoalbidus, the causal agent of European ash dieback.* Molecular Plant Pathology, 15, 5-21.

■ Husson C., Caël O., Grandjean J.-P., Nageleisen L.-M., Marçais B., 2012. *Occurrence of Hymenoscyphus pseudoalbidus on infected ash logs.* Plant Pathology 61 : 889-895.

■ Husson C., Scala B., Caël O., Frey P., Feau N., Marçais B., 2011. *Chalara fraxinea is an invasive pathogen in France.* European Journal of Plant Pathology, 130, 311-324.

■ Kowalski T., 2006. *Chalara fraxinea sp. nov. associated with dieback of ash (Fraxinus excelsior) in Poland.* Forest Pathology, 36, 264-270.

■ Lygis V., Vasiliauskas R., Larsson K.-H., Stenlid J. 2005. *Wood-inhabiting fungi in stems of Fraxinus excelsior in declining ash stands of northern Lithuania, with particular reference to Armillaria cepistipes.* Scandinavian Journal of Forest Research, 20, 337-346.

■ Marçais B., Husson C., Caël O., Dowkiw A., Saintonge F.-X., Delahaye L., Chandelier A., 2017. *Estimation of Ash Mortality Induced by Hymenoscyphus fraxineus in France and Belgium.* Baltic Forestry, 23, 159-167.

■ Marçais B., Husson C., Godart L., Caël O., 2016. *Influence of site and stand factors on Hymenoscyphus fraxineus-induced basal lesions.* Plant Pathology 65, 1452-1461.

■ Przybyl K., 2002. *Fungi associated with necrotic apical parts of Fraxinus excelsior shoots.* Forest Pathol. 32, 387-394.

■ Queloz V., Grunig C., Berndt R., Kowalski T., Sieber T., Holdenrieder O., 2011. *Cryptic species in Hymenoscyphus albidus.* For. Path. 41, 133-142.

Résumé

Un champignon exotique et invasif *Chalara* provoque des mortalités de branches, un déficit foliaire et des nécroses au collet des frênes. Découvert en 2007, la connaissance du cycle de reproduction, des facteurs favorables et de la propagation de la maladie est nécessaire pour les recommandations de gestion sylvicole des peuplements atteints ou en prévention.

Mots-clés : chalarose, épidémiologie, frêne.

Des territoires marqués, des dommages variables



Par Morgane Goudet*, Claude Husson**, Thierry Bélouard***, et François-Xavier Saintonge****,
Département de la santé des forêts (DSF)



Une enquête de très large échelle, menée par les correspondants-observateurs du Département de la santé des forêts (DSF) en 2017, a établi la carte de l'état des frênaies atteintes par la chalarose. Ces observations apportent une réponse pour la gestion et l'exploitation à bon escient.

10 ans après la première détection de la chalarose en Haute-Saône par le DSF, la maladie s'est développée au sein des frênaies, y occasionnant de fortes dégradations accompagnées de mortalité d'arbres dans certains peuplements. En 2010, le DSF a installé des placettes de suivis dans des zones en tout début d'infection pour évaluer l'évolution de la maladie dans les peuplements. Elles ont permis de mieux comprendre le développement et les caractéristiques de la chalarose: évolution lente chez les frênes adultes, mortalité conditionnée par la présence de larges nécroses au collet, dommages dépendants de l'âge des arbres, état des houppiers très variable au sein d'un même peuplement. Pour connaître l'état des frênaies à très large échelle et déterminer les zones les plus impactées par la maladie, il était nécessaire de mettre en place une enquête spécifique dans la zone contaminée.

Une méthode d'investigation à large échelle

La zone d'étude concerne les secteurs où le frêne est très présent ou représente un enjeu économique important (données IGN¹) et où la chalarose est présente depuis au moins 3 ans (données DSF), afin que la maladie ait eu le temps d'impacter significativement les peuplements. La zone étudiée a ainsi été délimitée dans laquelle des quadrats de 16 x 16 km à enjeu prioritaire ou secondaire ont été définis (Figure 1, p. 24).

* chargée de mission valorisation et communication
** expert national en pathologie, *** expert national en statistiques, **** chef de pôle Nord-Ouest.

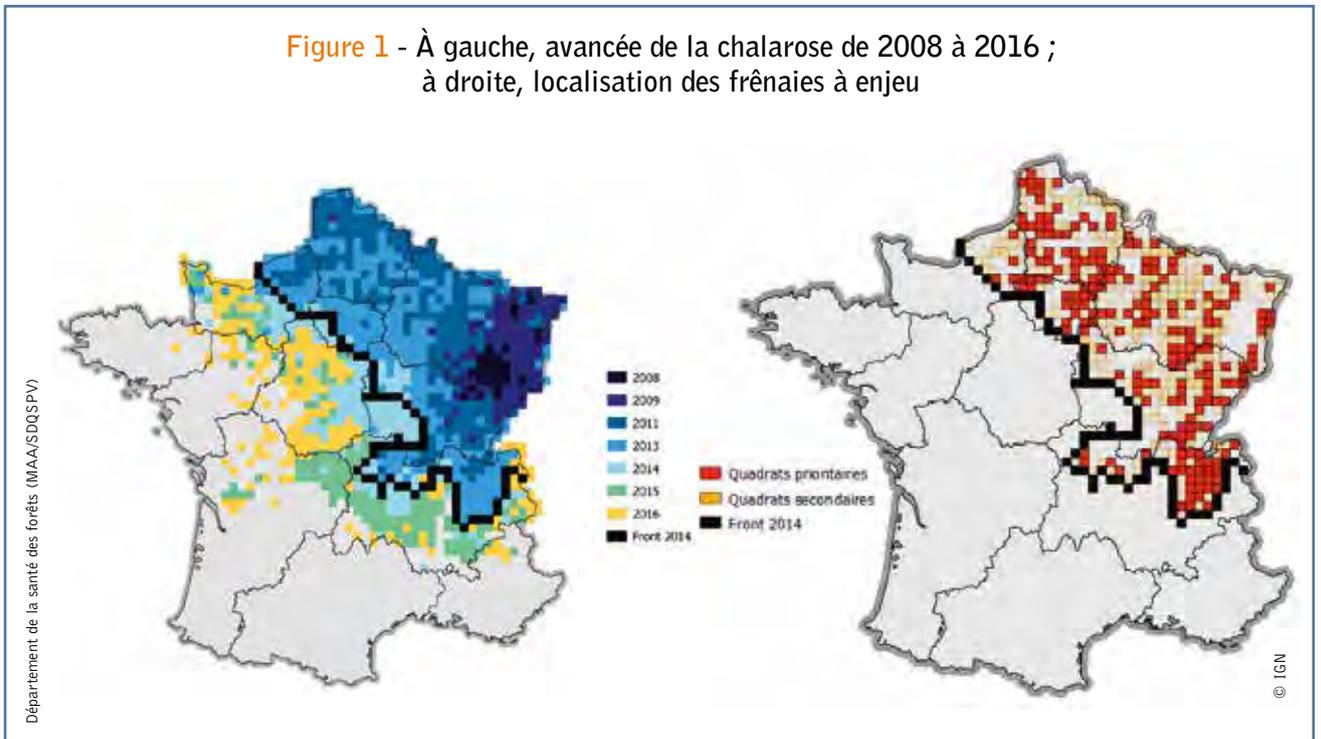
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, DGAL, SDQSPV, Département de la santé des forêts, F-75015 Paris, France.

¹ Institut national géographique



B. Cano © CNPF

Figure 1 - À gauche, avancée de la chalarose de 2008 à 2016 ; à droite, localisation des frênaies à enjeu



Pour évaluer l'impact à très large échelle, il était nécessaire de mettre en place une méthode simple et rapide d'observation afin de parcourir une grande zone géographique. La méthode dite de *Road sampling* ou échantillonnage bord de route a été retenue. Elle consiste à parcourir les quadrats d'intérêt en voiture et de s'arrêter pour réaliser les observations dès qu'un peuplement remplissant les conditions d'observations est observé (frênaie adulte ou sub-adulte). Vingt arbres sont observés, à une distance minimale de 50 m du bord de route. Le choix du peuplement à l'intérieur d'un quadrat a ainsi été retenu au hasard confortant la validité statistique des observations.

géolocalisée et des données de station et de peuplement ont été relevées: type de peuplement, humidité du sol, surface terrière en frêne et autres essences, exposition, confinement, diamètres des arbres. Enfin, l'état sanitaire de chaque frêne a été noté: mortalité de branches, perte de ramification, présence de nécroses au collet, problèmes entomologiques ou pathologiques observés. Au final, 341 placettes de frênes ont été observées en début de période de végétation (un mois environ après débourrement) et près de 6 800 arbres notés.

² Quantifier l'état de la santé des forêts (<http://agriculture.gouv.fr/la-methode-deperis-pour-quantifier-letat-de-sante-de-la-foret>).

Pour ce faire, 90 correspondants-observateurs ont parcouru 332 quadrats répartis sur 35 départements. À chaque arrêt répondant aux critères de sélection, une placette a été

Estimation de l'état sanitaire et cartographie des frênes très atteints

À partir des notes de mortalités de branches et de perte de ramification sur un barème de 0 à 5, une note globale de l'état sanitaire de l'arbre² a été déterminée (Tableau 1).

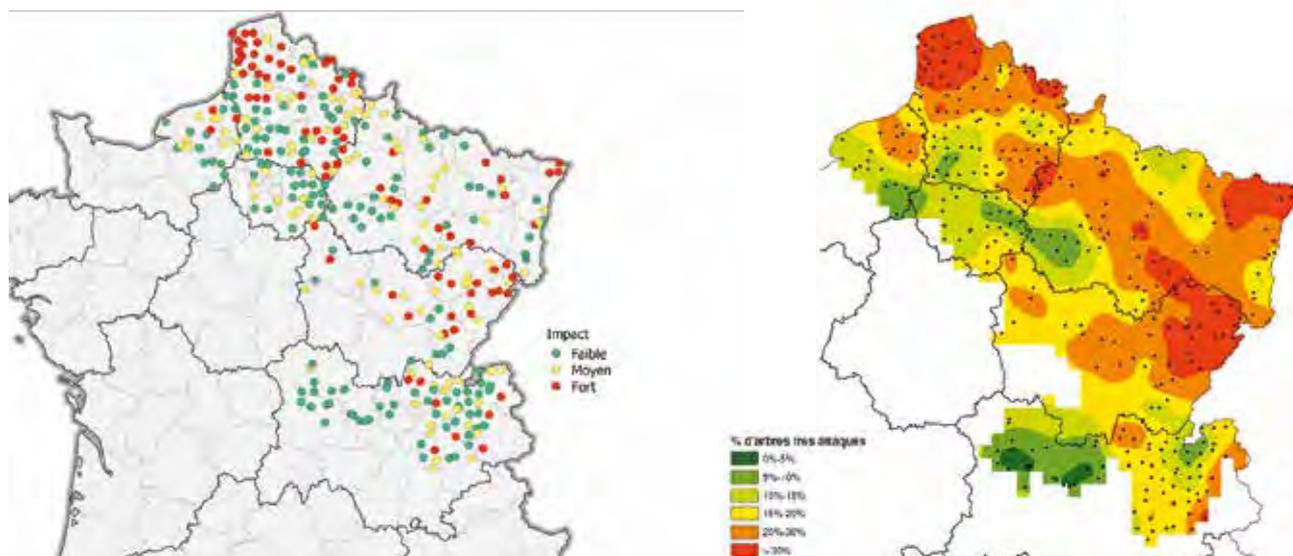
Les arbres ayant une note globale D, E ou F ont été considérés comme très atteints par la chalarose. Chaque placette a ensuite été catégorisée selon le pourcentage d'arbres très atteints (Figure 2).

Un krigeage a ensuite été réalisé. Il s'agit d'une méthode géostatistique permettant l'interpolation spatiale du pourcentage d'arbres très atteints, offrant ainsi une visualisation des différentes zones plus ou moins atteintes par la chalarose.

Tableau 1 - Méthode d'attribution de la note globale (A à F) de l'état sanitaire d'un arbre (0, 0-5 % ; 1, 6-25 % ; 2, 26-50 % ; 3, 51-75 % ; 4, 76-95 % ; 5, 96-100 %)

		Manque de Ramification					
		0	1	2	3	4	5
Mortalités de Branches	0	A	B	C	D	E	F
	1	B	B	C	D	E	F
	2	C	C	D	D	E	F
	3	D	D	D	E	F	F
	4	E	E	E	F	F	F
	5	F	F	F	F	F	F

Figure 2 - À gauche, localisation des placettes étudiées présentant un impact faible (aucun arbre très attaqué), moyen (1 à 33 %) ou fort (plus d'un tiers des arbres très atteints). À droite, interpolation spatiale de l'impact de la chalarose par krigeage.



Un impact de la chalarose spatialement contrasté

La carte de l'impact de la chalarose montre clairement des situations variables au sein du territoire. Les zones les plus affectées par la chalarose se trouvent dans le Pas-de-Calais, la Franche-Comté et le Nord-Alsace. La date d'arrivée de la maladie dans une région est le facteur prépondérant expliquant l'impact de la chalarose. Ce sont en effet les secteurs les plus anciennement contaminés (à partir de 2008-2009) qui sont les plus sévèrement touchés.

L'analyse statistique des données a également montré qu'il existe une variabilité à très courte distance. Cela signifie que deux peuplements très proches peuvent tout de même avoir des niveaux d'infection très différents. Cela s'explique par des facteurs environnementaux tels que la densité en frêne dans la placette, l'âge du peuplement ou les conditions stationnelles. La sévérité de la chalarose est en effet plus forte dans les peuplements jeunes, à densité élevée et dans les sols humides^A. Cette étude a cependant permis de relever des zones géographiques, comme dans l'Aube, la Seine-et-Marne ou l'Oise, où les attaques de chalarose sont moins sévères. Ainsi, pour compléter ce résultat cartographique, une analyse des facteurs environnementaux expliquant la situation va être menée à partir des données peuplement/station relevées sur chaque point pour mieux comprendre l'impact de maladie.

Conclusion

L'enquête offre une vision globale de l'impact de la maladie en 2017 dans le grand quart nord-est de la France. Elle permet aux gestionnaires de se situer dans le territoire et de mettre en place une meilleure hiérarchisation dans la priorité des exploitations pour limiter l'engorgement du marché. Une évaluation individuelle de chaque placette reste toutefois indispensable pour bien estimer l'étendue des dommages localement et adapter la sylviculture en fonction des caractéristiques du peuplement et de la station. ■

^A Husson C., Marçais B. 2018. Forêt-entreprise 243 p. 18.

Figure 3 - Présence de frêne dans les points d'inventaire IGN

Les points verts représentent les placettes d'inventaire sur lesquelles l'IGN a relevé la présence de frêne.



Sélection et création variétale face à l'épidémie de chalarose : du pragmatisme avant tout



Par Arnaud Dowkiw*, Inra Val-de-Loire et François-Xavier Saintonge**, DSF



Repérer et sélectionner dans les peuplements infectés les frênes sains, c'est-à-dire résistants ou tolérants à la maladie pour, à terme, pouvoir les reproduire et les réintroduire, tels sont les travaux « titanesques » débutés par le DSF et l'Inra.

* chercheur en génétique forestière, UMR BioForA

** chef du pôle Nord-Ouest Département de la santé des forêts

Résistance ou tolérance ?

Des frênes sains et qui poussent bien !

Face à une maladie parasitaire, une plante peut réagir par deux voies non exclusives :

► la « **résistance** », qui recouvre tous les mécanismes permettant de limiter la croissance et la reproduction du parasite. Le cas extrême est celui où une espèce est capable d'empêcher totalement le développement de toutes les souches d'un parasite (infection, croissance, reproduction), c'est ce que l'on appelle la « résistance non-hôte ». Bien qu'extrême, ce cas est – fort heureusement –

très courant. En effet, il existe des milliers de parasites végétaux, mais chacun n'est capable de se développer que sur quelques espèces végétales. En conséquence, lorsqu'un parasite est introduit en dehors de son aire d'origine, la probabilité qu'il ne trouve pas d'hôte favorable à son développement est assez élevée. Malheureusement, ce ne fut pas le cas s'agissant de la chalarose qui a trouvé chez le frêne commun un hôte de choix ;

► la « **tolérance** », qui est issue d'un raisonnement plus économique puisqu'elle recouvre divers mécanismes de compensation qui font qu'une plante est capable de maintenir son potentiel de production tout en permettant le développement du parasite. Dans le cas d'agressions abiotiques (sécheresse, froid, etc.) on ne devrait d'ailleurs parler que de tolérance et non de résistance. En effet, une plante ne peut pas agir sur le climat ou la ressource en eau, elle doit plutôt « faire avec » (mieux utiliser ses ressources, les allouer différemment entre ses organes...).

Alors « résistance » ou « tolérance », que faut-il sélectionner face à l'épidémie de chalarose ? *Hymenoscyphus fraxineus* semble être venu pour rester, mieux vaut certainement sélectionner des frênes qui savent s'en accommoder, et donc privilégier la tolérance. De plus, n'oublions pas que la chalarose, telle qu'elle nous est parvenue en Europe, est le fruit de l'introduction d'à peine deux souches d'un champignon, qui en compte une infinité dans son aire d'origine. Or, la résistance des plantes aux parasites présente des similitudes avec le système immu-



[http://www.inra.fr/Grand-public/Sante-des-plantes/Tous-les-dossiers/Chalarose-du-frene/Resistance-des-frenes-a-la-chalarose-reportage-video-interview/\(key\)/1](http://www.inra.fr/Grand-public/Sante-des-plantes/Tous-les-dossiers/Chalarose-du-frene/Resistance-des-frenes-a-la-chalarose-reportage-video-interview/(key)/1)



© A. DOWKIW, INRA



© F-X Sainthong, DSF

nitaires des animaux. Tout débute souvent par la détection de l'agent pathogène grâce à des récepteurs présents dans ou à la surface des cellules de la plante. Cette spécificité d'action peut être mise à mal par l'invasion de nouvelles souches non reconnues par ces récepteurs, ou du fait de mutations chez le parasite tel qu'il s'en produit naturellement chez tout organisme vivant. Bien que largement moins étudiée, la tolérance semble reposer sur des mécanismes moins spécifiques et potentiellement plus durables. Une stratégie de sélection fondée uniquement sur la tolérance présente cependant un inconvénient : celui de ne pas limiter le développement du champignon et donc sa présence à l'échelle d'un territoire.

Une autre difficulté réside dans le choix du critère de production à retenir pour mesurer la tolérance. Les sylviculteurs regarderont le rendement en bois et le maintien de la valeur sylvicole (rectitude, branchaison, qualité du bois) le temps d'une révolution, tandis que les gestionnaires d'espaces naturels protégés s'intéresseront davantage à la capacité de survie et de reproduction (fleurs, samares) à long terme et sur plusieurs générations.

S'il est utile de séparer ces deux notions, il est très difficile de les analyser indépendamment l'une de l'autre. En effet, comparer la résistance de deux frênes à la chalarose nécessiterait de quantifier la présence du parasite dans leurs tissus après un même niveau d'exposition au parasite et toutes autres choses égales par ailleurs. Outre la difficulté de maîtriser l'exposition au parasite (voir plus

bas), on imagine la difficulté et donc le coût d'une telle mesure s'agissant d'un organisme microscopique.

En pratique, aucune résistance à aucune maladie des plantes n'est évaluée en routine de cette manière. On s'en tient souvent à mesurer les symptômes de la maladie qui sont souvent corrélés à la croissance et à la reproduction du parasite : leur nombre, leur taille et parfois leur vitesse d'apparition.

La nécessité de quantifier la présence du parasite au sein de l'arbre vaut également pour l'étude de la tolérance *sensu stricto*. S'y ajoute la nécessité de connaître le potentiel de production de chaque arbre en l'absence du parasite. Ceci peut se concevoir si l'on dispose de plusieurs copies d'un même arbre ; l'Inra l'a fait sur peuplier pour évaluer la tolérance à la rouille, mais le peuplier se bouture bien plus facilement que le frêne (voir plus bas pour ce qui est du frêne).

En conclusion, mieux vaudrait n'utiliser aucun des deux termes « résistance » et « tolérance ». Et reconnaître que, dans une démarche très pragmatique, on vise à identifier ou à produire des frênes qui ne portent pas ou peu de symptômes visibles de chalarose malgré une forte présence du champignon. À ce stade et parce qu'il faut agir vite, peu importe que ces symptômes soient le reflet du développement du parasite (notion de résistance) et/ou de son impact sur la croissance de l'arbre (notion de tolérance).

Figure 1 - Le réseau de plantations comparatives de Frêne commun de l'Inra Val-de-Loire.

Sont indiqués les quatre sites expérimentaux spécifiquement mis à disposition du programme *Chalfrax*.

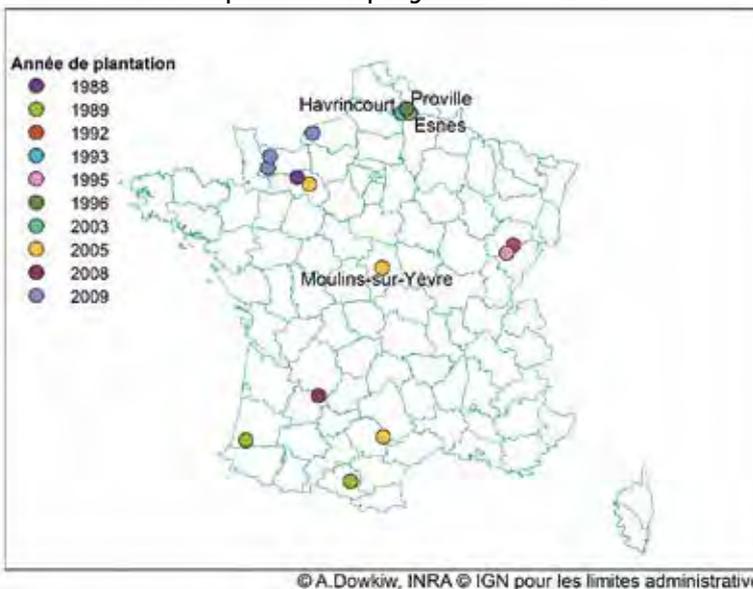
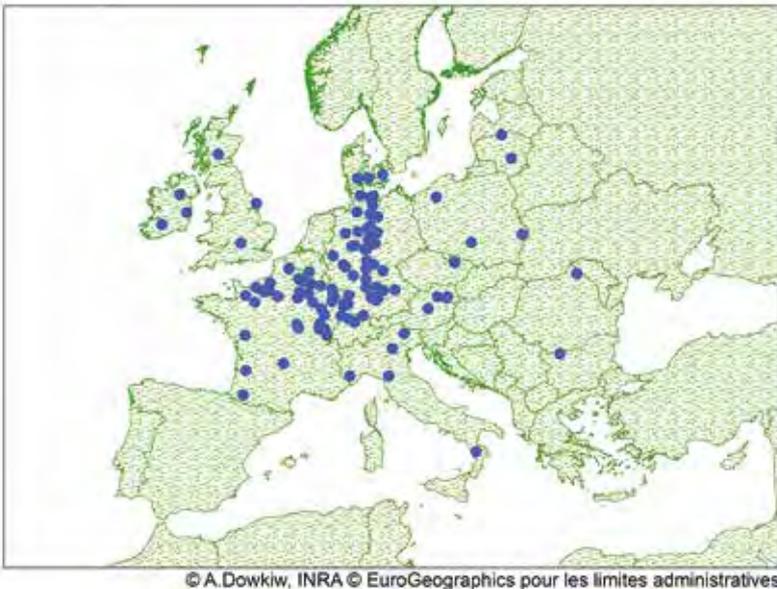


Figure 2 - Provenances de Frêne commun représentées dans le réseau de plantations comparatives de l'Inra Val-de-Loire.



Sélectionner: oui, mais comment ?

Évaluer le comportement d'une plante face à un parasite nécessite la présence dudit parasite. C'est une lapalissade, mais la chalarose n'a pas encore envahi l'ensemble du territoire français et sa prévalence n'est pas identique en tout point. **En conséquence, un frêne sans symptômes (asymptomatique) peut avoir tout simplement échappé à la maladie s'il se trouve dans un secteur épargné.** On parle d'échappement. L'évaluation *in situ* nécessite donc la prise en compte de la prévalence de la maladie dans le secteur exploré; il suffit pour cela de regarder l'état des frênes environnants. Toutes les études concordant pour dire que le taux de frênes communs asymptomatiques ou presque converge vers 3 %, il est illusoire de chercher à sélectionner dans des environnements où plus de la moitié des frênes sont sains. Pour faire simple, on peut dire qu'**un frêne d'intérêt est un frêne sain entouré d'une trentaine de frênes fortement malades.**

Pour évaluer des frênes qui se trouvent dans des secteurs encore épargnés par la chalarose, deux stratégies sont envisageables :

- inoculer le champignon en conditions contrôlées. L'idéal serait de pouvoir le faire en laboratoire et de mesurer l'évolution des symptômes en chambre climatisée. Cette méthode, qui permet un contrôle rigoureux de plusieurs paramètres (souche du champignon, conditions climatiques, date d'inoculation) s'est montrée très efficace pour l'étude de la résistance des peupliers aux rouilles. Cependant les spores d'*Hymenoscyphus fraxineus* sont très fragiles et ce n'est que très récemment qu'un protocole d'inoculation a été publié. Un protocole plus ancien consiste à entailler un

piétole, un rameau voire le tronc et à appliquer non pas des spores, mais du mycélium du champignon préalablement cultivé en laboratoire; un processus lourd et très éloigné du mode d'infection naturel du champignon.

- transplanter les arbres là où la chalarose est présente. Cette stratégie ne pouvant porter que sur de très jeunes plants, elle limite l'étude aux symptômes touchant le houppier. En effet, les symptômes au collet n'apparaissent pas en deçà d'un certain diamètre.

Agir et comprendre pour mieux agir

On reproche souvent à la recherche de privilégier la connaissance à l'action, mais l'action sans réflexion a déjà conduit à des échecs cuisants (tout populteur se souvient de « Beaupré » pour ne citer que cet exemple). Il est vrai cependant que l'urgence commande le pragmatisme, et donc d'avancer « en même temps » sur l'action et la réflexion.

Dès que des études concordantes ont conclu à l'existence de 2 à 3 % de frênes asymptomatiques ou presque, des travaux de sélection ont été initiés en France au sein de différentes ressources.

Dans le cadre de l'action collaborative *Chalfrax*, deux stratégies de sélection sont mises en œuvre :

- dans les peuplements forestiers. Ainsi, dans le cadre du projet *Chalfrax*, le DSF a mobilisé ses correspondants-observateurs (CO) pour mettre en œuvre un protocole visant à détecter, repérer et décrire les arbres sains dans des régions et en peuplement fortement contaminés. L'objectif est d'identifier, à terme, une cinquantaine d'arbres sub-adultes et adultes

Figure 3 - Répartition des 26 arbres « convenables » repérés en 2017 dans l'axe 1.1 du programme *Chalfrax*



au sein des zones les plus fortement contaminées et de les protéger autant que possible (convention avec le propriétaire de la parcelle). Ces arbres sont enregistrés dans une base de données géolocalisées dans l'objectif de suivre leur évolution et à terme, pour les plus résistants, constituer les bases d'un vivier de géniteurs porteurs de gènes de résistance/tolérance à la maladie;

► au sein de dispositifs expérimentaux. En effet, l'Inra avait la chance de disposer, avant même l'arrivée de la chalarose en France, d'un réseau de dispositifs de comparaison de provenances de Frêne commun. En tout, 15 plantations de Frêne réparties sur tout le territoire avaient été installées par l'Inra Orléans au gré de divers projets de recherche (*Figure 1*). Ce sont en tout 113 provenances françaises et d'autres pays européens qui y sont représentés pour un total d'environ 35 000 arbres (*Figure 2*). Certains de ces dispositifs sont en zone de chalarose d'autres pas encore. Quatre de ces dispositifs ont été sélectionnés pour les actions *Chalfrax*. Trois sont situés en zone de forte prévalence de la maladie et ne contiennent que des provenances françaises tandis que le quatrième, au sud de Bourges, commençait tout juste à être atteint et regroupe 25 provenances allant du sud de l'Italie à la Lituanie. Certains de ces dispositifs sont structurés en familles de demi-frères (arbres issus de graines récoltées sur le même arbre mère). Connaître les relations d'apparentement permet d'estimer le gain génétique attendu d'une génération à l'autre, et donc la pertinence de s'en remettre à une stratégie « Verger à graines ».

En effet, le matériel sélectionné dans *Chalfrax* ne sera valorisable pour la communauté



Chantiers de science participative organisés en 2016 et 2017 sur le dispositif Inra de Proville (2 343 Frênes) sous l'égide du programme *Chalfrax* et avec l'assistance du Conservatoire des Espaces naturels du Nord et du Pas-de-Calais.

En dehors de *Chalfrax*, l'Inra Val-de-Loire implémente deux stratégies de sélection complémentaires.

1 – Dans les MFR¹ existants. Tout d'abord dans le cadre d'une collaboration informelle avec les pépinières Lemonnier, propriétaires du seul verger à graines de Frêne commun français (Les Ecoulouettes) afin de l'évaluer vis-à-vis de la chalarose et de le faire évoluer en le convertissant à terme. Mais également via le biais d'un projet financé par la Région Centre (projet SPEAL) et impliquant plusieurs pépiniéristes forestiers (Naudet, Bauchery, Wadel, Lemonnier) autour du Frêne commun, mais aussi oxyphyllé. Ce projet expérimente une sélection au stade précoce, en planches de semis, dans un environnement de très forte pression de chalarose. Les jeunes sujets ne pouvant pas être évalués pour les symptômes au collet, il est évident que c'est un effort de longue haleine.

2 – Régulièrement sollicité par des gestionnaires de réserves naturelles, des associations ou des citoyens sensibilisés à la cause du Frêne, l'Inra a saisi la possibilité de mobiliser toutes les bonnes volontés, y compris en dehors des forêts de production. Une application pour smartphone (plus d'informations sur www.fraxinus.fr) a été développée sur la plateforme Ephytia déjà éprouvée pour d'autres opérations de science participative (CiTIQUE par exemple). Cette opération d'envergure doit permettre d'identifier des arbres localement adaptés, capables de supporter la chalarose et suffisamment diversifiés pour permettre au Frêne de surmonter les prochaines crises. C'est d'ailleurs dans le cadre de *Chalfrax* que l'Inra Val-de-Loire a initié ses premières démarches de science participative sur la chalarose du Frêne. En effet, le suivi du dispositif de Proville a fait l'objet de deux chantiers d'écologie citoyenne.

¹ Matériel forestier de reproduction



F-X Saintonge © DSF

Figure 4 - Un frêne sans symptôme de chalarose visible au sein d'un peuplement fortement atteint.

forestière dans son ensemble que s'il permet d'envisager la création de vergers à graines producteurs de semences adaptées à la chalarose. C'est pourquoi les données acquises par l'Inra Val-de-Loire dans le cadre de *Chalfrax* permettent non seulement d'envisager la sélection directe de frênes résistants, mais aussi de répondre à des questions permettant d'orienter la création de vergers à graines. Ces questions sont les suivantes :

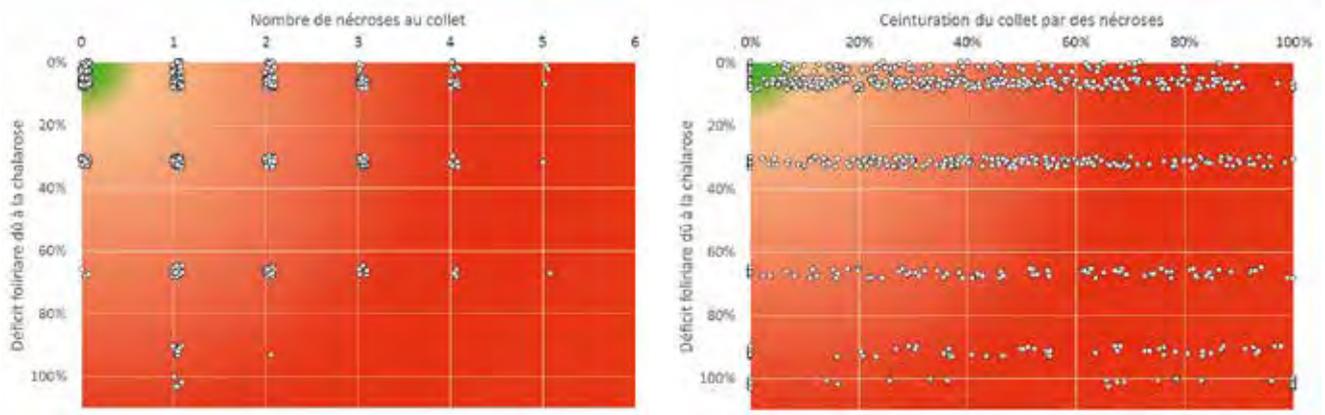
- ▣ la variabilité observée pour la sensibilité à la chalarose est-elle d'origine génétique et si oui, dans quelle proportion est-elle transmise à la génération suivante ?
- ▣ certaines provenances sont-elles à privilégier ?
- ▣ existe-t-il un lien entre la sensibilité à la chalarose et la précocité de débourrement ?

En effet, des chercheurs européens ont cru observer un signal allant dans le sens d'une moindre sensibilité à la chalarose chez les arbres qui débourrent tôt. Si ce lien est confirmé, il pourrait s'agir là aussi d'une forme d'échappement à la maladie. Cet échappement-là ne serait pas dû à l'absence du champignon dans la parcelle mais à un décalage temporel favorable à son hôte. Mais surtout, la sensibilité du frêne aux gels tardifs et les défauts de conformation qu'elle engendre (fourchaison) rendront nécessaire de trouver un juste compromis.

Premiers résultats *Chalfrax* et premières sélections

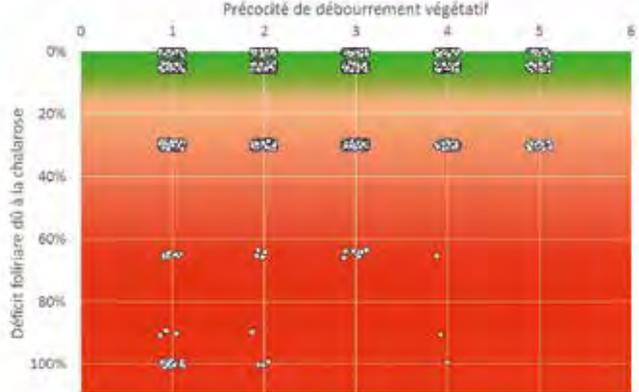
La rédaction d'un protocole et la recherche des premiers arbres résistants en peuplements forestiers ont débuté en 2016. Les contextes géographique et sylvicole se sont révélés comme ayant une incidence notable sur la pression de la maladie. En effet, seuls les départements du Pas-de-Calais, de la Haute-Saône et du Haut-Rhin portaient des peuplements suffisamment dégradés et répondant aux critères recherchés. À une échelle plus locale, il est également vite apparu que beaucoup de frênes portaient peu de symptômes dès lors qu'ils étaient entourés d'arbres d'autres espèces, mais que dans les parcelles ou bouquets de frênes purs, ces arbres indemnes de symptômes devenaient beaucoup plus rares. En outre, compte tenu des observations des deux types de symptômes liés à la chalarose (dégradation du houppier ET nécroses au collet), il convenait de limiter la recherche à des arbres de taille suffisante, les plus jeunes mourants avant que des nécroses au collet ne puissent se former. En d'autres termes, le choix des arbres visait à la recherche d'individus résistants à la fois au niveau des contaminations aériennes, mais aussi au niveau du collet, les deux symptômes n'étant a priori pas forcément régis par

Figure 5 - Relation entre les symptômes au collet et les symptômes au houppier



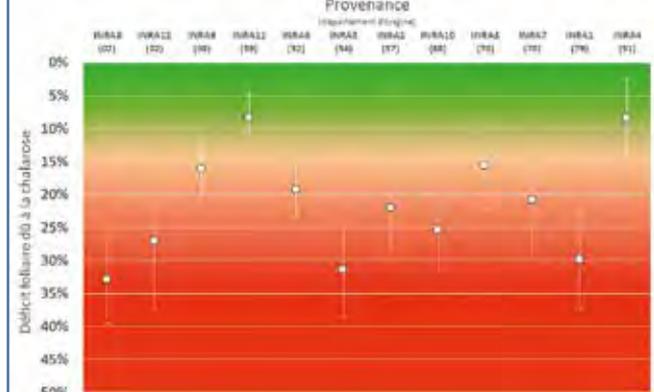
Un cercle = un arbre ; (données issues du programme Chalfrax). Dispositifs Inra d'Havrincourt (à gauche, en prenant en compte le nombre de nécroses) et d'Esnes (à droite, en prenant en compte le ratio de la largeur cumulée des nécroses sur la circonférence basale).

Figure 6 - Relation entre la précocité de débournement végétatif et les symptômes houppier dans le dispositif Inra de Moulins-sur-Yèvre



Note élevée = individus précoces, un cercle = un arbre (données issues du programme Chalfrax).

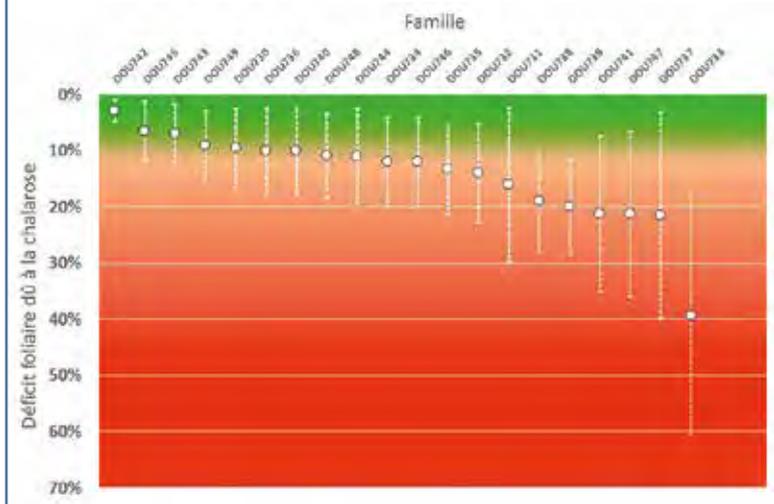
Figure 7 - Sensibilité au houppier des 12 provenances françaises de Frêne commun étudiées dans le dispositif Inra d'Havrincourt



Cercle = moyenne de la provenance, tirets = intervalle de confiance à 95 % (données issues du programme Chalfrax).

les mêmes caractéristiques anatomiques ou génétiques. Ces trois éléments (zone géographique, pureté en frênes et taille des arbres) ont constitué les principaux facteurs régissant la rédaction du protocole. Sur cette base, 19 arbres ont été repérés en 2016 et 7 supplémentaires en 2017. Les arbres repérés en 2016 ont été revisités et notés à nouveau en 2017 : seuls 5 d'entre eux sont restés indemnes de symptômes (Figures 3 p. 29 et 4 p. 30). Onze se sont dégradés légèrement et cinq assez fortement. Aussi, malgré un choix assez drastique lors du repérage en 2016, seuls 25 % des arbres sélectionnés sont restés indemnes de symptôme de chalarose au bout d'un an. Une nouvelle notation a été effectuée en 2018 sur ces 26 arbres et la recherche d'autres arbres répondant aux critères du protocole se poursuit. Les mesures effectuées par l'Inra sur les 4 dispositifs étudiés dans le cadre de Chalfrax (7 770 arbres mesurés) ont généré un jeu de données considérable. Les premières analyses sont très instructives. Sur les sites propices au développement des nécroses au collet (Proville [Nord], Esnes [Nord], Havrincourt [Pas-de-Calais]) on confirme combien symptômes au collet et symptômes

Figure 8 - Illustration d'un possible effet « famille » (famille = descendance de demi-frères = arbres issus de graines récoltées sur le même arbre mère) au sein d'une provenance française de Frêne commun représentée dans le dispositif Inra de Moulins-sur-Yèvre.



Cercle = moyenne de la famille, tirets = intervalle de confiance à 95 % ; (données issues du programme Chalfrax). Ces données sont présentées sous toutes réserves, car les faibles effectifs par famille invitent à approfondir cette analyse.



Figure 9 - Les arbres d'intérêt identifiés par l'Inra sont greffés en vue de leur bouturage, un préalable indispensable à la confirmation de leur comportement.

au houppier sont déconnectés. Le plus surprenant est qu'un arbre apparemment sain au houppier peut avoir un collet quasi intégralement nécrosé (Figure 5). Par ailleurs, le lien entre précocité de débourrement végétatif et état sanitaire, qui a été plus spécifiquement étudié sur le site de Moulins-sur-Yèvre [Cher], n'est pas du tout flagrant en première analyse. On voit certes que les individus les plus tardifs peuvent atteindre des notes de déficit foliaire plus élevées que les individus précoces, mais un débournement tardif n'empêche pas pour autant un état sanitaire satisfaisant (Figure 6). L'arrivée de la chalarose étant relativement récente dans le dispositif étudié (2014 pour des mesures effectuées en 2017), ces résultats sont à prendre avec précaution et deux années de suivi sont à prévoir encore. Le plus intéressant est que, pour la première fois dans une étude conduite par l'Inra sur le sujet, un effet « provenance » semble se dessiner pour le niveau de chalarose. Ce résultat, qui doit être confirmé par une approche de modélisation complexe, semble vrai aussi bien en présence de provenances très variées originaires de toute l'Europe (Moulins-sur-Yèvre) qu'au sein de provenances exclusivement françaises (Havrincourt, Figure 7). Si elles sont confirmées, ces données permettront de mieux comprendre l'impact variable de la chalarose à l'échelle du territoire, mais aussi de privilégier certaines provenances dans les

programmes d'amélioration. L'effet « famille » déjà observé dans d'autres dispositifs semble se confirmer (Figure 8). D'un point de vue très pragmatique, les mesures effectuées dans les dispositifs à forte pression de chalarose ont conduit à la sélection d'arbres indemnes au collet et au houppier : 10 pour Havrincourt (soit un taux de sélection de 1 pour cent) et 13 pour Esnes (0,9 pour cent).

Et après ?

Pour s'assurer de leur durabilité, tous les arbres sélectionnés en peuplements forestiers et en dispositifs Inra ont vocation à être confirmés. Cette confirmation passe par la poursuite des suivis *in situ*, ce qui nécessite d'obtenir l'accord des propriétaires et gestionnaires qui peuvent être parfois tentés de « jeter le bébé avec l'eau du bain », mais également par la réalisation de tests clonaux. L'objectif n'est pas de produire du MFR clone (sauf peut-être pour l'ornement), mais d'évaluer en plusieurs copies les constituants de futurs vergers à graines. Par clonage, il faut entendre « bouturage », car le greffage empêche d'évaluer la sensibilité au collet. Un problème s'est posé très tôt : le Frêne commun se bouture plutôt difficilement. C'est pour cette raison que dans une action plus récente du programme *Chalfrax*, l'Inra a proposé de travailler au développement d'un protocole de bouturage (Figure 9). Celui-ci s'inspire du savoir-faire de collègues irlandais et nécessite une rejeunissement en culture *in vitro*. Les dosages hormonaux sont délicats à trouver et quelques difficultés subsistent, mais des essais de bouturage direct de jeunes plants issus de semis sont en cours pour anticiper sur l'étape suivante.

Enfin, nous ne pouvons pas terminer cet article sur le Frêne commun sans dire un mot de son proche cousin, le Frêne oxyphylle. Ce dernier semble tout aussi sensible à la chalarose et pourtant personne en France ne s'en préoccupe. Son intérêt sylvicole est certes moindre chez nous, mais il n'en demeure pas moins une des rares espèces feuillues autochtones que nous possédons. ■

Remerciements

L'Inra remercie :

- le CNPF, coordinateur du programme *Chalfrax* et de la revue *Forêt-entreprise*. Le ministère en charge de la Forêt, co-financier de *Chalfrax* via le Département de la Santé des Forêts, et financeur au long cours des travaux de sélection de l'Inra via le Bureau du Bois et de la Forêt.
- l'ensemble des propriétaires forestiers, publics et privés, qui ont accueilli les dispositifs Frêne de l'Inra et qui ont accepté de les conserver malgré l'épidémie de Chalarose.
- les pépiniéristes forestiers et les nombreux contractuels et bénévoles qui participent aux travaux de recherche.

Résumé

Des recherches sont menées depuis 2016, pour repérer et sélectionner les Frênes asymptomatiques, c'est à dire restés sains malgré la présence de la chalarose. Une trentaine d'arbres en peuplements naturels et différentes provenances de Frêne sont observés dans le temps. La création de vergers à graines producteurs de semences adaptées à la maladie est envisagée à terme.

Mots-clés : sélection, frêne sain, chalarose, *Chalfrax*.

L'expérience de la chalarose chez nos voisins : focus sur la Pologne et l'Allemagne

Par Czeslaw Bartela, Catherine Negrinat et Maren Baumeister, CNPF-CRPF Grand Est

Comment la Pologne et l'Allemagne ont-elles géré leurs peuplements infectés par la chalarose ? Leurs expériences pourraient s'avérer utiles pour la France, notamment pour établir des recommandations harmonisées de gestion.

L'action 5.1 « Synergies transfrontalières » du programme *Chalfrax* a été proposée pour profiter de l'antériorité de la présence de la chalarose en Pologne et en Allemagne. L'objectif était d'avoir une vision de l'état des frênaies et des stratégies mises en œuvre par les forestiers dans ces deux pays. Cette action a été envisagée par le CRPF Lorraine-Alsace qui disposait de compétences linguistiques en polonais et en allemand. Czeslaw Bartela pour la Pologne et Maren Baumeister pour l'Allemagne ont ainsi conduit les enquêtes d'octobre 2015 à décembre 2016. Ce travail a été complété, dans le rapport de synthèse, par une présentation de l'organisation de la foresterie dans ces deux pays, ainsi que de la répartition et de l'importance du frêne.

En Pologne, première description du pathogène

La forêt polonaise appartient prioritairement à l'État pour 77 % de sa surface. La forêt privée est très morcelée et généralement possédée par des agriculteurs. Bon nombre des forêts sont issues de la reconstitution des forêts ruinées pendant la dernière guerre ou de plantations sur terres agricoles peu productives. Elles sont essentiellement résineuses (environ 70 % des surfaces boisées), avec prédominance du pin. Dans les inventaires nationaux, le frêne est regroupé dans la catégorie « Autres feuillus » pour une surface totale de 33000 hectares sur les 9,4 millions d'hectares de la forêt polonaise.

La chalarose est apparue en 1992 dans le Nord-Est du pays. En 2001, l'ensemble de la Pologne était contaminé. En 2006, le professeur Kowalski, de l'Université Agronomique de Cracovie est l'auteur de la première



Rencontre avec le Professeur Tadeusz Kowalski.



C. Bartela © CNPF

description de la forme asexuée du champignon. Ce forestier a également rédigé en 2013, le cahier 359 de « La petite bibliothèque du forestier », revue de vulgarisation forestière, sur la chalarose. Dans ce document, il détaille un certain nombre de constats :

- la gravité des processus pathologiques est variable suivant les peuplements ;
- les premières classes d'âge (5-20 ans) sont les plus impactées ;
- le dépérissement des frênes touche tous les milieux naturels ;
- la régénération naturelle est souvent moins impactée que la régénération artificielle, mais l'état de santé de certaines régénérations naturelles est considérablement dégradé après 5 ans ;
- des frênes sains et d'autres atteints cohabitent dans des peuplements touchés par la maladie.

Une stratégie de sauvegarde axée sur la conservation des ressources génétiques

Parmi les axes de recherche retenus en Pologne, les techniques de conservation des graines et pousses de frênes ont une place importante. Depuis 1995, suite à l'épisode des « pluies acides », la Pologne a créé une



Frêne remarquable en Pologne.



Plantation de chênes par placeaux après exploitation de frênes malades.

Banque de Gènes forestiers. Cette institution stocke les ressources génétiques des arbres et arbustes forestiers. L'ADN des individus est isolé et une base de données est établie. Les récoltes sont réalisées non seulement dans les peuplements forestiers les plus remarquables, mais aussi dans les parcs nationaux et les réserves naturelles pour conserver la diversité génétique des espèces. Un programme spécifique *FraxUmBLG* pour le frêne et l'orme a été mis en place dans des zones classées en Natura 2000. Pour les Polonais, parmi les critères de sélection des frênes, la précocité (développement des feuilles tôt au printemps et chute tôt à l'automne) serait intéressante. Le mycélium du champignon, qui se propage des feuilles aux rameaux via les pétioles, aurait moins de probabilité de contaminer les rameaux dans le cas d'une chute précoce des feuilles.

Préconisations de gestion des frênaies plutôt conservatrices

Celles-ci vont dans le sens d'une préservation des ressources génétiques du frêne et misent sur l'existence d'une résistance/tolérance à la maladie :

- ▀ limiter au maximum les exploitations de frênes, même malades ;
- ▀ identifier et conserver un maximum d'arbres porte-graines résistants et récolter des graines uniquement sur des frênes sains et précoces ;
- ▀ favoriser la régénération naturelle, car le frêne régénéré naturellement s'avère plus résistant ;
- ▀ privilégier des peuplements où le frêne est minoritaire et se trouve en mélange avec d'autres essences ;
- ▀ encourager de vastes campagnes d'introduction de plants de frêne, en mélange, à partir de matériel sélectionné résistant.

Cette étude en Pologne a également permis

de constater *de visu* la subsistance de frênes de dimensions remarquables sans symptôme au niveau des houppiers, malgré la présence du pathogène depuis plus de 25 ans dans ce pays. (Photo ci-dessus)

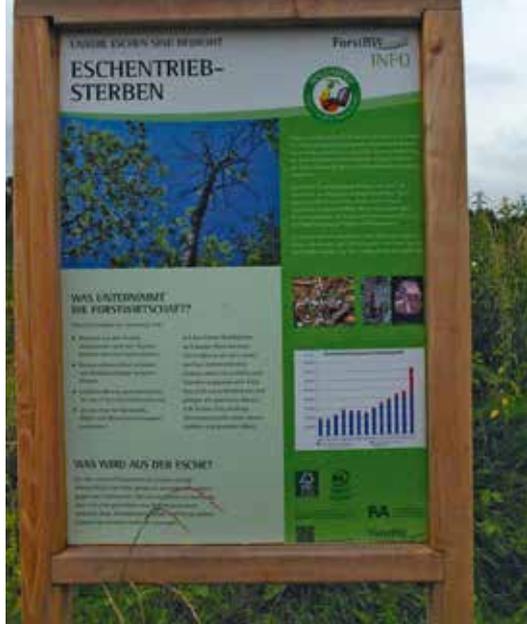
En Allemagne, un grand nombre de travaux et études à l'échelle des Länder

En Allemagne, le frêne est présent sur 215 000 hectares soit 2 % des 11,4 millions d'hectares de forêt. La forêt occupe 32 % de la surface du pays et est privée à 49 %. La structure de la forêt privée allemande est assez semblable à celle de la France avec une propriété de petite taille et morcelée (surface moyenne par propriétaire de 2,5 ha).

Les premiers dégâts sur frêne ont été observés en 2002 dans le Nord-Est de l'Allemagne. Constatant un fort impact dans les jeunes plantations, certains *Länder* interdisent de planter du frêne en forêt domaniale à partir de 2005. Mais ce conseil n'est généralisé qu'à partir de 2009/2010 : le transport de plants infectés a probablement joué un rôle important dans la propagation de la maladie à tout le pays en moins de 10 ans, en facilitant sa dispersion sur de grandes distances.

Les *Länder* de l'Allemagne disposent d'une grande autonomie de décisions, y compris en matière forestière. Ceci est à l'origine de travaux et d'axes de recherches nombreux et variés sur la chalarose, dont on peut retenir quelques observations :

- ▀ concernant la virulence du champignon en fonction des stations (humide/sèche) et de la composition du peuplement (pur/mélangé), les résultats obtenus dans plusieurs *Länder* sont contrastés. Il n'a pas été possible, pour l'heure, de tirer des conclusions sur ces deux points ;
- ▀ une proportion d'arbres sains d'environ 6 %



est observée dans plusieurs études ;

- une évolution positive de la maladie semble se dégager dans les régénérations naturelles, parmi lesquelles un nombre croissant de semis sains est observé, laissant espérer un début de sélection naturelle en cours ;
- les nécroses au collet se développent prioritairement sur les stations humides et leur importance dans la mortalité des arbres est confirmée. Les frênes ayant un bon statut social dans les peuplements présentent les pertes de houppier les plus faibles ;
- les processus infectieux et les conditions de production et dispersion des spores sont étudiés afin de mieux connaître les facteurs favorables au développement du pathogène. Certaines pistes portent sur la modification de la litière (apport de feuilles d'autres essences, accélération de la décomposition par chaulage) ;
- le repérage et la sélection de frênes résistants/tolérants ont conduit à la création de vergers à graines, de bouturage...

Des conseils de gestion harmonisés

En 2013, les *Länder* les plus concernés par la chalarose ont compilé leurs conseils de gestion à destination des propriétaires et gestionnaires forestiers au sein d'une publication commune :

- ne plus investir dans les jeunes peuplements et, *a fortiori*, ne pas planter de frênes. La possibilité d'utiliser la régénération naturelle de frêne n'est pas écartée, en la complétant par l'introduction en mélange d'essences alternatives adaptées à la station ; (Photo 3)
- poursuivre les éclaircies afin de permettre aux frênes les moins impactés de garder croissance et vitalité ;
- récolter les arbres présentant plus de 70 % de perte de houppier (à évaluer en juillet) ou une nécrose avancée au collet, tout en préservant des bouquets autour des arbres sains

Panneau d'information sur la chalarose à destination du public.

afin de les préserver du stress de l'isolement. L'attention des gestionnaires est attirée sur les risques de dépréciation du bois liée à la formation de gourmands sur le tronc.

Une grande importance est accordée aux questions de sécurité, à la fois pour les usagers, très présents dans les forêts allemandes, et les intervenants. Ceci se traduit par :

- une forte mécanisation des chantiers d'exploitation ;
- un recours assez fréquent aux coupes rases dans les peuplements atteints, ce principe de précaution provoquant parfois la critique du public et des associations environnementales. Un important effort de pédagogie est mené aussi bien sur le terrain que via les médias. (Photo ci-dessus)

Les Allemands sont également soucieux de préserver la qualité des sols sensibles via la mise au point de protocoles de récolte des frênes malades (débardage par câble-mât, petit porteur sur chenilles...).

Enfin il est intéressant de noter la réflexion portée à la programmation des coupes. Dans certains triages¹ touchés en dernier par la maladie, les coupes dans les autres peuplements ont été avancées afin de pouvoir concentrer les futures exploitations sur les frênaies malades.

De ce travail transfrontalier, on peut retenir qu'un certain nombre d'observations et de recommandations de gestion pour les frênaies malades rejoignent celles données en France. Toutefois des différences d'approche existent, notamment sur l'utilisation de la régénération naturelle. En Pologne, la Banque de Gêne créée après l'épisode « des pluies acides » a de nouveau été mise à contribution dans la sauvegarde des ressources génétiques du frêne. En Allemagne, les *Länder* ont réussi à s'entendre sur des conseils de gestion communs. ■

Résumé

Des enseignements sur l'évolution de la chalarose et la gestion des frênaies malades ont été recueillis en Pologne et Allemagne, touchés par la maladie avant la France. La rencontre de chercheurs et de forestiers de terrain ainsi qu'un travail de bibliographie ont permis de faire le point sur les connaissances actuelles, les recommandations de gestion et les pistes de recherche dans ces deux pays.

Mots-clés : Chalarose, Pologne, Allemagne.

¹ Circonscription territoriale, surveillée par un agent ou un garde.

Bibliographie :

Bartela C., Baumeister M., 2016. *Restitution des expériences et stratégies de gestion en Pologne et en Allemagne*. Rapport d'exécution, *Chalfrax* – 5-1 « Synergies transfrontalières », 90 p.

Kowalski T., 2013. *Zamieranie jesionu*. Biblioteczka Leśniczego, 359.

Metzler B., Baumann M., Baier U., Heydeck P., Bressen U., Lenz H., 2013. *Bundesweite Zusammenstellung : Handlungsempfehlungen beim Eschetriebsterben*. *AFZ-Der Wald*, 5/2013, 17-20.

Impact de la chalarose sur la qualité du bois

Par Guillaume Cousseau et Léo Fenaux, Coopérative forestière de l'Aisne
Jean Paul Charpentier et Frédéric Millier, GénoBois - Inra Val-de-Loire

Cette étude fournit des données utiles aux différents acteurs de la filière et pose les bases d'échanges objectifs. Les premiers résultats montrent que les conséquences de la chalarose sur la qualité du bois sont aujourd'hui limitées.



L'apparition des premiers foyers de *Chalara fraxinea* en France, annonçant un événement sanitaire de grande ampleur, a suscité de nombreuses questions sur ses conséquences sur les propriétés du bois. L'objet de cette étude est de **mesurer l'impact de la chalarose** sur la **hauteur des purges**, la **couleur** et les **propriétés mécaniques** du bois.

Stratégie d'échantillonnage

À ce jour, il est impossible de constituer dans les zones affectées par la chalarose des « couples » de peuplements dont l'un serait indemne et le second atteint, dans un contexte sylvicole et stationnel strictement identique. Par conséquent, les observations sont réalisées au sein d'un même peuplement sur deux groupes d'arbres distingués suivant leur état sanitaire.

Après une longue période d'investigations, 9 peuplements ont été retenus dans les régions du Nord de la France fortement touchées par la chalarose depuis plusieurs années. Chacun de ces peuplements a fait l'objet de relevés dendrométrique et sanitaire. Des rondelles ont été prélevées, à 50 cm et 100 cm, sur un échantillon de 180 individus. Ces rondelles ont fait l'objet de mesures colorimétriques, de microdensité...

Figure 1 - Présence de nécroses au collet



G. Cousseau © COFOR Aisne

Hauteur de purge et ses conséquences économiques

Les symptômes de la chalarose sont divers et impactent différents organes : feuilles, rameaux, collets... **L'étude s'est intéressée aux nécroses au collet.** Il s'agit d'altérations du bois qui se propagent du pied de l'arbre dans le tronc sur une hauteur et une profondeur variables. Ces nécroses se reconnaissent par leur forme en « flamme » (Figure 1).

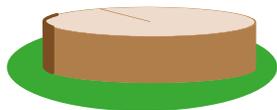
En fonction de leur hauteur et de leur profondeur de propagation, **les nécroses peuvent contraindre à « purger » la grume.** On quantifie l'intensité de la nécrose en mesurant la proportion de la circonférence impactée au collet.

Selon l'échantillon étudié, **37 % des arbres sont indemnes ou quasi indemnes de nécroses au collet** (intensité < 5 %). 35 % des arbres ont des nécroses qui occupent entre 6 et 25 % de la circonférence. Enfin, seulement 10 % des arbres ont plus de 50 % de la circonférence nécrosée (Figure 2).

La probabilité d'observer des nécroses à 50 cm du sol dépend de l'intensité des nécroses au collet. **Dans le cas où l'intensité des nécroses au collet est inférieure à 25 %, moins de 6 % des tiges sont encore nécrosées à 50 cm** (Figure 2). **En revanche, si l'intensité des nécroses au collet dépasse 25 % alors plus de 40 % des tiges sont nécrosées à 50 cm.** La profondeur de propagation des nécroses dans le bois est aussi **corrélée à l'intensité des nécroses au collet.** **Dans le cas où l'intensité des nécroses au collet est inférieure à 25 %, les nécroses observées à 50 cm se limitent à la périphérie de l'arbre et occupent moins de 5 % du rayon.** En revanche, si l'intensité des nécroses au collet dépasse 25 % alors les nécroses observées à 50 cm se propagent dans le bois, au-delà de 5 % du rayon, dans 60 % des cas.

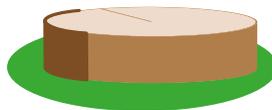
Figure 2 - Proportion d'arbres à purger en fonction de l'intensité des nécroses

Cas n° 1 : nécroses au collet recouvrent moins de 5 % de la circonférence pour 37 % des arbres observés



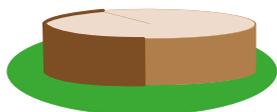
3 % de ces arbres sont nécrosés à 50 cm

Cas n° 2 : nécroses au collet recouvrent 6 % à 25 % de la circonférence pour 35 % des arbres observés



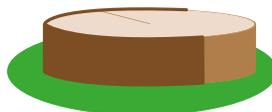
6 % de ces arbres sont nécrosés à 50 cm

Cas n° 3 : nécroses au collet recouvrent 26 à 50 % de la circonférence pour 17 % des arbres observés



40 % de ces arbres sont nécrosés à 50 cm

Cas n° 4 : nécroses au collet recouvrent plus de 50 % de la circonférence pour 10 % des arbres observés



45 à 50 % de ces arbres sont nécrosés à 50 cm

© COFORAISNE

Figure 3 - Définition et délimitation de la zone colorée. Exemple des arbres n° 64 (Aubenton, 02) et n° 25 (Beugnies, 59)

La probabilité de **purger un arbre à 50 cm** apparaît pour les tiges dont les **nécroses au collet occupent plus de 25 % de la circonférence**. Les différentes simulations montrent que la perte en volume de bois d'œuvre causée par les purges avoisine 1 à 3 %. Elle peut approcher 5 % dans les situations les plus graves. **La perte économique induite par les purges est modeste.**

Surface de coloration du bois

De manière générale, le bois de frêne est blanc, à aubier non distinct. On observe cependant fréquemment une coloration « anormale » du duramen. Ces tâches sont en général de couleur grise ou noire (*Figure 3*).

Cette singularité est bien connue des acheteurs et des utilisateurs en charge de la valorisation du bois d'œuvre. Certains usages du frêne sont liés à sa couleur.

L'hypothèse de départ repose sur le fait que la chalarose pourrait accroître la proportion de bois coloré (ratio entre la surface colorée et la surface de la section). Sur l'échantillon observé, la coloration du bois de frêne n'est pas un phénomène marginal. Seulement 15 % des arbres sont exempts ou quasiment exempts de coloration. 38 % des arbres ont un taux de coloration compris entre 1 et 10 %. 15 % des tiges ont un taux de coloration supérieur à 30 %. **Les observations montrent que le taux de coloration du bois ne s'accroît pas avec l'intensité des nécroses au collet.**

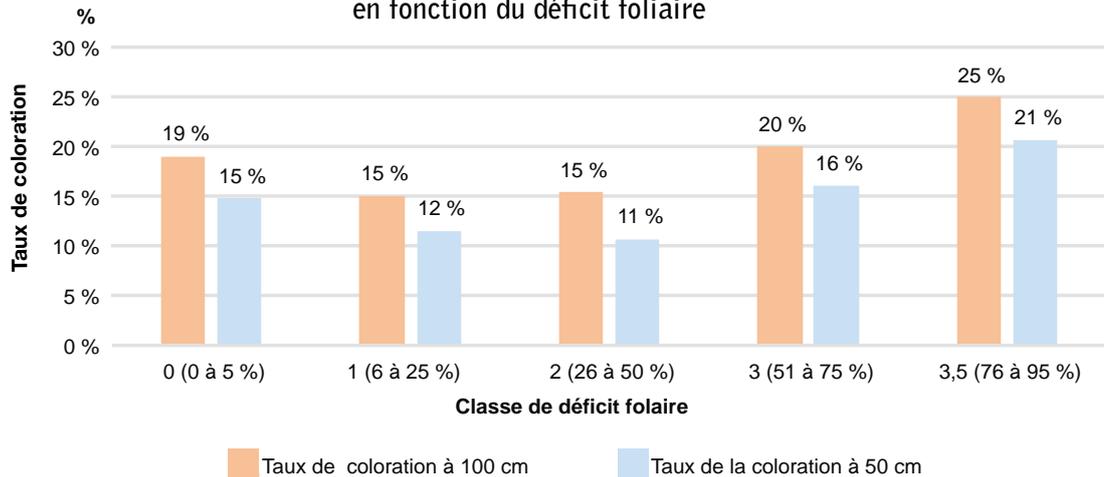


G. Cousseau © COFOR Aisne



G. Cousseau © COFOR Aisne

Figure 4 - Évolution du taux de coloration observé sur les rondelles à 50 et 100 cm en fonction du déficit foliaire



En revanche, malgré une forte variabilité, le taux de coloration (Figure 4) tend à s'accroître pour les arbres dont le déficit foliaire est supérieur à 50 % (classes 3 et 3,5).

Luminosité du bois

La qualification de la couleur a été réalisée à l'aide d'un spectrocolorimètre par l'équipe GénoBois de l'Inra Val-de-Loire d'Orléans. Le spectrocolorimètre envoie un « flash lumineux », aux caractéristiques connues. Suite à ce flash, il reçoit en retour des informations sur la couleur de la zone étudiée. Trois paramètres de quantification de la couleur sont alors collectés (espace chromatique CIELab) :

- ▀ la composante L pour la clarté variant de 0 (désignant un noir parfait) à 100 (désignant un blanc immaculé) ;
- ▀ a est la coordonnée chromatique correspondant à l'axe vert-rouge ;
- ▀ b est la coordonnée chromatique correspondant à l'axe bleu-jaune ;

Une prise de mesure est effectuée tous les 2 cm sur le rayon des rondelles étudiées en distinguant la « zone colorée » et de la zone « non colorée ».

Concernant l'impact de la chalarose sur la coloration du bois, **aucune corrélation n'a été détectée entre le déficit foliaire, la luminosité (Figure 5) et les paramètres a et b.** De la même façon, **aucune corrélation n'a été détectée entre l'intensité des nécroses au collet et ces trois paramètres.**

Conclusion

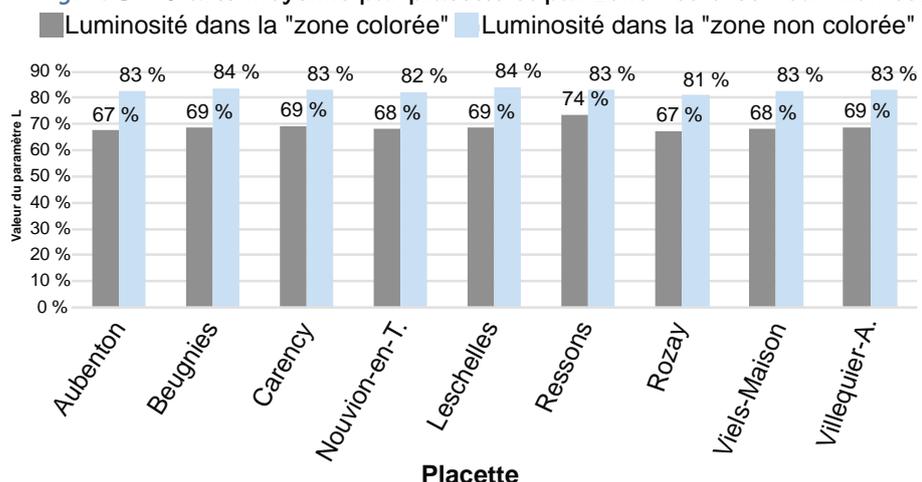
Ces premiers résultats montrent que **les conséquences de la chalarose sur la qualité du bois restent très limitées pour les peuplements étudiés.** Seul le taux de coloration tend à s'accroître pour les arbres très défoliés (défoliation supérieure à 50 %). Dans la plupart des cas, la perte économique liée aux purges est négligeable.

Ces premières conclusions seront à conforter, car l'infestation est récente et son impact n'est peut-être pas encore totalement exprimé et mesurable. De nouvelles investigations (avec un protocole simplifié) sur un échantillon élargi permettront de conforter et de renfoncer les premières conclusions. Les travaux sur la microdensité du bois sont en cours et feront l'objet d'une prochaine publication. ■

Remerciements

Le CNPF :
R. Trembleau,
P. Lechine, A. Guerrier ;
Les propriétaires :
N. Sainte Beuve, GF du Bois de la Garde, la SCI des Blandereaux, le GF des Petites Fontaines, PL de Caffarelli ;
Les exploitants forestiers et scieurs :
les établissements Pereira, Huberlant, Alliot, ITS SA.
La CNIEFEB et les experts : JM Peneau, G. Brut de Rémur ;
Les Coopératives Forestières : COFNOR, COFA, CF2A, COSYLVAL et l'ONF : S. Montfroy, M. Martin.

Figure 5 - Clarté moyenne par placette et par zone "colorée" ou "non colorée"



La ressource en frêne, un enjeu important !

Par Guillaume Cousseau, Coopérative forestière de l'Aisne, Antoine Colin et Claire Bastick, IGN*

La ressource en frêne des forêts françaises est importante, avec 3,8 % du volume sur pied. L'enjeu économique lié à cette essence est plus prégnant pour les régions Nord et Est de la France.



La rapidité de la propagation de la chalarose et son impact sur les peuplements ont laissé les forestiers perplexes. La profession s'est rapidement interrogée sur les conséquences économiques d'un tel phénomène. Afin de mieux connaître l'importance de cette essence, un état des lieux de la ressource en frêne est réalisé dans le cadre du programme *Chalfrax*.

Cette étude est coproduite par l'IGN et les acteurs du programme *Chalfrax* en charge de traduire les besoins de la filière en données statistiques opérationnelles.

Méthodologie de l'étude

Dans le cadre de sa mission d'inventaire forestier national, l'IGN visite chaque année près de 8000 placettes réparties sur tout le territoire. Tous les arbres de plus de 7,5 cm de diamètre y sont inventoriés. Les données utilisées dans le cadre du programme *Chalfrax* sont issues des campagnes de mesures effectuées entre 2007 et 2013 dans les forêts de production (hors peupleraies, haies et bosquets). Toutes les catégories de propriété ont été prises en compte. L'analyse porte indifféremment sur les trois espèces de frêne (le frêne commun est très largement majoritaire avec 98 % du volume).

Les volumes concernent la tige principale jusqu'à la découpe fin bout 7 cm. Ils sont répartis selon la qualité potentielle des bois, évaluée sur le terrain lors de l'inventaire. Le bois d'œuvre potentiel correspond ici au volume de qualité sciage jusqu'à la découpe fin bout 20 cm pour les tiges de plus de 40 cm (à 1,30 m).

Une typologie est mise en place pour évaluer l'enjeu économique des peuplements dans le contexte de la chalarose. Elle repose sur l'importance du frêne dans le peuplement :

- enjeu économique « très fort » : les peuplements de frêne pur ou prépondérant, où le frêne représente plus de 75 % du couvert ou est en mélange avec des essences dont aucune ne dépasse 15 % du couvert ;
- enjeu économique « modéré à fort » : les peuplements de frêne mélangés, où le frêne occupe entre 15 et 75 % du couvert ;
- enjeu économique « faible à nul » : les peuplements à frêne minoritaire, où il représente moins de 15 % du couvert.

Enfin, la ressource est décrite selon indicateur d'exploitabilité physique (plutôt facile ou plutôt difficile), défini à partir des mesures IFN relatives à la distance, la pente maximale de débardage, la portance du terrain et la présence d'aspérité.

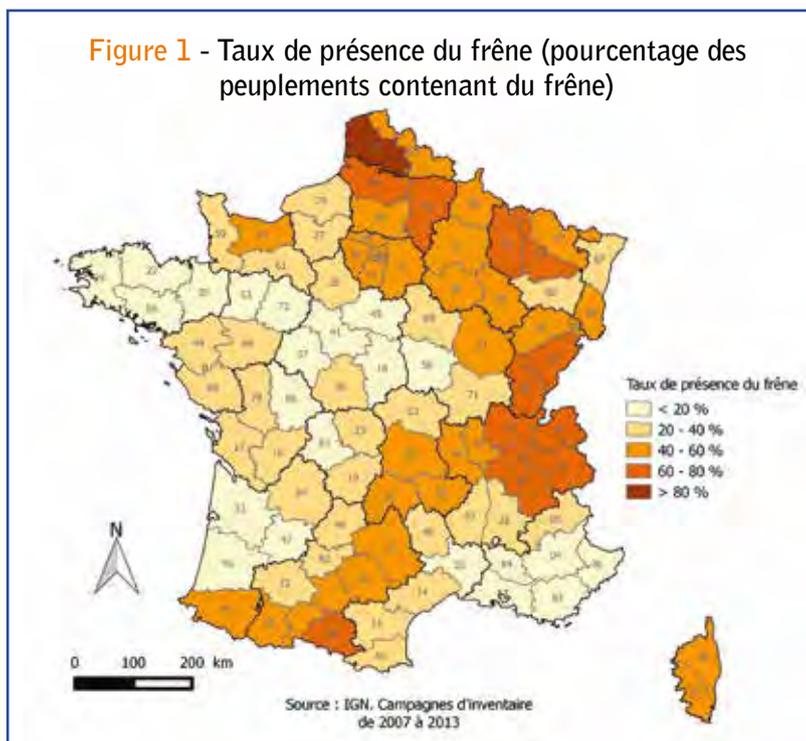
Résultats à l'échelle nationale

En moyenne, 33 % des peuplements contiennent du frêne, le plus souvent en mélange et de façon minoritaire. Ce taux de présence (*Figure 1*) varie toutefois fortement suivant les zones géographiques. Il dépasse 40 % dans le quart nord-est de la France et les zones de moyenne montagne. Il est en revanche faible (< 20 %) pour les régions de la façade atlantique et méditerranéenne.

Toutes situations et régions confondues, le volume sur pied s'élève à 95 millions de m³ bois fort tige (*Figure 2*). 83 % de ce volume se situe en forêt privée.

*Institut national de l'information géographique et forestière

Figure 1 - Taux de présence du frêne (pourcentage des peuplements contenant du frêne)



Parmi les 95 millions de m³ de bois fort tige, environ 21 millions de m³ (22 %) seraient du bois d'œuvre potentiel. Les 74 millions de m³ restants seraient destinés à d'autres d'usages tels que le bois de chauffage, la trituration, etc. 4,5 millions de m³ de bois d'œuvre potentiel se trouvent dans des peuplements où le frêne occupe plus de 75 % du couvert, dont 3,5 millions de m³ situés dans un contexte d'exploitation « plutôt facile » (Figure 2). L'enjeu économique y est très élevé.

14 millions de m³ de bois d'œuvre potentiel se trouvent dans des peuplements où le frêne occupe entre 15 % et 75 % du couvert, dont 10,5 millions de m³ situés dans un contexte d'exploitation « plutôt facile ».

Le volume de bois d'œuvre potentiel dépasse 3 millions de m³ pour les départements de la Haute-Marne, du Doubs, de la Haute-Saône et de l'Aisne (Figure 3).

Le frêne occupe environ 3,8 % du volume sur pied. Pour les régions Nord Hauts-de-France, Champagne-Ardenne et Franche-Comté, le frêne représente entre 7 à 14 % du volume de bois fort sur pied. Pour les autres régions, il représente entre 1 et 4 % du volume de bois fort sur pied.

Résultats par bassin de production

L'analyse de la ressource par « bassin de production » offre un autre éclairage et apporte de nouveaux éléments de compréhension.

Figure 2 - Répartition du volume de frêne (bois fort tige et bois d'œuvre potentiel) par type de peuplements et de contexte d'exploitation

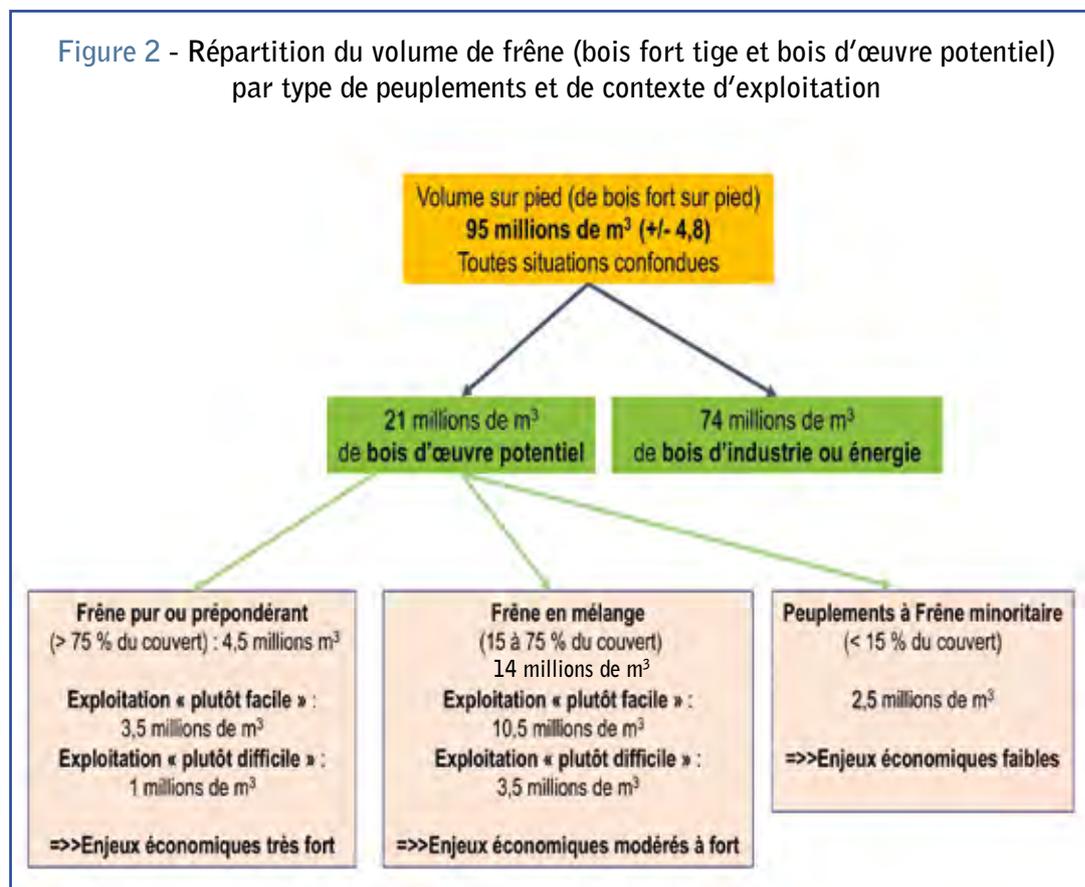


Figure 3 - Volume de frêne (en bois fort tige) par département

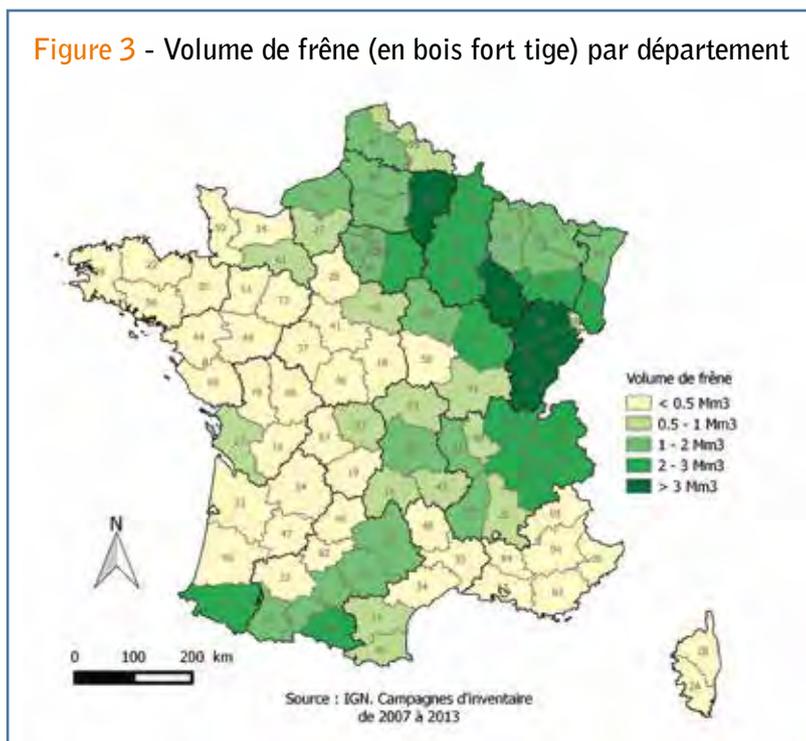
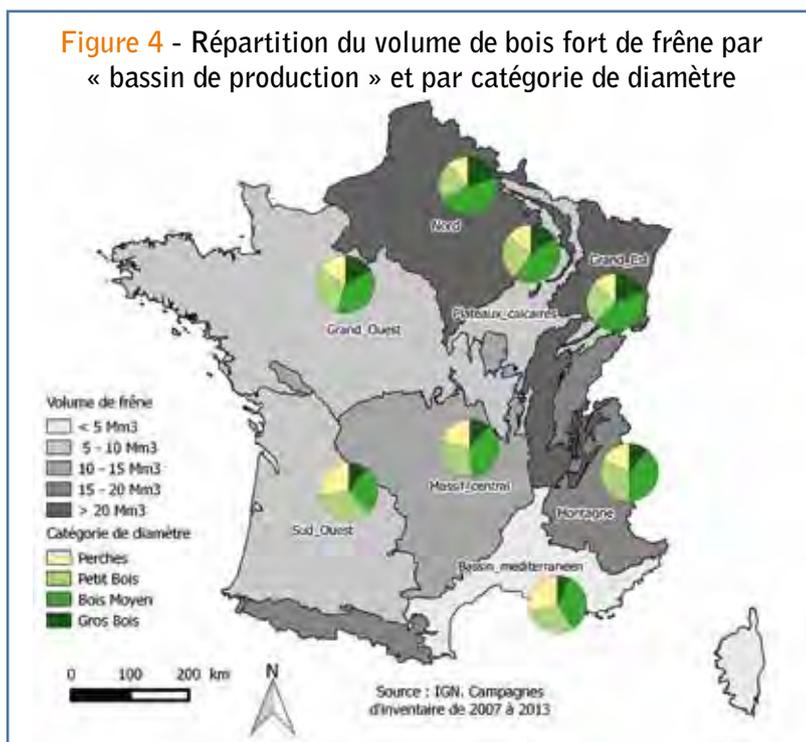


Figure 4 - Répartition du volume de bois fort de frêne par « bassin de production » et par catégorie de diamètre



B. Cano © CNPF

Ces « bassins de production » sont définis par l'analyse de la répartition de la ressource en frêne, des conditions économiques de sa valorisation et de critères écologiques.

Les principaux résultats par bassin de production seront restitués dans des fiches de synthèse prochainement accessibles sur le site <https://chalfrax.cnpf.fr>. Pour certaines variables et certains bassins, l'analyse est précisée à l'échelle, plus fine, des sylvo-éco-régions.

Conclusion

Les résultats de cette étude sur la ressource permettent d'appréhender les caractéristiques de la ressource en frêne et de discriminer les enjeux à différentes échelles géographiques. Cet outil vise à aider les acteurs de la filière à définir des scénarii de gestion dans leur zone de production. ■

Usages du frêne et circuits actuels de valorisation

par Nicolas Bilot*, GCF et Guillaume Cousseau**, CoforAisne

* Responsable Recherche Développement Innovation du Groupe Coopération Forestière

** Coopérative forestière de l'Aisne.

La récolte de frêne a été multipliée par deux depuis 2012. Les prix ont heureusement été maintenus par une demande soutenue, notamment du bassin asiatique fortement transformateur des bois de Frêne.



Figure 2 - Grumes de frêne en bord de chemin : bonne rectitude, faibles nodosités et couleur claire en font un bois aux qualités appréciées.

N. Bilot © GCF

L'un des axes du projet *Chalfrax* traite de l'organisation du marché du frêne et de sa capacité à absorber l'afflux de bois sur le marché à court et moyen termes.

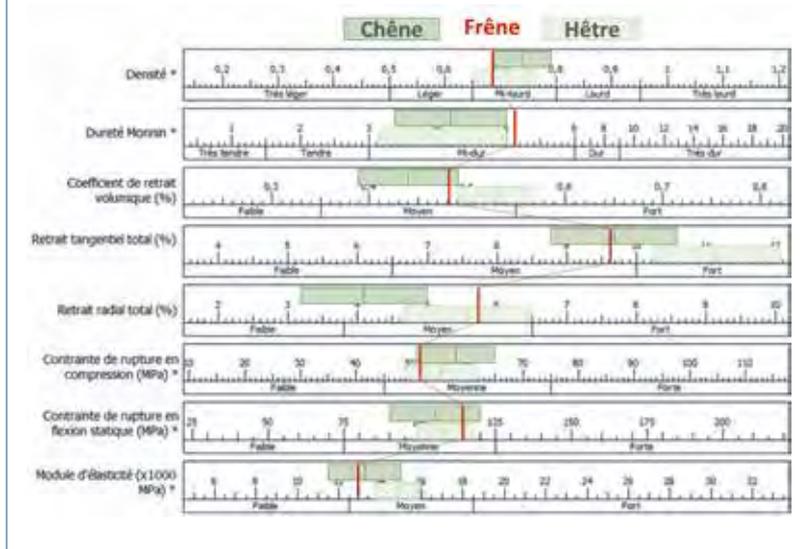
Qualités et usages du frêne

Le frêne est classé parmi les feuillus précieux. L'analyse comparative des propriétés mécaniques du Frêne aux autres essences feuillues d'usages courant montre que son bois a d'excellentes aptitudes technologiques. Pour la dureté, il dépasse la plupart des autres essences. Le bois de frêne se scie et se tranche. Il s'usine, se ponce et se colle sans problème particulier¹. C'est un bois clair facile à imprégner. **Il est aujourd'hui principalement utilisé en ameublement et en décoration intérieure où il est employé sous forme de bois massif ou de placage.**

L'évolution de la récolte

Les outils statistiques, tels que l'Enquête annuelle de branches, utilisés pour approcher l'évolution de la récolte annuelle de bois en France ne permettent pas d'appréhender le volume de frêne mobilisé. Le volume de frêne récolté était jusqu' alors insuffisant pour faire l'objet d'un traitement statistique différencié (le chêne ou le hêtre dont le volume mobilisé annuellement représente environ 80 % de la récolte de feuillus). Par conséquent, une enquête spécifique a été menée dans le cadre du projet *Chalfrax* auprès des principaux gestionnaires du quart du nord-est de la France où la ressource est principalement présente (ONF, Coopératives, Association d'experts forestiers, Société forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations). Elle a porté sur la période courant de 2010 et 2017. Comme le montre la figure 3, le volume de frêne commercialisé a été multiplié en moyenne par 2,2 sur cette période. Suivant les acteurs, cet accroissement oscille entre 1,4 et 5,4. L'accélération de la récolte s'observe depuis 2012 et peut être imputée à la chalarose. Les acteurs de la

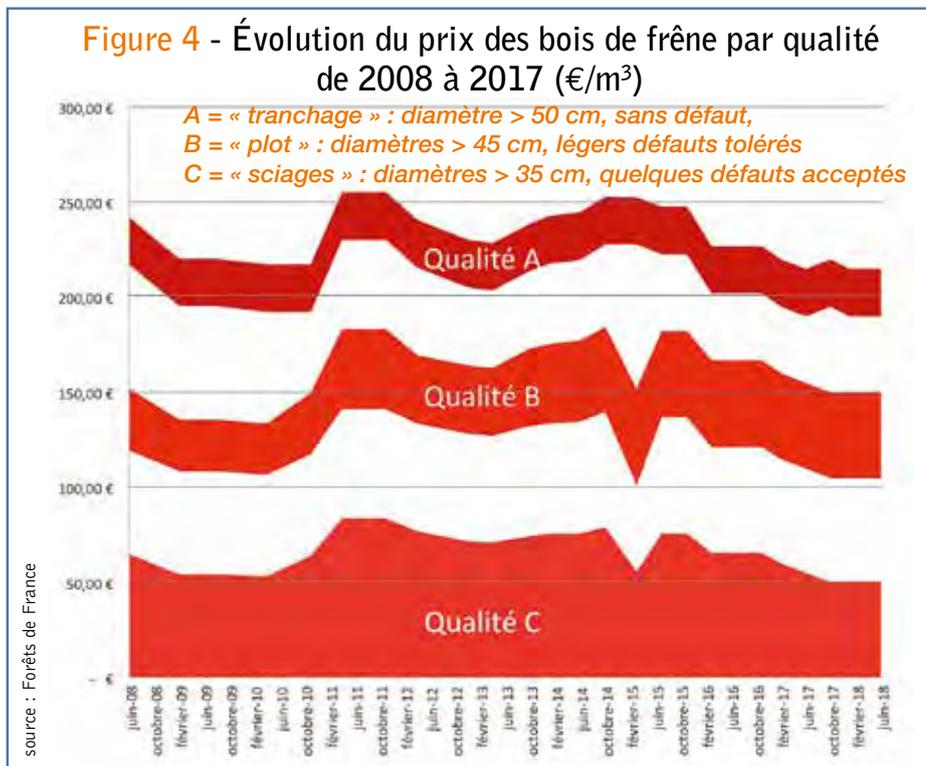
Figure 1 - Propriétés du bois de frêne comparées à celles du chêne et du hêtre



Adapté des fiches technologiques des bois de l'unité de recherche BioWeb, CIRAD <https://tropix.cirad.fr>

* = à 12 % d'humidité

¹ Nepveu P., 1992.



filrière situés plus en aval (les exploitants et les scieurs) consultés durant le projet confirment cette tendance.

L'évolution du prix

L'augmentation des volumes de bois sur le marché n'a pas provoqué à ce jour d'érosion significative des prix. Malgré quelques variations annuelles (+/-10 % par rapport à la moyenne de la période), le prix moyen du frêne s'est maintenu depuis 2010 (Figure 4).

Plusieurs éléments expliquent cette relative stabilité. La demande en bois au niveau international augmente de façon continue depuis

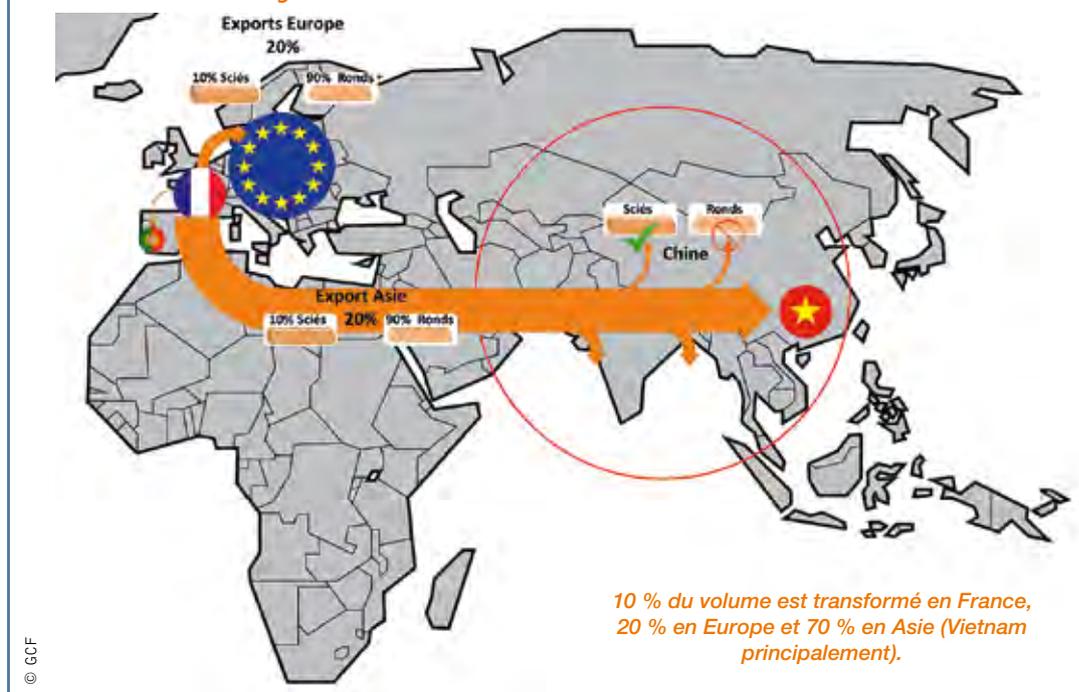
plusieurs années. Le frêne, le plus souvent destiné à l'exportation, bénéficie très certainement de cette situation favorable.

Le prix du chêne connaît une forte augmentation depuis quelques années. Il est très vraisemblable que certains utilisateurs se détournent du chêne au profit du bois de frêne alors plus accessible.

La nature et la destination des produits

Selon l'enquête menée auprès des transformateurs et négociants, **on peut estimer**

Figure 5 - Les flux de bois en frêne à travers le monde



10 % du volume est transformé en France, 20 % en Europe et 70 % en Asie (Vietnam principalement).

qu'environ 10 % du bois d'œuvre reste en France pour être transformé. Il s'agit le plus souvent de bois de premier choix destiné à des usages haut de gamme (tranchage, déroulage, plots de « bois blanc »). Environ 20 % du volume est destiné au marché européen : Allemagne, Angleterre, Portugal, Turquie, Slovaquie où d'importants acteurs de l'ameublement fabriquent des meubles en frêne massif. Enfin, 70 % du volume est exporté par voie maritime en Asie et en particulier au Vietnam.

Le Vietnam est un important importateur de bois et un des leaders de l'ameublement.

Le transport de bois rond et le risque de dissémination

Au regard des connaissances acquises sur la biologie du champignon², le risque de dissémination de la maladie par le transport de grumes est considéré comme négligeable voir nul.

Une fois la grume abattue et débarrassée de son houppier où se situe l'essentiel du potentiel infectieux, l'agent pathogène peut subsister dans les spores déposées sur l'arbre ou le champignon développé dans les nécroses au collet. Toutefois, les spores survivent peu de temps sans feuilles vivantes sur lesquelles se développer, et les fructifications susceptibles de propager le champignon n'ont jamais été observées sur des nécroses au collet. Finalement, la purge des arbres nécrosés au collet peut constituer une précaution supplémentaire.

Enfin, rappelons que la charlarose du frêne est déjà présente dans quasiment toute l'Europe, ainsi qu'en Asie de l'Est d'où elle est originaire. En Europe, seuls les régions et pays médi-

terranéens et le Portugal sont épargnés de la charlarose, très probablement en raison de leur climat défavorable au développement du pathogène. Par conséquent, le transport de grumes vers les pays importateurs actuels (Europe et Asie de l'Est) ne représente pas une réelle menace.

Les perspectives

À ce jour, l'afflux de bois de frêne sur le marché a été absorbé par la forte demande des pays d'Asie tels que le Vietnam. Toutefois, cette organisation de marché connaît bien évidemment ses limites. Tout d'abord, elle est dépendante de l'évolution des coûts du transport maritime. Une augmentation du prix du transport en *container* peut impacter lourdement le prix d'achat des produits (l'enquête n'a pas permis de détailler les ports et les voies maritimes empruntées par les bois). Elle dépend également des accords commerciaux passés entre pays dans un contexte géopolitique complexe et changeant. Enfin, l'évolution des règles sanitaires d'un État pour le transport de bois rond peut interrompre brutalement des flux commerciaux, comme ce fut le cas pour la Chine et l'Inde entre 2014 et 2015.

Les acteurs locaux s'interrogent sur les possibilités de valoriser davantage de frêne sur fond de tension sur le marché du chêne. Certains ont déjà augmenté la production de sciage de frêne. La principale difficulté réside dans la possibilité de se projeter dans un marché, dont le périmètre temporel et volumétrique est limité. Le travail déjà engagé par les producteurs et les transformateurs pour trouver ensemble des solutions doit sans nul doute être poursuivi et encouragé. ■

² Husson C. & Marçais B, 2018. Forêt-entreprise 243 p 18-22.

Stratégies de gestion des frênaies chalarosées en forêt publique



Par Fabien Duez¹, Sylvain Ducroux², et Thierry Sardin³, Office national des Forêts

Des dégâts conséquents ont conduit l'ONF à déclarer l'état de crise pour cinq forêts domaniales. Fermées au public dès 2016 pour des opérations de sécurisation, les premières reconstitutions sont en cours. Les mesures de gestion que l'Office a choisi d'appliquer aux forêts publiques sont aujourd'hui précisées dans un guide technique.

À l'échelle nationale, en forêt publique, la chalarose est une crise sanitaire relativement limitée en termes de surface, puisque les frênaies ne représentent que 2 % des forêts gérées par l'ONF. Néanmoins, ces frênaies se concentrent dans certains secteurs où l'impact local est plus préoccupant.

Sur la direction territoriale Seine Nord¹ notamment, l'agence du Nord Pas-de-Calais s'avère être assez impactée puisque la surface occupée par le frêne atteint 10 % (3 000 ha). La part du frêne dans certaines forêts du boulonnais peut dépasser les 40 %, et un premier état des lieux réalisé sur cette agence estime à près de 1 600 ha la surface, qui serait potentiellement à reconstituer.

Sur la direction territoriale Grand-Est², certains massifs alsaciens, comme la forêt communale de Soufflenheim (23 % de frênes sur 532 ha), ou celle de Sélestat, sont également très touchés. Ces dernières années, certaines agences constatent une hausse importante de la part de frênes récoltés pour raison sanitaire dans leurs volumes désignés (Nord Alsace, Vosges ouest, Haute Marne, Aube Marne).

Crise sanitaire émergente et premières mesures-cadres nationales

Dès 2010, l'ONF prend des mesures relatives à l'expansion de la chalarose sur le territoire. Une directive interne précise notamment les critères de récolte des frênes atteints. L'objectif est de prélever les arbres les plus atteints (déficit foliaire ou mortalité du houppier supérieure à 50 % ou nécroses au collet) qui ont encore un intérêt économique, tout en maintenant

sur pieds les arbres sains ou modérément atteints. Cette mesure vise d'une part à ne pas engorger le marché, et permettre une sélection naturelle d'éventuels individus résistants d'autre part. C'est aussi dès cette date que les plantations de frêne en forêts publiques sont suspendues, sur tout le territoire.

Sécurisation des forêts ouvertes au public en Nord-Pas-de-Calais

En septembre 2016, la chalarose, qui provoque une mortalité de plus en plus fréquente des frênes, nécessite la fermeture de cinq forêts domaniales dans le Nord et le Pas-de-Calais (Nieppe, Boulogne, Desvres, Hardelot, Vimy) afin de sécuriser les axes fréquentés par le public. Près de 350 kilomètres sont alors concernés par l'exploitation de frênes à proximité directe des routes et pistes forestières, itinéraires de randonnées, etc. Ces forêts sont rouvertes au public en juillet 2017. L'étape suivante est la reconstitution de ces massifs très impactés.

Guide technique de gestion des forêts chalarosées : diagnostic et clés d'orientations sylvicoles

En 2017, paraît un guide technique pour la gestion des forêts chalarosées, coordonné par Thierry Sardin³. Ce guide propose des clés pragmatiques de choix d'itinéraires de gestion, en fonction du stade du peuplement (*Figure 1*). Préalablement aux choix d'itinéraires et à toute démarche de reconstitution éventuelle, une description des peuplements est une étape incontournable. Elle consiste à pré-

¹ Direction territoriale Seine-Nord, chargé de sylviculture

² Direction territoriale Seine-Nord, directeur adjoint

³ Direction générale, département gestion durable et multifonctionnelle des forêts, expert national sylvicultures.

Figure 1 - Guide technique de gestion des frênaies charalrosées.

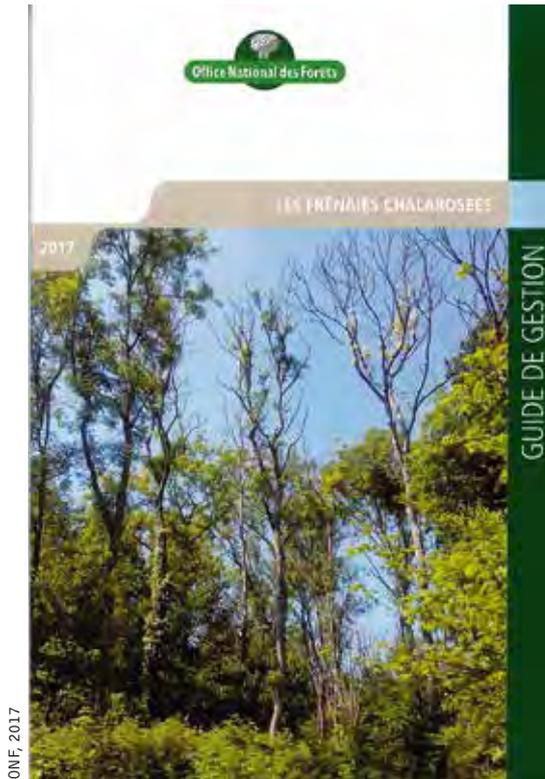
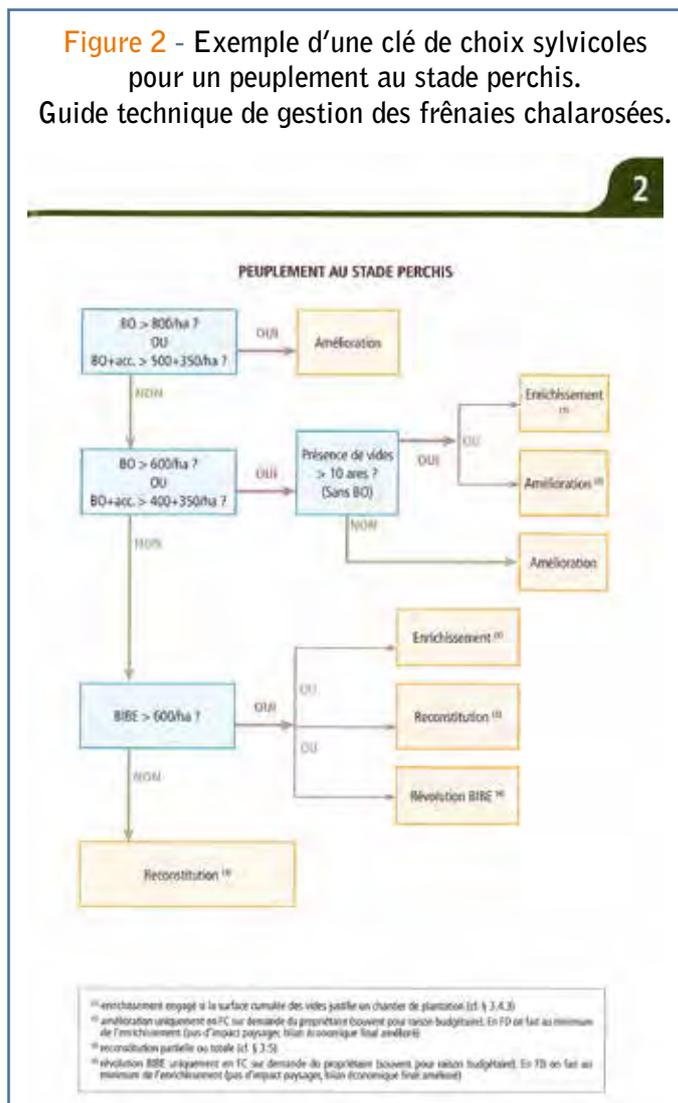


Figure 2 - Exemple d'une clé de choix sylvicoles pour un peuplement au stade perchis. Guide technique de gestion des frênaies charalrosées.



ciser la composition du peuplement et le degré de mélange, à évaluer la présence d'un renouvellement en autres essences que le frêne, à préciser la station le cas échéant, pour le choix des essences à introduire.

Après cette étape de diagnostic, des clés de choix sylvicoles sont proposées pour trois « familles » de peuplements : les fourrés/gaulis, les perchis/jeunes futaies et les futaies adultes. Dans cette dernière famille, il est distingué les peuplements à diamètres homogènes, et ceux à diamètres hétérogènes (futaie irrégulière). Ces clés se basent sur des seuils de densité à l'hectare ou de surface terrière d'essences à vocation bois d'œuvre, qui peuvent prendre le relais des frênes dépérissants (chênes pédonculé ou sessile, hêtre, aulne, merisier, érables, noyer, etc.).

Itinéraires pour fourré/gaulis ou perchis/jeunes futaies

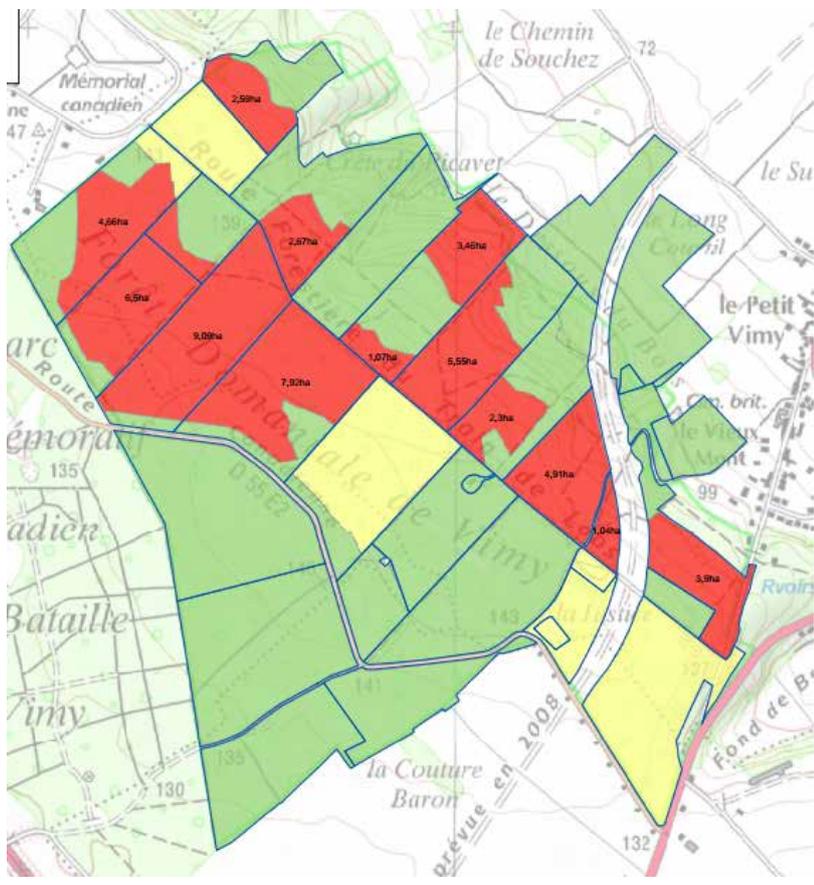
Pour ces jeunes peuplements, si la densité à l'hectare des essences à vocation bois d'œuvre est suffisante, un itinéraire d'amélioration est proposé. Des travaux de dégagements/nettoyements classiques au profit des tiges d'avenir sont alors à prévoir. (Figure 3) En cas de vides importants (10 à 20 ares) créés par la mortalité des frênes, l'enrichissement peut être envisagé. Il consiste à ré-introduire par plantation des essences alternatives en adéquation avec la station. Bien sûr, l'option enrichissement est choisie si, et seulement si, les surfaces cumulées des vides justifient un chantier de plantation (coût de revient). Enfin, la reconstitution est proposée si le peuplement est beaucoup trop appauvri, c'est-à-dire essentiellement constitué d'essences à vocation BIBE (Bois Industrie, Bois Énergie) que sont les trembles, bouleaux, saules, charmes... Une plantation en plein doit être envisagée. Une ultime option dite « révolution BIBE » est également proposée dans le cas de peuplements très appauvris. Cette option a pour objectif d'éviter ou reporter l'investissement important que représente une reconstitution, en laissant croître temporairement et en valorisant les « bois blancs » en bois de chauffage/énergie, lorsqu'ils ont atteint les dimensions requises pour cet usage. Cette option est à destination des communes fortement touchées qui n'auraient pas les ressources financières suffisantes pour tout reconstituer.

Itinéraires pour les futaies adultes

Pour les peuplements adultes, le choix de l'itinéraire dépend comme pour les jeunes

Figure 3 - Cartographie finale après phase de diagnostic d'une forêt domaniale, indiquant :

- les zones où la présence d'autres essences feuillues permet une sylviculture alternative (vert),
- les zones en attente, avec une strate bien homogène de bois blancs. Reconstitution à prévoir, mais non prioritaire (jaune),
- les zones prioritaires à reconstituer (rouge).



peuplements de la présence ou non d'essences relais sur lesquelles on peut compter pour poursuivre la gestion. Une distinction est faite entre un seuil de surface terrière hors frêne satisfaisant, fixé à 13 m²/ha, et un seuil dit « acceptable », fixé à 10 m²/ha. Bien sûr, ces seuils sont compris sous réserve d'une bonne répartition des tiges sur l'unité de gestion. Les choix proposés sont l'amélioration, l'intervention en travaux sylvicoles sur les cônes de régénération qui apparaissent dans les trouées, l'enrichissement ou la reconstitution en plein en cas de peuplements très appauvris.

Premières reconstitutions sur la Direction territoriale Seine-Nord

Sur la Direction territoriale Seine-Nord, les premiers diagnostics de peuplements se sont déroulés en 2017 dans les massifs du Nord-Pas-de-Calais les plus touchés par la chalarose. Cette phase de diagnostic a permis d'affiner plus précisément les surfaces à reconstituer (Figure 3). Dès l'hiver 2017, un premier chantier de reconstitution par plan-

tation est lancé en forêt d'Hardelot. Après l'exploitation de l'ensemble des frênes du peuplement, l'option retenue, encore expérimentale, est celle de placeaux de 3 mètres par 3 mètres de côtés, préparés mécaniquement avec un sous-soleur multifonction® monté sur mini-pelle, et disposés dans les trouées. La distance minimale entre placeaux est fixée à 12 m, et ceux-ci sont disposés à proximité des cloisonnements d'exploitation, pour faciliter les travaux futurs.

Un peuplement composé de charmes et noisetiers est encore en place par secteurs. Environ 50 placeaux à l'hectare sont réalisés. Sur chaque placeau, 9 plants sont installés à 1 m de distance.

Le coût de cette technique de reconstitution par « petits » placeaux est relativement élevé, sans compter la difficulté dans le suivi, ce qui ne permet pas encore à ce jour d'étendre plus largement cette méthode.

Ultérieurement, des essais de placeaux de plus grandes tailles (1 are, soit 10 m par 10 m de côtés, avec 25 plants par placeau), voire des reconstitutions en plein, seront lancés. ■

Chalfrax, stratégie de gestion, une action salutaire

Par Benjamin Cano, CRPF Hauts-de-France, chef de projet Chalfrax



L'expertise délivrée par le programme Chalfrax permet d'articuler les premières recommandations prémices de la stratégie finale visée. Déjà éprouvée en Hauts-de-France, la démarche prétend à des résultats prometteurs au service de l'intérêt collectif.



S'organiser dans le temps et dans l'espace par un ensemble d'actions coordonnées, et traverser la crise dans les meilleures conditions, tel est l'objectif poursuivi d'une stratégie. Retenons néanmoins qu'une telle ambition n'aurait pu être développée si les marges de manœuvre « offertes » par la chalarose avaient été inexistantes. Cet article fait le point sur ce sujet intégrateur qu'est la gestion de crise, en retraçant les approches mises en œuvre dans le cadre de *Chalfrax*.

Crise sérieuse avec des marges de manœuvre providentielles

La fulgurance avec laquelle la chalarose s'est propagée sur le territoire national a d'abord laissé place à l'inquiétude. Ce n'est que grâce aux avancées scienti-

fiques, qui ont par la suite permis de mieux connaître le fonctionnement du champignon et d'en décrire les processus infectieux avec précision, que les opportunités de bénéficier de marges de manœuvre ont commencé à apparaître. Nombreux sont les usagers de la forêt, qui ont observé d'impressionnants effondrements de populations rendant bien rares les jeunes individus de frêne dans les paysages sinistrés. Mais si les jeunes peuplements sont plus rapidement touchés, les peuplements adultes se dégradent à un rythme plus progressif. Alors qu'une part significative d'arbres exprime des dégâts très importants, des individus illustrent une certaine stabilité. Certains arbres émettent même d'abondants et vigoureux gourmands participant à une résilience temporaire de leur houppier après une attaque.



B. Cano © CNPF



B. Cano © CNPF

Illustration 1 - Si pour certains arbres, la lutte est vaine, d'autres réagissent en émettant d'abondants et vigoureux gourmands assurant une production de bois durant quelques années supplémentaires...

Illustration 2 - L'intensité des dommages est révélatrice de la marge de manœuvre, dont dispose le sylviculteur.



Enfin, bien que minoritaires, des individus restent asymptotiques. Même si les phénomènes d'évitement* semblent fréquents, cela illustre en partie l'expression d'une résistance d'origine génétique. Qu'il s'agisse des investigations menées en pathologie conduisant à croire que la vitesse de dégradation de l'état sanitaire des frênaies est très variable selon les contextes¹, de la génétique du frêne permettant de nourrir l'espoir d'hériter d'une ressource résistante au travers de futures générations d'arbres², ou encore des conclusions inédites écartant définitivement certaines formes d'impacts directs de la chalarose sur la qualité du bois tant que l'arbre est encore vivant³, les résultats obtenus conduisent à revoir la manière dont les peuplements impactés doivent être décrits et gérés. Le délai de survie des peuplements adultes offre du temps ! La stratégie finale prendra donc soin de mettre à profit cette précieuse marge de manœuvre. Valoriser les produits sur pied, dans le cadre de pratiques sylvicoles les plus vertueuses, c'est-à-dire cherchant à limiter les sacrifices de tous ordres et prévenant les dommages collatéraux (déstabilisation des forêts, dégradation des sols, engorgement des marchés, mise en sécurité du public face au risque de chutes d'arbres, etc.) devient alors une priorité.

Le diagnostic, un préalable incontournable !

Avant toutes démarches de réorientations de gestion, le diagnostic est d'autant plus nécessaire que la chalarose est susceptible de présenter des situations contrastées. Quels symptômes ? Quels arbres dois-je observer ? Quelle est la gravité de la situation sur ma parcelle ?... Autant de questions courantes auxquelles les investigations entreprises dans le cadre de *Chalfrax*, ont plus particulièrement

tenté de répondre. Pour ce faire, des outils de diagnostic sont en cours de développement. Les méthodes, qui y seront promues, offriront à terme une traduction pragmatique des conclusions scientifiques pour répondre aux préoccupations les plus fréquentes. À destination des propriétaires forestiers et gestionnaires professionnels, les applications qui en découleront seront capables de livrer une expertise robuste au profit des recommandations les plus adaptées, le tout par des méthodes simples d'observation.

Un diagnostic rigoureux passe d'abord par la distinction de trois niveaux d'expertise :

- ➡ **le niveau « individuel »** examine les dommages provoqués par la chalarose sur les individus et distingue des profils d'arbres selon leur degré d'atteinte ;
- ➡ **le niveau « frênaie »** s'appuie sur la typologie individuelle préalablement décrite et livre des statistiques à l'échelle des peuplements ;
- ➡ **le niveau « propriété »** s'intéresse à la situation d'une propriété selon les profils de frênaies qu'elle présente.

Diagnostic individuel

les profils d'arbres sont souvent variés et nombreux au sein d'un peuplement. Alors que faut-il observer ? Nous savons aujourd'hui que la nécrose des tissus, que provoque le champignon au collet, nécessite d'être examinée indépendamment des dommages s'exprimant dans les houppiers. Les mortalités de ramifications auront raison de la survie de jeunes individus. La nécrose au collet jouera quant à elle un rôle majeur sur le taux de mortalité des populations adultes¹. Ces critères sont prioritairement examinés lors du diagnostic d'un arbre. L'outil de diagnostic en cours de développement prévoit de distinguer les profils d'arbres selon leur masse foliaire. En effet, les quantités de feuillage reconstituées par l'émis-

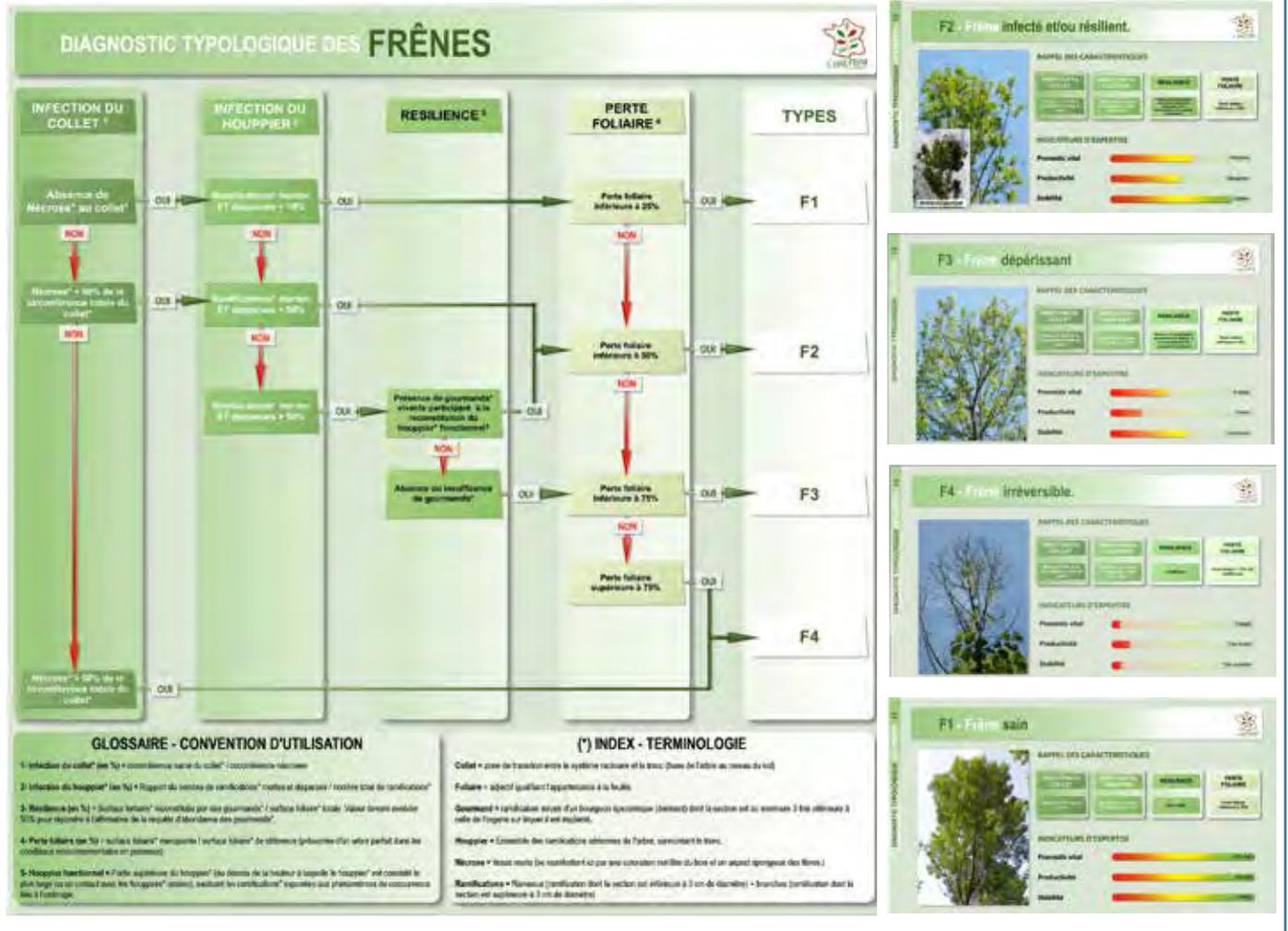
* Voir définition d'évitement p. 21.

¹ Husson C., 2018. *L'épidémiologie au service de la sylviculture*, Forêt-entreprise n° 243 p. 18-22.

² Dowkin A. 2018. *Sélection et création variétale*, Forêt-entreprise n° 243 p. 26-29.

³ Cousseau G. 2018 *Ressource et qualité du bois de frêne*, Forêt-entreprise n° 243 p. 36-39.

Illustration 3 - Exemple d'outil typologique de diagnostic d'arbre en cours de validation dans le cadre de *Chalfrax* (CNPFP)



sion de gourmands ont un impact au profit des arbres capables d'engager cette forme de lutte contre le pathogène.

À l'inverse, certains arbres peuvent aussi montrer un feuillage clairsemé pour des raisons indépendantes de la chalarose, ce qui peut les classer de la même manière parmi les individus sans avenir...

Diagnostic des frênaies

Les profils types de frênaies se distingueront plus particulièrement par les ratios observés des différentes catégories de frênes structurant le peuplement. La répartition des classes de diamètre, comme la présence d'autres essences d'avenir joueront également un rôle majeur dans cette expertise. C'est bien la part occupée par le frêne qui apportera des renseignements sur la dynamique de progression des dégâts : liée à la quantité de spores infectieuses que la litière de frêne est capable de produire et la probabilité qu'elles atteignent des feuilles de frêne. La notion d'enjeu économique est pertinente à un second niveau : elle traduit l'intérêt de mesurer les sacrifices

d'exploitabilité (pertes sur les valeurs économiques de consommation et d'avenir). Ce type d'articulation de la future clé typologique permettra en outre de disposer de précieux indicateurs d'expertise comme le délai de survie, la sévérité des dommages ou encore les alternatives de gestion.

Avec quelle méthode d'inventaire ?

Pour utiliser les clés de détermination, des données de terrain seront requises. Pour ce faire les équipes du CNPFP travaillent actuellement sur une méthode d'inventaire. Le recours à des techniques d'échantillonnage aléatoire est à l'étude et permettra une plus grande fiabilité des données recueillies sur le terrain.

Un soin attentif veillera également à promouvoir les techniques d'investigation les plus économiques dans le souci de limiter au maximum le coût d'une telle expertise pour le propriétaire. Avec une durée d'investigation n'excédant pas 30 minutes par parcelle en moyenne, les premiers tests sont plutôt concluants.

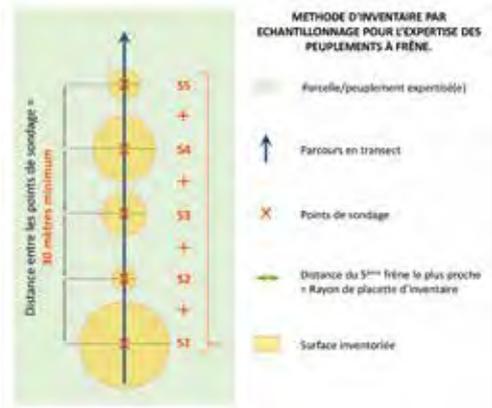


Illustration 5 - Représentation schématique de la méthode d'inventaire par échantillonnage aléatoire à rayon variable

S'organiser stratégiquement, un atout pour traverser la crise...

Plus que de la forêt, le propriétaire sylviculteur est aujourd'hui amené à gérer du risque, une notion qui mérite d'être définie. Le niveau de risque est une valeur estimable qui repose sur la conjugaison de trois quantités variables :

➔ **l'aléa**, caractérisé par la fréquence et la sévérité des perturbations provoquées par le pathogène ;

➔ **la vulnérabilité**, définie par les notions de résistance, sensibilité, tolérance des populations hôtes ou encore la probabilité que les attaques infectieuses du pathogène aboutissent à des dégâts. La capacité des populations de frêne à résister ou éviter* les attaques du pathogène est ici déterminante ;

➔ **les impacts**, définis par les dommages et les dégâts, effectifs ou potentiels, qu'ils soient d'ordre économiques, sociaux ou environnementaux. Selon ce point de vue, les pertes économiques sur la valeur de consommation ou la valeur potentielle des bois de frêne ; les diminutions de valeurs environnementales consécutives à un effondrement des populations, ou encore les accidents recensés en forêt consécutifs à des chutes d'arbres ou de branches entrent notamment dans le domaine des impacts.

Il convient de préciser que ce schéma n'est pas figé dans le temps et dans l'espace. Chacune de ces trois composantes pouvant varier selon le contexte.

Par exemple, la graphiose de l'orme a conduit à des pertes très importantes aboutissant à la quasi-disparition de l'espèce à l'état adulte. La relative rareté de l'essence a plutôt joué un rôle modérateur quant au niveau de risque globalement encouru à l'époque par la forêt française. Pour la chalarose, le risque est plus important, compte tenu de l'enjeu économique que

représente le frêne sur une partie du territoire national, distinguant un peu plus les 2 crises. En outre, à niveau d'enjeu égal, les conclusions apportées par l'enquête sur l'intensité des dommages⁴, illustrent bien que le risque reste inégal selon les territoires. La fréquence et la richesse du frêne dans les paysages influencent alors la vulnérabilité des peuplements. Il devient alors plus indubitable que les territoires nouvellement impactés, ne connaîtront probablement pas la même dynamique d'évolution des dégâts que les régions sinistrées. Grâce à cette approche d'analyse objective, le niveau constaté de risque, qui varie selon les contextes, permettra d'articuler efficacement la stratégie. Priorité, niveau d'urgence, modalités

⁴ Goulet M. 2018. *Des territoires marqués, des dommages variables*, Forêt-entreprise n° 243 p. 23-25.

* Voir définition d'évitement p. 21.

Illustration 6 - Risque = aléa x vulnérabilité x impacts - La mesure du risque s'obtient en conjuguant ces trois variables (CNPF)

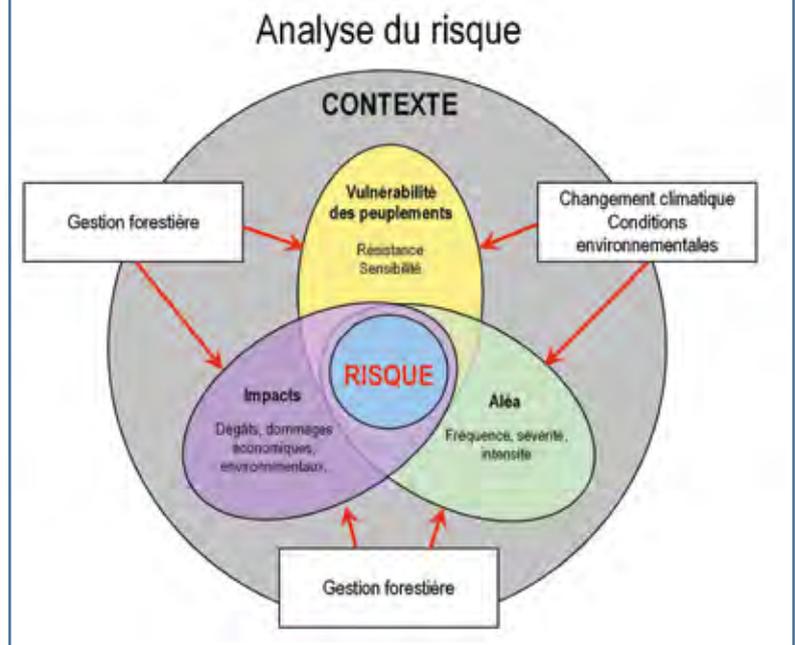
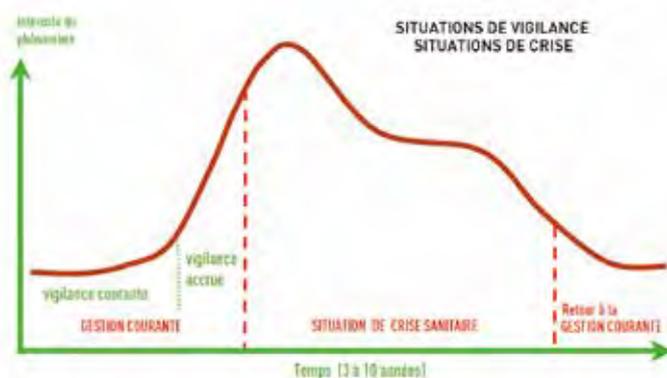
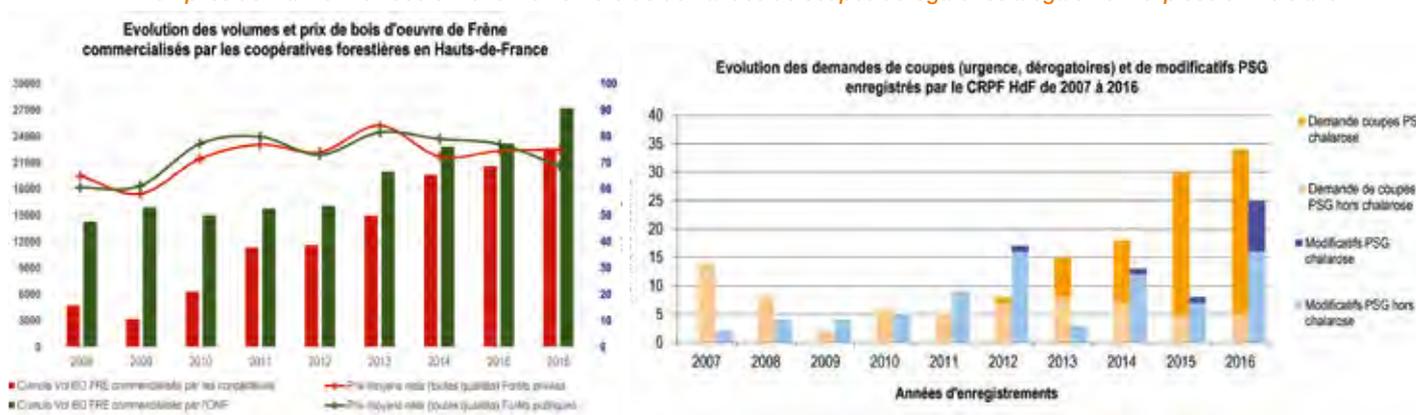


Illustration 7a - Pour identifier une période de crise, il convient de mesurer le niveau de perturbations enregistrées sur des indicateurs pertinents. *À partir de certains seuils, il devient possible de distinguer les périodes de vigilance durant lesquelles la gestion courante doit nécessairement laisser place à une gestion de crise*



		TYPE DE GESTION		ACTIONS PRINCIPALES	
GESTION COURANTE	Peu de perturbations sanitaires inégalement	SITUATION DE VIGILANCE COURANTE	La gestion forestière courante s'applique	Actions programmées par les documents de gestion durable	
	Phénomène émergent → Pressions perturbations	SITUATION DE VIGILANCE ACCROÏSSANTE	La gestion forestière courante est adaptée à la situation	Idem ci-dessus - Mise en place d'un suivi d'indicateurs pertinents liés au phénomène émergent (ex : suivi des volumes sanitaires récoltés)	
GESTION DE CRISE	Phénomène installé → Impacts importants	SITUATION DE CRISE SANITAIRE	Une gestion de crise est nécessaire	- Mise en place d'une cellule de crise - Mise en œuvre d'actions adaptées à la crise	

Illustration 7 b - L'évolution de certains indicateurs a permis d'identifier avec précision l'entrée des forêts d'Hauts-de-France en situation de crise. *Les volumes de frêne commercialisés en bois d'œuvre sont multipliés de 2 à 4 entre 2008 et 2016. Le nombre de demandes de coupes dérogoatoires a également explosé en trois ans.*



d'intervention, représentent autant de domaines de prescriptions qu'il sera possible de mieux définir grâce aux avancées du projet Chalfrax⁶

Exemple d'application en forêt privée...

La chalarose a rapidement dégradé les frênaies dans la région Hauts-de-France. Depuis 2016, la gestion courante s'est infléchi vers une gestion de crise. L'Office national des forêts a notamment fait évoluer sa gestion en invoquant le risque de chute de branches et d'arbres, susceptible d'attenter à la sécurité publique⁵.

Les conséquences d'une action désorganisée auraient pu avoir des répercussions préjudiciables. C'est pourquoi, asseoir une véritable gestion de crise sur une expertise objective a très vite été reconnu nécessaire. Grâce à la mesure du risque selon l'approche décrite précédemment, la démarche a abouti à une modélisation du risque illustrant nettement

les situations contrastées. Sur la base de cette expertise, il a été possible d'adapter les conduites à tenir selon ce niveau de vigilance, en adoptant ainsi une approche stratégique. Une gamme de prescriptions a pu être proposée pour inviter les forestiers locaux à appliquer des orientations techniques cohérentes et contextualisées avec les scénarios prévisibles.

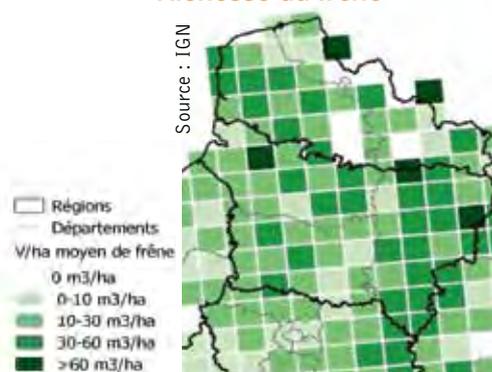
- 1. Renouvellement – transformation :** opérations de récoltes visant à installer artificiellement un nouveau peuplement composé d'autres essences alternatives.
- 2. Conversion :** opérations visant à engager progressivement la transformation du peuplement à l'aide d'autres essences alternatives spontanément présentes.
- 3. Maintien en production :** opérations d'éclaircies prélevant prioritairement les individus les plus atteints au profit de ceux les moins atteints.
- 4. Sécurisation :** opérations de mise en sécurité des balisages et infrastructures accessibles au public.

⁵ Duez F. 2018. *Stratégies de gestion des frênaies chalarosées en forêt publique*, Forêt-entreprise n° 243 p. 45-47.

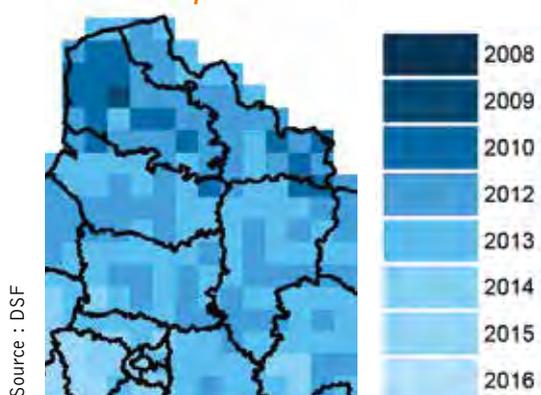
⁶ voir « Chalfrax, plus qu'un projet, une approche d'avenir pour la gestion des risques... »

Illustration 8 - Plan de prescriptions en Hauts-de-France articulé sur une analyse du risque

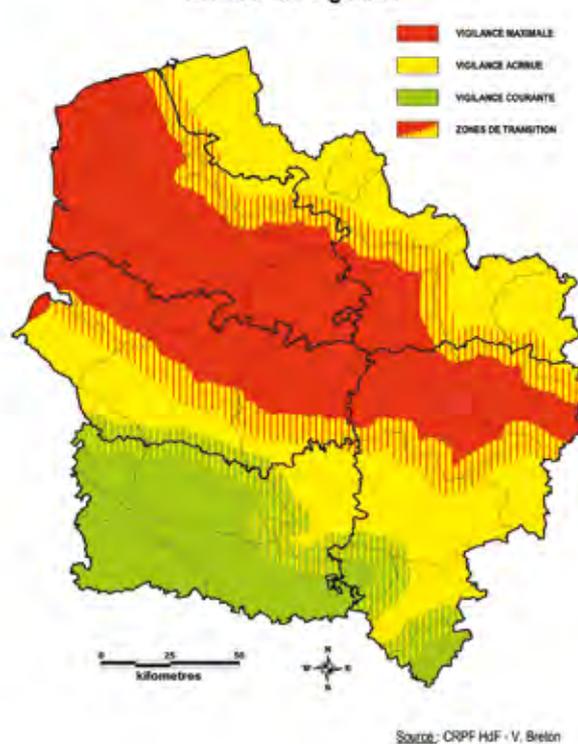
Richesse du frêne



Antériorité de présence de la maladie



Chalarose du frêne en Hauts-de-France Niveaux de Vigilance



4 grandes orientations sylvicoles sont déterminées pour subvenir aux différentes situations s'exprimant à travers la région...

Part du frêne dans le peuplement	Classe d'âge du peuplement	Niveau de vigilance maximale		Niveau de vigilance accrue		Niveau de vigilance courante	
		Dégâts forts à très élevés***	Dégâts faibles à modérés****	Dégâts forts à très élevés***	Dégâts faibles à modérés****	Dégâts forts à très élevés***	Dégâts faibles à modérés****
<p>Frêne = Essence dominante Volume Frêne > 70% de Volume total</p>	Jeunes peuplements*	1-4	1-4	1	1	1	1
	Peuplements adultes**	1-4	3-4	1-4	3	3	3
<p>Frêne = Essence principale Volume Frêne compris entre 30 et 70% de Volume total</p>	Jeunes peuplements*	1-2-4	2-4	2	2	2	2
	Peuplements adultes**	1-2-4	2-4	2-4	3	3	3
<p>Frêne = Essence en mélange ou d'accompagnement Volume Frêne < 30% de Volume total</p>	Jeunes peuplements*	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
	Peuplements adultes**	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4

*Peuplements à dominante de Petits Bois - Diamètre moyen < 30 cm
**Peuplements à dominante de Bois Moyens et Gros Bois - Diamètre moyen > 30 cm
***Plus de 50% des tiges fortement atteintes.
****Moins de 50% des tiges fortement atteintes.
présentent plus de 50% de mortalité de branches ET/OU plus de 25% de cavité/morsure au cœur.

Les itinéraires techniques, permettant de s'engager dans ces orientations sylvicoles, sont nombreux. En complément des prescriptions générales, quelques préconisations sont néanmoins de rigueur pour assurer une action d'aménagement efficace et durable d'une propriété.

Le recours aux procédures les plus adaptées du Code forestier fait également partie des préconisations que le plan propose. L'allongement des délais d'instruction, la multiplication des demandes d'autorisations de coupes dérogoires, ou encore l'obsolescence prévisible de PSG en cours de validité, sont les problématiques qui sont particulièrement ciblées pour

tenter d'éviter aux propriétaires concernés l'impasse réglementaire.

Agir avec discernement, ou comment limiter les sacrifices...

Alors qu'il s'exprime dans les paysages des situations contrastées, les éléments d'expertise alimentent désormais avec plus de précision les scénarios probables. En conséquence, les préconisations de gestion appellent aujourd'hui à agir avec discernement. Rappelons qu'il appartient à chacun de participer à l'effort de préservation de l'intérêt collectif en adhérant aux recommandations suivantes :

- ➡ stopper toutes plantations de frêne ;

- ▣ ne plus investir en faveur du frêne ;
 - ▣ sur la base d'un diagnostic régulièrement renouvelé en période de végétation (juin-juillet), exploiter prioritairement les individus présentant plus de 50 % de mortalité de branches sur le volume total du houppier ou plus de 50 % de la circonférence nécrosée au collet ;
 - ▣ repérer et conserver aussi longtemps que possible les individus asymptomatiques ;
 - ▣ débarder les bois dans de bonnes conditions (périodes de gel en hiver ou après ressuage des sols en été) et utiliser un réseau de cloisonnements efficace ;
 - ▣ si possible, éviter les coupes de récolte massives, brutales et tenter de répartir les exploitations dans le temps en renouvelant si nécessaire des prélèvements mesurés.
- En plus de ces recommandations générales, des conseils techniques plus précis seront bientôt disponibles en perspectives de l'aboutissement de *Chalfrax* ; ils tiendront compte des marges de manœuvre existantes et des sacrifices prévisibles.

Quelques conseils sont d'ores et déjà de rigueur :

- ▣ rechercher la conversion progressive des peuplements à l'aide des autres essences spontanément présentes. Il faut que celles-ci soient en densité suffisante (> 80-100 tiges/ha), bien réparties, avec de bonnes aptitudes à survivre et à produire du bois de qualité dans les conditions environnementales actuelles et à venir, et puissent prétendre à des débouchés rémunérateurs dans les conditions prévisibles de marché ;
- ▣ renouveler les peuplements matures répondant aux valorisations économiques optimales en reconstituant le capital sur pied si aucune alternative spontanée n'émerge ;
- ▣ maintenir en production les frênes de dimension moyenne pouvant encore prétendre à des débouchés plus valorisants, si leur état sanitaire le permet ;
- ▣ de sécuriser les abords immédiats du domaine public où la sécurité des usagers est susceptible d'être menacée.

Le niveau d'urgence dépendra prioritairement de l'intensité des dommages. L'antériorité de présence de la maladie ainsi que la part de

frêne dans les peuplements représenteront dans ce cas les indicateurs les plus objectifs pour estimer le délai d'intervention.

Chalfrax, plus qu'un projet, une approche reproductible pour la gestion des risques...

Les différentes pièces du puzzle sont désormais rassemblées. L'analyse de risque finale devant articuler la stratégie nationale visée par le projet *Chalfrax* ne devrait plus se faire trop attendre. Même si cette stratégie arrive avec un peu de retard dans certains contextes très sinistrés, la majeure partie des acteurs de la filière frêne pourra néanmoins profiter d'une expertise robuste au terme de cinq années importantes d'investigations. Cette restitution prendra la forme d'outils et d'applications d'aide à la décision rassemblés dans un guide national, délivrant les prescriptions et conseils d'intervention adaptés et provenant d'une solide expertise. La stratégie prendra soin de tenir compte du « risque », que l'on sait variable selon les spécificités territoriales, des marges de manœuvre existantes, ou encore des capacités de la filière à valoriser les produits.

En ces temps d'incertitudes quant à l'augmentation des aléas sylvo-sanitaires — dont la chalarose n'est qu'un exemple — la filière forêt-bois doit plus que jamais s'armer pour affronter les défis de demain. L'approche développée dans le cadre de *Chalfrax* apporte en ce sens quelques pistes probablement reproductibles à l'avenir. ■

Remerciements

Les membres du groupe de travail de l'axe 3 et l'ensemble des collaborateurs ayant participé aux réflexions en particulier :

- J. Becquey
- C. Négrignat
- P. Léchine
- J.-B. Wokan
- M. Baumeister
- R. Drouhin
- A. Guerrier
- G. Cousseau
- Ch. Pichery

Bibliographie

- Cano B., & Cousseau G., 2013. *Guide d'aide à la décision pour la gestion des frênaies menacées par la chalarose en Hauts-de-France*.
- Gauquelin X. et al. 2010. *Guide de gestion des forêts en crise sanitaire*. CNPF-IDF, ONF, INRA.
- Goudet M. & Piou D., 2012. *La chalarose du frêne, que s'ait-on ?* Revue Forestière Française (LXIV).
- Herman M., Delehay L., Claessens H., Chandelier A., & Marchal D., 2015. *Note de référence pour la gestion du frêne dans le contexte de la crise liée à la chalarose*. Forêt.Nature.
- Jactel H., Brockerhoff E., Piou D., 2008. *Le risque sanitaire dans les forêts mélangées*. Revue Forestière Française (LX), pp. 168-180.
- Kowalski T., & Holdenrieder O., 2009. *The teleomorph of Chalara fraxinea, the causal agent of ash dieback*. Pathol(39), pp. 304-308.
- Sardin T., Chopard B., Clusmann J.-M., Coisne P., Cours J., Declochez G., Zahnd E., 2017. *Les frênaies chalarosées - Guide de gestion*. ONF.

Résumé

Les enseignements désormais disponibles sur la chalarose permettent de bâtir une stratégie de gestion nationale, cœur du projet *Chalfrax*, dont l'aboutissement est planifié fin 2019. L'analyse du risque prévoit de réunir les prescriptions et conseils dans un guide national de gestion à destination de la forêt privée. Cet ouvrage proposera des outils d'aide au diagnostic et à la décision robustes et éprouvés. Des recommandations de gestion sont déjà de rigueur dans certains contextes sinistrés.

Mots-clés : Chalarose, stratégie, risque, gestion, diagnostic, expertise, prescriptions.

Chalfrax

La force de frappe d'une filière face au défi de la chalarose

Par Olivier Picard*, CNPF et Benjamin Cano**, CNPF-CRPF Hauts-de-France,

** chef de projet
Chalfrax

* directeur national
Recherche-
Développement-
Innovation

Selon cette métaphore appropriée, nous sommes désormais capables de décrire précisément « l'avarie du navire » que le frêne représente à l'échelle nationale. Nous pouvons affirmer que celui-ci « sombre » inévitablement, **mais plutôt lentement**. Cette marge de manœuvre nous permet d'inviter « les passagers à rejoindre les chaloupes de sauvetage », en veillant à « évacuer les femmes et les enfants d'abord », tout en évitant les mouvements de panique injustifiés et dommageables pour tous... En outre, la perspective de pouvoir bâtir « un nouveau vaisseau », fort de l'expérience vécue ici, est bien inscrite dans les prérogatives de ceux qui ne se contentent pas d'exploiter, mais de gérer durablement une ressource patrimoniale.

Les impacts sans précédent provoqués par la chalarose nous imposent d'avancer en livrant de manière de plus en plus réactive les clés nécessaires à traverser cette crise dans les meilleures conditions. Pour relever ce défi, qui ignore les limites administratives, les synergies partenariales dans les domaines de la recherche, de la gestion forestière, et la valorisation économique, apparaissent plus que jamais nécessaires et opportunes.

Chalfrax incarne la possibilité de fonctionner ainsi. Les travaux initiés dans le cadre de ce projet nous permettent de disposer d'une expertise suffisante pour proposer les premières prescriptions concrètes au profit de la filière. Le projet *Chalfrax*, c'est enfin une manière éprouvée de partager les connaissances et délivrer un discours, dont le contenu fait consensus au sein de ses partenaires. Retenons par exemple que, même bien cachée, la résistance génétique représente l'opportunité d'offrir au frêne un avenir à nos côtés, si tant est que l'on se donne les moyens de la saisir.

La chalarose et la notion de « risque » nous rappellent également qu'il est essentiel de

diversifier les essences au sein de nos forêts: la luxuriance fréquente de la régénération naturelle du frêne avait probablement conduit bon nombre de sylviculteurs à des solutions de facilité dont il faudra désormais s'abstenir, en évitant les pièges d'un opportunisme parfois tentant.

En somme, nous disposons aujourd'hui de résultats consistants et inédits, dont certains



B. Cano © CNPF



Futurs outils devant alimenter le guide national à la fin du projet Chalfrax

éléments clés alimentent déjà les ébauches de la stratégie, qui sera disponible en 2020. En perspective de cette échéance, un plan de déploiement est déjà en préparation se destinant à valoriser l'investissement conséquent. La gouvernance et l'organisation seront particulièrement réfléchies pour veiller à ce que les bénéficiaires de la stratégie adhèrent et s'approprient les méthodes promues. Observatoire, formations, réunions de sensibilisation, supports de communication, applications numériques, sont autant de livrables envisagés qui se destineront à apporter des réponses les plus pragmatiques possible à la communauté forestière. Grâce à son caractère concerté et son envergure nationale, la traduction de cette stratégie en mesures de politique forestière représente également une cible que le partenariat de Chalfrax compte bien viser. Qu'il s'agisse de mesures nationales ou de déclinaisons régionales, des dispositifs d'aides publiques à destination des propriétaires sinistrés deviennent désormais plus faciles à envisager, compte tenu de l'articulation déjà établie de la stratégie. À l'aube d'une sortie de crise désormais accessible, nous pouvons

nous réjouir d'avoir pu observer un tel degré de mobilisation des acteurs de la filière forêt-bois. Chercheurs, propriétaires-sylviculteurs, gestionnaires, opérateurs économiques ou encore acteurs de l'aménagement des forêts publiques et privées ont su conjuguer leurs compétences dans l'intérêt général de la forêt et de tous ceux qui en jouissent, nous léguant l'héritage d'une expérience certes douloureuse, mais également précieuse pour affronter l'avenir. ■

Le projet Chalfrax bénéficie du soutien financier de nombreux partenaires.



Comment inciter au reboisement



Par Xavier Jenner, CRPF Île-de-France – Centre – Val de Loire

Quels seraient les leviers économiques pour inciter les propriétaires au renouvellement de leur peuplement ? Un mécanisme adapté de mécénat environnemental ou carbone pourrait compléter des itinéraires aux coûts maîtrisés, afin de rendre l'investissement forestier davantage rentable.

La « journée de la filière du reboisement » s'est tenue en avril 2018 à Courances en Essonne. Cette réunion de concertation est organisée par le groupe des reboiseurs de l'Union nationale des entreprises du paysage (UNEP). Toutes les sensibilités du monde forestier sont représentées : France-Bois-Forêt, Fransylva, les CRPF, des experts, des coopératives, des pépiniéristes, les communes forestières représentées par la FNCofof, PNR¹, Reforest'action², l'ONF, et les reboiseurs bien sûr. Les plantations agroforestières remarquables réalisées sur le domaine du château de Courances sont présentées l'après-midi.

Un constat partagé d'inquiétude sur le renouvellement de la forêt

Les acteurs de la filière constatent le vieillissement et la dégradation des peuplements, également la réticence des propriétaires privés comme publics à les améliorer. Pourtant, il est nécessaire d'investir dans l'amélioration des boisements à fin économique, seule motivation raisonnable, pour elle-même, et aussi parce qu'elle peut aussi supporter les autres enjeux coûteux de l'amélioration du cadre de vie : paysage et biodiversité.

76 millions de plants ont été vendus en 2017³, avec une progression de 4 % sur 2016. Le pin maritime représente 59 % des plants produits en France, en tête des reboisements, suivi par ordre décroissant du douglas, du chêne sessile, de l'épicéa, du pin taeda. Les essences de feuillus baissent de 7 % avec 7,9 millions de plants vendus⁴. Cependant les surfaces reboisées restent insuffisantes pour assurer le renouvellement attendu de la forêt.

Les freins explicatifs fréquemment évoqués sont :

- ➡ des règles de plantation imposées par la technostucture trop restrictives et compliquées ;
 - ➡ les concitoyens et les communes réticents aux coupes de bois.
- Hormis le DEFI⁵ travaux, le constat du désengagement de l'État est préjudiciable pour la filière à long terme⁶. Le syndicat des Forestiers privés, Fransylva, par l'exposé de Luc Bouvarel⁷, pose bien la problématique :
- ➡ des risques sanitaires grandissants sur une forêt vieillissante,
 - ➡ une déception sur les montants des recettes, notamment celles des produits des plantations FFN,
 - ➡ le prix moyen du bois restant bas avec hausse du coût salarial en effet ciseau,
 - ➡ l'accroissement de la population de grands animaux,
 - ➡ les contraintes dues aux réglementations administratives liées au reboisement et les contraintes environnementales...

Tous ces freins se cumulent et obligent à trouver et à mettre en place une nouvelle motivation collective.

¹ Parc naturel régional.

² Entreprise pour la reforestation en France et dans 15 pays, grâce aux dons de particuliers et d'entreprises.

³ Cela équivaldrait à 50 000 à 60 000 ha de plantation. L'IFN recense 180 000 ha de plantations monospécifiques hors peupleraies de moins de 5 ans, soit en moyenne 36 000 ha/an (IF N° 40-mai 2017).

⁴ Résultat de l'enquête statistique annuelle sur les ventes de plants forestiers en France, campagne 2016-17 : agriculture.gouv.fr/statistiques-annuelles-sur-les-ventes-de-graines-et-plants-forestiers.

⁵ Dispositif d'encouragement fiscal à l'investissement en forêt.

⁶ Voir encadré page suivante.

⁷ Directeur de Fransylva, Forestiers privés de France.



La journée reboisement de l'UNEP, en salle lors de l'exposé de Luc Bouvarel (Fransylva).

Maud Thisse © UNEP



⁸ Experts forestiers de France.

Les gestionnaires, par la voix de Philippe David (EFF⁸), regrettent le manque de connaissance et de compréhension du cycle naturel de la forêt pour nos concitoyens. Ils dénoncent également les coûts maintenus trop faibles pour rémunérer correctement les entreprises. Le déficit de reboisement dépend surtout de la valorisation insuffisante des produits des coupes, qui ne permettent plus de supporter le réinvestissement à long terme que sont les frais de replantation, et en particulier pour les feuillus. La palette des essences possible en raison du changement climatique se réduit avec les retraits du frêne pour cause de charlarose et du merisier pour cause de marché du bois inexistant, ce qui devient préoccupant. Face à ce constat général, Cyril Le Picard⁹ souligne le besoin de concertation et d'unité au sein de la filière encore trop divisée, concertation nécessaire pour que chacun, à son niveau, mobilise son entourage. Malgré tout, il faut avoir des réussites à montrer.

« La forêt doit être rentable »

Régis Rolland, président des reboiseurs de l'UNEP, rappelle que la forêt est un investissement à long terme qui doit être rentable, même s'il est difficile de se projeter sur 50 ans ou plus pour le propriétaire.

Des pistes de financement sont évoquées :
 ►► trouver des mécènes et des investisseurs, notamment pour des compensations RSE¹⁰,

Le groupe réuni par l'UNEP autour des plantations agroforestières de Courances.



X. Jemmer © CNPF



X. Jemmer © CNPF

⁹ Ancien président de France-Bois-Forêt et de CoForOuest

¹⁰ Responsabilité sociale environnementale.

- développer des actions partenariales entre le public et le privé,
- raisonner à l'échelle des territoires ; à ce titre, le rôle des régions se met en place avec de nouveaux modes de fonctionnement en soutien direct au développement économique ; cela s'appuie sur la dynamique actuelle de construction de nouveaux logements.

En savoir⁺

⁶ Une nouvelle aide nationale à l'amélioration des peuplements forestiers pour favoriser le renouvellement en qualité et en quantité des peuplements, a été inscrite par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation au volet « agricole » du Grand Plan d'Investissement (GPI) 2018-2022. L'objectif de cette aide nationale à double performance économique et environnementale est de :

- encourager les investissements sylvicoles pour améliorer la qualité des peuplements à moyen et long terme ;
- favoriser le développement d'une ressource en bois en adéquation avec les besoins des industriels ;
- inciter les propriétaires forestiers à entreprendre le renouvellement des peuplements de faible valeur économique et environnementale ;
- préparer les forêts aux conséquences du changement climatique et des conditions sanitaires évolutives ;
- maximiser la séquestration de carbone par les arbres.

Ce dispositif, adossé au Fonds stratégique de la forêt et du bois (FSFB), est doté de 4 M€ pour 2018. Il doit concourir à la création de valeur et d'emploi, objectif central du programme national de la forêt et du bois (PNFB), en mobilisant et en gérant durablement la ressource forestière. Complémentaire aux mesures des programmes régionaux européens FEADER et du dispositif « Dynamic Bois » de l'Ademe, cette mesure sera déclinée en région en privilégiant la mutualisation des moyens apportés par chaque co-financeur.

Les propositions s'articulent sur 2 axes : le financement et les économies

Mobiliser la société civile par du mécénat environnemental ou carbone : ainsi la création d'un label Carbone¹¹ pourrait financer des boisements à hauteur de 2 000 €/ha. Depuis 2014, ces dispositifs ont collecté plus de 3,8 millions d'euros, soit 3 millions d'arbres plantés pour 2 500 ha renouvelés. Pourraient être mises en œuvre également la rémunération des services environnementaux, la contractualisation avec les industries forestières... Des économies doivent aussi être trouvées lors du reboisement. Rechercher des itinéraires plus économiques comme mélanger plantation et régénération naturelle avec la nécessité de s'engager sur des suivis sans faille. Fransylva défend des outils fonctionnels tels que le Plan simple de gestion concerté pour regrouper des chantiers plus importants et ainsi réaliser des économies d'échelle. La pérennité des dispositifs tels que le DEFI⁵ est aussi défendue par Fransylva. Les

Reboiser pour dépolluer

Dans le Val d'Oise, près de Pontoise, un million d'arbres seront bientôt plantés sur environ 1 350 ha d'ici 2 ans. Porté par le syndicat mixte d'aménagement de la Plaine de Pierrelay-Bessancourt, ce projet d'aménagement forestier réhabilitera un territoire dégradé. Autrefois boisée, cette plaine est devenue, à la fin du XIX^e siècle, une zone d'épandage d'eaux usées de la capitale, sur laquelle s'est développée une intense activité maraîchère. La découverte de pollution des sols par des métaux lourds a remis en question la vocation agricole du site. La nouvelle forêt permettra de requalifier ce territoire en lui offrant une nouvelle image. Labellisé Grand Paris en 2012, cet espace naturel sera ouvert à tous et répondra à de nombreux défis environnementaux. Informations sur : Smapp-foret.fr ou val-doise.gouv.fr

experts estiment que le changement climatique est, pour les reboiseurs, une opportunité pour développer des espèces et des variétés plus adaptées. La nécessité de réduire les populations de gibier pour atteindre l'équilibre sylvo-cynégétique fait consensus auprès des acteurs présents. Car les protections contre le gibier représentent un surcoût conséquent relativement réhibitoire. L'interdiction récente de traitement chimique, dont l'usage est pourtant non-significatif au regard de la durée d'un peuplement, impose la substitution par des travaux mécaniques plus coûteux à la mini-pelle par exemple.

Enfin, il est réaffirmé que les forestiers doivent s'impliquer dans l'aménagement du territoire et participer à l'élaboration des documents d'urbanisme afin que leurs besoins, la déserte notamment, ne soient pas oubliés.

Le chantier d'agroforesterie de Courances

Le chantier d'agroforesterie sur le domaine de Courances est financé par l'Agence de l'eau Seine-Normandie. Dans la plaine de Courances, les sols ont été appauvris par une exploitation intensive en grande culture. L'association *Agrof'ile* a aménagé avec l'entreprise Naudet, 70 ha en agroforesterie et restauré 70 ha en haies par le biais de chantiers participatifs. Les plantations, d'axe nord-sud, ont un espacement des lignes de plantation de 38 m à 40 m et 6 m entre les plants soit 42 plants par ha. Le coût de revient s'est élevé à 28 €/plant. L'intérêt agronomique de l'arbre est démontré : optimisation de la surface pour

diversifier les productions agricoles, amélioration des sols, stockage de CO₂ sur la parcelle agricole, accueil des auxiliaires de culture et insectes pollinisateurs. La bonne optimisation entre la densité d'arbres et le type de culture est de se rapprocher du fonctionnement biologique d'une lisière de forêt.

En conclusion de cette journée de concertation organisée par l'Unep, les acteurs s'accordent sur la nécessité d'augmenter notablement les surfaces reboisées, afin d'assurer les volumes de bois nécessaires aux générations futures et à l'économie française. Ils affirment aussi que l'investissement forestier privé ou public doit être soutenu par des aides conséquentes en regard de la durée d'investissement pour assurer la pérennité de la forêt française. ■

¹¹ Label Bas Carbone

Le LABEL Bas Carbone est le nouveau référentiel pour la réalisation de projets de séquestration du carbone, il sera publié à l'automne par le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES). Les actions de compensation carbone volontaire de particuliers, d'entreprises ou collectivités dans des projets de séquestration de carbone additionnel, via des itinéraires de sylviculture adaptée ou dans des produits bois seront ainsi quantifiées et validées par ce label. Ce référentiel est conçu et rédigé par I4CE, en partenariat avec le CNPF et le GIP Massif Central. Le CNPF a rédigé les trois premières méthodes forestières (de quantification du carbone dans les projets), qui seront annexées au Label en fin d'année, après leur validation par le MTES.

Contact : olivier.gleizes@cnpf.fr

L'UNEP regroupe 29 100 entreprises adhérentes, aux activités diverses parmi le reboisement, le génie écologique, l'éco-pastoralisme... Le président Régis Rolland du groupe des reboiseurs est membre du conseil d'administration de France-Bois-Forêt. Un fascicule regroupant les règles des travaux de plantation forestière est disponible auprès de l'UNEP :

www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/regles-professionnelles/les-regles-parues/n-c-2-r0-travaux-de-plantation-forestiere



Reproduction d'un article paru dans Forêt • Nature

Anoures et urodèles

Reconnaissance rapide de nos principaux batraciens

Laurence Nivelles

Stagiaire Forêt Wallonne asbl

La période de migration des batraciens bat son plein et avec elle les opérations de sauvetage. Cette clef de détermination des principaux batraciens permettra aux curieux de reconnaître facilement les différentes espèces rencontrées.

La fin des gelées hivernales annonce le réveil des batraciens et leurs migrations annuelles vers les sites de reproduction. Cette période est l'une des plus critiques de leur cycle de par la traversée de nombreuses routes et les mortalités abondantes qui en découlent. Afin de limiter cet impact, les automobilistes sont invités à limiter leur vitesse et, pour les plus motivés, à participer aux actions de sauvetage des batraciens organisées un peu partout en Wallonie. Mises en place par Natagora, ces opérations permettent chaque année de sauver des dizaines de milliers d'individus. Intéressé ? Découvrez les opérations proches de chez vous sur batraciens.be

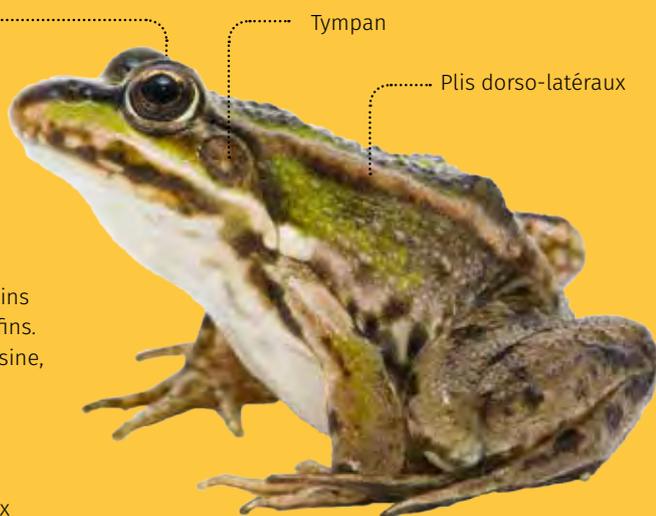
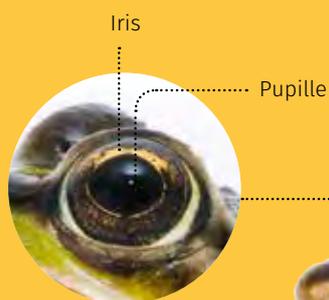
Les espèces les plus fréquentes lors des opérations de sauvetage sont le crapaud commun et la grenouille rousse. Les grenouilles ont la peau lisse et brillante

et se déplacent en sautant. Les crapauds ont la peau rugueuse et couverte de pustules, et se déplacent en marchant.

D'autres espèces que celles reprises ici sont présentes en Wallonie mais l'état de leur population est tel que leur rencontre est très hypothétique. Citons, par exemple, le sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*), le pélobate brun (*Pelobates fuscus*) ou encore la rainette verte (*Hyla arborea*). Les individus de cette dernière espèce, présente sporadiquement, sont tous issus de réintroduction.

Pour en savoir plus :

- batraciens.be
- biodiversite.wallonie.be



Glandes parotoïdes

Glandes sous-cutanées à excrétion externe situées sur le dos, le cou et les épaules de certains crapauds et les salamandres.



Précautions à prendre

- Manipulation avec des mains humidifiées ou des gants fins. Utiliser un contenant (bassine, seau) avec un peu d'eau.
- Désinfection des bottes et ustensiles si changement d'endroit.
- Éviter de se frotter les yeux après manipulation.

Ligne médio-dorsale



Grenouille rousse

Rana temporaria

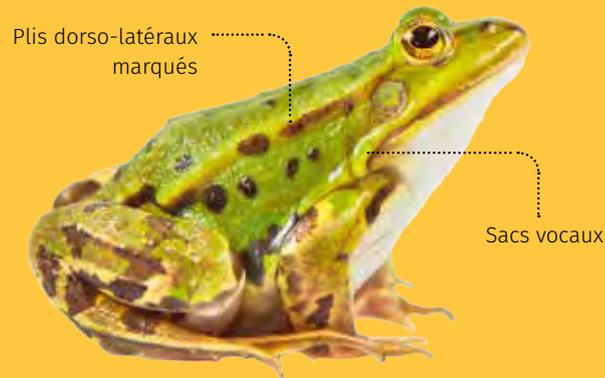


Grande tache
sombre

- Adulte : 6 à 10 cm de long
- Couleur de fond souvent variable (brun à roux)
- Face ventrale claire
- Grande tache sombre du museau au bas du cou, tympan compris dans la tache
- Iris doré et pupille horizontale
- Diamètre du tympan inférieur à celui de l'œil
- Œufs : pondus en amas, noirs au-dessus et blancs en dessous, 2 à 3 mm de diamètre
- Statut : non menacé

Grenouilles vertes

Rana lessonae, R. esculenta



Plis dorso-latéraux
marqués

Sacs vocaux

- Adulte : 8 à 12 cm de long
- Museau assez pointu
- Yeux rapprochés sur le dessus de la tête
- Tympan bien visible
- Peau lisse
- Couleur de fond variable
- Souvent présence d'une ligne médio-dorsale jaune ou verte
- Statut : inconnu

Crapaud commun

Bufo bufo

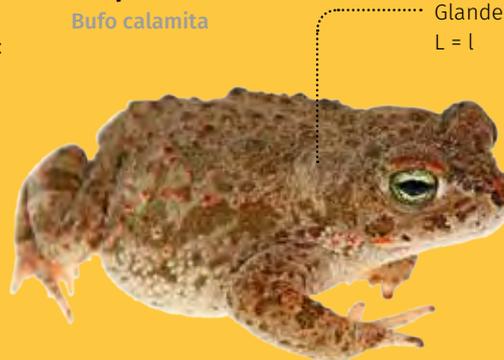


Glandes parotoïdes :
L = au moins 2 x l

- Taille : 8 à 10 cm pour les mâles, 11 à 15 cm pour les femelles
- Peau pustuleuse
- Deux grosses glandes parotoïdes **divergentes** prolongent la tête en arrière des yeux (s'écartent vers l'arrière)
- Face ventrale plus claire
- Iris rouge-orange-cuivré, pupille horizontale
- Œufs : deux cordons gélatineux parallèles, peuvent atteindre 3 m de long
- Statut : non menacé

Crapaud calamite

Bufo calamita



Glandes parotoïdes :
L = l

- Taille : 6 à 10 cm
- Dos présentant de nombreuses petites verrues
- Ligne dorsale jaune
- Glandes parotoïdes volumineuses, **parallèles**
- Iris jaune-vert, pupille horizontale
- Ponte : deux fins cordons, de 1 à 2 m, œufs noirs de petite taille (1 à 2 mm)
- Statut : en danger



Ventre uniforme

Triton alpestre

Triturus alpestris

- Taille : 7 à 10 cm
- **Ventre orange clair à rouge vif uniforme**
- Gorge peut également présenter quelques petits points noirs
- Mâle en période de reproduction : présence d'une crête dorsale jaunâtre maculée de nombreux points noirs
- Couleur : brunâtre, noirâtre, verdâtre ou grisâtre et présente souvent un aspect marbré
- Statut : non menacé

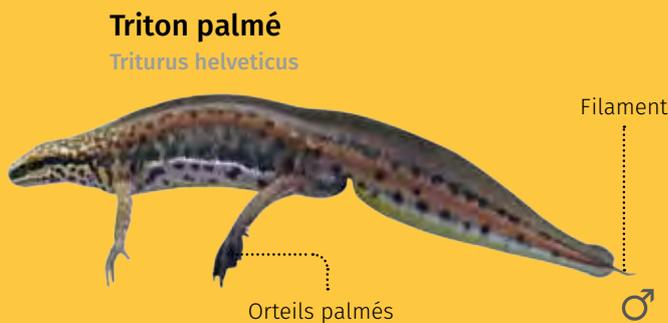


Ventre maculé

Triton crêté

Triturus cristatus

- Le plus grand de nos tritons (10 à 15 cm pour les mâles, 11 à 18 cm pour les femelles)
- Peau verruqueuse
- **En période de reproduction, haute crête dorsale dentelée (dents de scie) sur le dos qui s'arrête net au niveau du bassin**
- **Face ventrale jaune orangée généralement maculée de grosses taches noires irrégulières**
- Pointillées blancs ou clairs sur les flancs et la tête
- Pas de frange aux orteils
- Œufs ovales, verdâtres, et plus grands (2 mm à la ponte) que ceux des autres espèces de tritons
- Statut : en danger



Orteils palmés

Filament

- Taille : 5 à 9 cm (le plus petit)
- **Ventre blanchâtre à jaunâtre, souvent uniforme**
- Gorge presque toujours unie (rosée ou jaunâtre)
- Dos jaunâtre à brun-olive
- **Orteils palmés (palmure noirâtre)**
- **La queue se termine en un long filament**
- Lors de la reproduction, le mâle possède une basse crête dorsale rectiligne jaunâtre à brunâtre
- Œufs : petite taille généralement non accolés les uns aux autres
- Statut : non menacé



Triton ponctué

Triturus vulgaris

- 7 à 10 cm
- **Ventre blanchâtre, jaunâtre ou orangé (partie centrale), ponctué de petites ou grandes taches noires circulaires**
- Gorge souvent tachetée et avec un aspect « sale »
- Orteils avec replis de peau
- En période de reproduction, le mâle a une haute crête dorsale ondulée jaunâtre à brunâtre
- Œufs : petites tailles, généralement pondus dans la végétation aquatique
- Statut : non menacé

Salamandre terrestre

Salamandra salamandra



Queue
à section ronde

- Taille : 15 et 20 cm
- Aspect boudiné
- Corps entièrement luisant
- Corps noir avec deux bandes parallèles de taches généralement allongées, jaune citron vif ou plus rarement orangées. Ces taches peuvent parfois fusionner pour former deux lignes continues
- Queue cylindrique
- Statut : non menacé (mais risque sanitaire grave)

Alyte accoucheur

Alytes obstetricans



- Petite taille : max. 5 cm
- Forme trapue
- Uniformément gris ou gris-brun sur les parties supérieures du corps et des pattes
- Glandes parotoïdes peu développées
- Œil globuleux et grand, iris doré, pupille verticale
- Ponte : le mâle porte la ponte à la base du dos (18 à 80 œufs)
- Chant : note flûtée répétée à intervalle régulier
- Statut : non menacé

Grenouille rieuse

Rana ridibunda



- Taille : plus grande que les grenouilles vertes indigènes dont elle est peu différenciable
- Yeux rapprochés sur le dessus de la tête
- Pas de tache temporale sombre
- Iris doré et pupille horizontale
- Ligne médio-dorsale jaune ou verte
- Arrière des cuisses et aine blanchâtres ou grisâtres sans teinte jaune
- Chant caractéristique
- Statut : introduite, en extension

Amphibiens et reptiles de Wallonie

Jean-Paul Jacob *et al.*



Faune-Flore-Habitats n° 2
Éd. Aves-Rainne, DEMNA
384 p., parution 2007, 25 €

En vente sur :
foretwallonne.be/librairie

Envie de participer à une opération de sauvetage près de chez vous ?

Rendez-vous sur batraciens.be



Crédits photos (fotolia), Aliaksei Hintau (p. 72 bas, p. 75 haut droite), Eric Isselée (p. 72 haut droite, p. 74 haut gauche), emer (p. 73 haut gauche), creativenature.nl (p. 73 haut droite, p. 74 bas droite), anitastudio (p. 73 bas gauche), jesue92 (p. 73 bas droite), kikkerdirk (p. 74 haut droite), Erni (p. 74 bas gauche), vav63 (p. 75 haut gauche), cristi180884 (p. 75 bas).

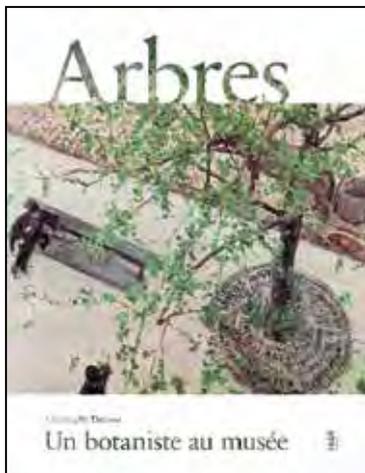
PARUTIONS

Nouveauté au catalogue de Noël des publications de l'IDF

Arbres, un botaniste au musée

Les peintres savent nous ouvrir les yeux sur la beauté des arbres, leur complexité, leur mystère et leur fragilité. Ils s'appliquent à les représenter, à les comprendre aussi, les penser et les sublimer. Les artistes troublent notre perception du vivant, dérangent parfois, mais expriment toujours un aspect de la réalité végétale. Chaque tableau de ce beau livre est une invitation à contempler un arbre, entier ou partiel, réel ou imaginé, figuratif ou suggéré, complété de son histoire, du sens et de l'émotion suscitée. Christophe Drénou, ingénieur CNPF-IDF et amateur d'art, constate que les connaissances botaniques, biologiques et écologiques ne suffisent pas toujours pour adopter une attitude respectueuse vis-à-vis des arbres. Pour ceux qui ne regardent plus les arbres, pensant tout savoir, il reste l'art pour nous émouvoir et nous émerveiller de leur beauté.

Éditions Fage, 23 x 30 cm, 176 pages reliées, 90 illustrations, 35 €, disponible au catalogue de l'IDF référence LI396.



Les plus vieux arbres

La photographe américaine Beth Moon est mondialement reconnue pour ses photographies d'arbres. Ce livre présente le fruit de nombreuses années de recherches à travers le monde, des montagnes américaines à l'île protégée de Socotra (Yémen), des temples d'Angkor Vat à l'Afrique du Sud. L'auteur a sublimé les plus vieux arbres du monde, témoignant de cet inestimable patrimoine à reconnaître et protéger à l'échelle mondiale. Les ifs, chênes, châtaigniers, oliviers, séquoias, baobabs ou pins au port tourmenté témoignent de leur longévité. Ce livre est un merveilleux hommage au monde végétal et un appel au secours pour le préserver.

Museo éditions, 104 pages, 29 x 29 cm, 34,50 €, www.museo-editions.com



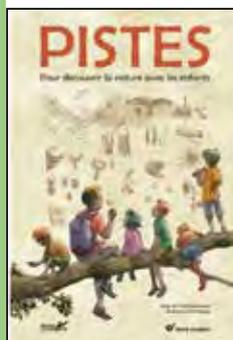
Architecture des plantes et production végétale, les apports de la modélisation mathématique



Pour comprendre la croissance des plantes et leur architecture, des modèles mathématiques sont construits grâce aux connaissances de la biologie et l'écologie végétale, des mathématiques et de l'informatique. La modélisation architecturale du développement de plantes, avec ses règles botaniques et écophysiologicals, est simulée pour reproduire fidèlement le développement et la croissance des plantes étudiées. Fruit de quarante années de recherche et de collaboration scientifiques d'équipes en France, Hollande, Chine et Afrique, cet ouvrage collectif s'adresse aux chercheurs, enseignants et étudiants en biologie, en agronomie et en science de la vie.

Éditions Quæ, Collection Synthèses, 360 pages, 24 x 16 cm, 79 €, disponible au format numérique sur www.quae.com

Pistes, pour découvrir la nature avec les enfants ou toutes les pistes pour amener les enfants dehors!



Ce livre est une invitation à redécouvrir la nature avec des activités simples et accessibles. Boîte à idées, pêche à la ligne, carte d'une auberge espagnole, malle aux trésors... Un guide ultra complet, avec les éléments indispensables à la lecture et à la compréhension de la nature, les informations nécessaires de pédagogie. Pour les parents, animateurs, enseignants, curieux de nature: le compagnon indispensable pour préparer sorties, randonnées et projets pédagogiques de découverte de la nature! Réédition en coédition avec les éditions Plume de carotte.

Éditions Terre vivante, 336 pages, 17,5 x 26 cm, 24 €, www.terrevivante.org

Le grand guide des champignons

Ce guide recense et décrit un millier d'espèces de champignons... De nombreuses clés d'identification aident à les reconnaître, grâce aux visuels et descriptions fondés sur les caractères distinctifs à retenir. Un livre pratique et simple d'utilisation, richement illustré de plus de 600 photographies, de dessins, de clés de détermination.

Éditions Ouest France, 448 pages, 23 x 16,5 cm, 29 €, www.editionsouestfrance.eu



Identifier 200 champignons comestibles ou toxiques

Un guide de terrain visuel et pratique en 1 000 photos, un classement organisé par type de champignons, 200 fiches signalétiques renseignent sur les principales caractéristiques, chaque espèce photographiée sous plusieurs angles et à différents stades de développement, des pictogrammes indiquent leurs qualités gustatives, les périodes et lieux de récolte.

Éditions Delachaux & Niestlé, 254 pages, 19 x 13 cm, 15,90 €, www.delachauxetniestle.com



Novembre - Décembre

GIP Ecofor - 25^e Anniversaire - Forum
« Accorder en forêt résilience, biodiversité et bio-économie : quelles recherches et innovations ? »

Le GIP Ecofor* organise un forum pour sa 25^e année, avec le thème « Accorder en forêt résilience, biodiversité et bio-économie : Quelles recherches et innovations ? » : trois conférences thématiques (téléchargeables sur le site) et une journée-débat :

→ **Quels climats et quelles forêts au XXII^e siècle ?**

par Valérie Masson-Delmotte ;

→ **La forêt : une chance pour la biodiversité ?**

par Bernard Chevassus-au-Louis ;

→ **8 novembre de 11 h à 13 h, à Paris** : La forêt pour construire le futur ? par Luc Charmasson ;

→ **14 décembre de 10 h à 17 h à Paris** : Accorder en forêt résilience, biodiversité et bioéconomie : quelles recherches et innovations ? Une 1^{re} table ronde avec Emmanuelle Bour-Poitral (CGAAER), Luc Charmasson (CSF bois), Bernard Chevassus-au-Louis (Humanité et Biodiversité), Denis Couvet (MNHN), Jean-Luc Dupouey (INRA), Andreas Kleinschmit von Lengfeld (FCBA), Myriam Legay (ONF), Maya Leroy (AgroParisTech), une 2^e table ronde faisant intervenir des membres du GIP Ecofor, consacrée à la recherche et à l'innovation pour la forêt.

* Groupement d'intérêt public Écosystèmes forestiers

www.gip-ecofor.org/

Du 16 au 24 mars 2019

Journée internationale des forêts

Proclamée par l'Organisation des Nations Unies, la Journée internationale des forêts est l'occasion de célébrer la forêt, l'arbre et le bois tous les 21 mars.

En France, **du 16 au 24 mars 2019**, des centaines de manifestations feront découvrir au grand public les différentes facettes et les richesses de l'arbre et de la forêt pour cette 6^e saison de la Journée internationale des forêts avec le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation comme partenaire.

Collectivités, associations, professionnels de la filière forêt-bois, particuliers, vous pouvez participer à la Journée internationale des forêts en organisant une manifestation ou en participant aux manifestations organisées près de chez vous.

Soutenue par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, la Journée internationale des forêts est une opération coordonnée par Teragir, membre de la Foundation for Environmental Education (FEE).

www.journee-internationale-des-forets.fr/



Journée internationale des forêts

FORÊT
• NATURE

LA REVUE TECHNIQUE
 CONSACRÉE À LA GESTION RÉILIENTE
 DES FORÊTS ET DES ESPACES NATURELS



- 4 numéros/an, 80 pages, format A4,
- Contenus adaptés aux gestionnaires forestiers et des espaces naturels,
- Des articles « découverte », « technique » et « pratique »
- Infographies, encarts et bibliographie renforcée pour approfondir le sujet
- Résumés, points forts, durée de lecture, tags
- Brèves, parutions, portfolio...

ABONNEZ-VOUS !

LIBRAIRIE.FORETNATURE.BE

info@foretnature.be | Tél. : +32 (0)84 22 35 70



FLORE FORESTIÈRE FRANÇAISE

La forêt abrite 72 % des espèces de la flore de France !

Fin
Novembre
NOUVELLE
ÉDITION
REVUE
ET AUGMENTÉE
FLORE TOME 1



 Ancienne couverture verte de la *Flore forestière française*, tome 1, Plaines et collines

Flore forestière française. Tome 1

Auteurs : G. Dumé
C. Gauberville
D. Mansion,
J.-C. Rameau

Éditions CNPF-IDF

Des espèces décrites et dessinées dans les moindres détails avec leur autécologie précisée (820 espèces font l'objet d'une fiche descriptive complète). **La réédition revue et considérablement augmentée** (de 672 pages, 551 nouvelles espèces) présente les nouveaux genres et espèces, leur autécologie, les nouvelles cartes de répartition à partir des données les plus récentes (un peu plus de 6 500 000 données réparties dans environ 390 000 relevés). Tome 1, Plaines et collines, 2 464 pages, format 14 x 20,5 cm.

Réf. : ID092

Prix : 69 €



 Montagnes

Flore forestière française. Tome 2

Auteurs : J.-C. Rameau,
D. Mansion,
G. Dumé

Éditions CNPF-IDF

Des espèces décrites et dessinées dans les moindres détails avec leur autécologie précisée (869 espèces font l'objet d'une fiche descriptive complète).

Tome 2, Montagnes,
2 432 pages,
format 14 x 20,5 cm.

Réf. : ID022

Prix : 69 €



 Région méditerranéenne

Flore forestière française. Tome 3

Auteurs : J.-C. Rameau,
D. Mansion,
G. Dumé,
C. Gauberville

Éditions CNPF-IDF

Ce tome 3 décrit 845 espèces des forêts et des milieux associés de la région méditerranéenne. Par ailleurs, pour chaque espèce, le nom provençal, languedocien, catalan ou corse est donné.

Tome 3, Région méditerranéenne,
2 432 pages,
format 14 x 20,5 cm.

Réf. : ID068

Prix : 69 €



 Plaines et collines

 Montagnes

 Région méditerranéenne

Promotion « DUO » : 119 €

pour 2 tomes de la collection « Flore forestière française »
Tome 1 + Tome 2 • Tome 2 + Tome 3 • Tome 3 + Tome 1

Promotion « TRIO » : 189 €

pour la collection complète « Flore forestière française »
une loupe botaniste vous est offerte

(frais d'envoi offerts pour les lecteurs de *Forêt-entreprise*)



Bon de commande à retourner avec votre règlement à l'adresse suivante :

CNPF- IDF, 47 rue de Chaillot, 75116 Paris. Tél. : 01 47 20 68 39, Fax : 01 47 23 49 20, courriel : idf-librairie@cnpf.fr,
chèque à adresser à l'ordre de « Agent comptable CNPF »

Commande en ligne sur www.foretpriveefrancaise.com → rubrique librairie → les publications de l'IDF

Nom..... Prénom.....

Adresse

Code postal..... Commune.....

Tél. Thèmes d'intérêt

Courriel

Désire recevoir « La Flore forestière française - Tome 1 » à 69 € (frais d'envoi offerts pour les lecteurs de *Forêt-entreprise*).

Désire recevoir « La Flore forestière française - Tome 2 » à 69 € (frais d'envoi offerts pour les lecteurs de *Forêt-entreprise*).

Désire recevoir « La Flore forestière française - Tome 3 » à 69 € (frais d'envoi offerts pour les lecteurs de *Forêt-entreprise*).

Désire recevoir « La promotion duo » à 119 € (frais d'envoi offerts pour les lecteurs de *Forêt-entreprise*). Tome 1 + 2 Tome 2 + 3 Tome 3 + 1

Désire recevoir « La promotion trio » à 189 € (frais d'envoi offerts pour les lecteurs de *Forêt-entreprise*).

Chèque bancaire ou postal à l'ordre de « agent comptable CNPF »

Total :€

Code IBAN : FR76 1007 1750 0000 0010 0066 428 SWIFT (BIC) : TRPUFRP1


CNPF
Institut pour le
Développement Forestier