

# Forêt & INNOVATION

La revue technique du CNPF



2023 | n° 5 - 9,50 €

*à vos côtés, agir pour les forêts privées de demain*

## Expertises et collaborations La santé des forêts mobilise

**Actualité**  
Recul de la productivité  
des forêts françaises

**Économie**  
Un itinéraire de « sylvitrufficulture »  
pour le nord-est

**Sylviculture**  
Un verger à graines de  
chêne rouge en Limousin



# Formation continue - STAGES 2024

L'Institut pour le Développement Forestier (IDF), le service Recherche & Développement du CNPF, est qualifié au titre des instituts techniques agricoles.

Son service IDF-Formation est certifié au référentiel national sur la qualité des actions concourant au développement des compétences professionnelles Qualiopi.



La certification qualité a été délivrée au titre de la catégorie d'action suivante : ACTIONS DE FORMATION

## QUELQUES DATES POUR 2024

- **La fiscalité en forêt : mode d'emploi**  
→ 29 au 30 mai 2024 à Valence dans la Drôme
- **Les habitats forestiers : de l'identification au diagnostic écologique mise en application dans le Jura**  
→ 4 juin (après-midi) au 7 juin au matin dans le Jura
- **Diversifier avec les feuillus à croissance rapide**  
→ 19 au 21 juin 2024 à Ottrott (67)
- **Les enjeux de la santé des forêts**  
→ 26 au 27 juin 2024 à Orléans (45)

## CHIFFRES CLÉS EN 2023 :

### Accueil



**358** stagiaires

sur **27** sessions  
soit

**381 h**  
de formation



Formation sur l'équilibre forêt-gibier - démarche Brossier-Pallu dans les Hautes-Alpes.

Olivier Martineau © CNPF

**Restez connecté nos prochaines dates 2024 arrivent prochainement sur notre site internet.**

Nos formations sont destinées aux professionnels du secteur forestier, et sont en majorité ouvertes aux propriétaires forestiers qui disposent d'une bonne pratique technique.

La formation sur mesure intra-entreprise vous permet de bénéficier des tout derniers fruits des travaux de recherche et développement de l'IDF.



Nos formations

<https://l.ead.me/bd1i6E>

### Renseignements et inscriptions :

07.65.18.88.23 – [idf-formation@cnpf.fr](mailto:idf-formation@cnpf.fr)

Rubrique « Se former, s'informer » sur [www.cnpf.fr](http://www.cnpf.fr)

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

Directrice de la publication  
**Anne-Marie Bareau**

Directeur de la rédaction  
**Thomas Feiss**

Comité de lecture

**Eugène Duisant**

**Thomas Formery**

**Bernard Héois**

**Martial Hommeau**

**Henri Lherm**

**Claude Mannevy**

**Geoffroy de Moncuit**

**Xavier Pesme**

**Éric Sevrin**

Rédacteur

**François d'Alteroche**

francois.dalteroche@cnpf.fr

Relecture

**Mireille Thollet**

Conception graphique

**Sophie Saint-Jore**

Mise en page

**Sophie Gavouyère**

Responsable Édition-Diffusion

**Christine Pompuognac**

Diffusion - abonnements

**François Kuczynski**

Assistante édition

**Marion Sentis**

Impression : Imprimerie

43 rue Ettore Bugatti

87280 Limoges

Tél. : 05 55 04 14 04



Périodicité : 6 numéros par an

Abonnement 2023

France: 50 € - étranger: 63 €

édité par le CNPF-IDF

Commission paritaire des publications et agences

de presse: n° 1024 T 08072

ISSN: 2970 - 359X - ISBN NUM : 978-2-38558-046-9

Siret: 180 092 355 004 52

Les études présentées dans Forêt & Innovation ne donnent que des indications générales. Nous attirons l'attention du lecteur sur la nécessité d'obtenir l'avis d'un professionnel avant toute application à son cas particulier. En aucun cas le CNPF-IDF ne pourrait être tenu responsable des conséquences - quelles qu'elles soient - résultant de l'utilisation des méthodes ou matériels préconisés. Cette publication peut être utilisée dans le cadre de la formation permanente. Tous droits de reproduction ou de traduction réservés pour tous pays, sauf autorisation de l'éditeur.

Dépôt légal: décembre 2023



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

Liberté  
Égalité  
Fraternité



Florent Gallois © CNPF



## L'arbre a besoin de la main de l'homme

**F**orêt & Innovation consacre ce numéro à la santé des forêts françaises dont il est fait le constat d'une productivité en baisse et d'une mortalité en hausse depuis dix ans.

Ainsi, la forêt devient moins efficace en termes de captation du carbone.

C'est en partie les conséquences des crises sanitaires, des aléas climatiques à répétition et des incendies. Les sécheresses fréquentes et marquées accentuent la dégradation de la santé de nos forêts et facilitent le développement de nouveaux pathogènes et par là même le dépérissement de nombreuses essences.

La surveillance et la veille de l'état sanitaire des peuplements sont assurés par le DSF (Département de la Santé des Forêts du ministère chargé des forêts) ainsi que par les correspondants observateurs du CNPF, de l'ONF et d'autres professionnels. Elles constituent dorénavant un enjeu de gestion et d'orientation des choix sylvicoles. La prise en compte de l'état sanitaire d'une forêt devient un élément incontournable du diagnostic et de l'analyse des risques. Il faut désormais le prendre en compte pour adapter la gestion à ceux identifiés dans son peuplement.

Face à ce besoin d'analyses multirisques, les scientifiques initient des programmes d'étude. Ils visent à une meilleure compréhension des interactions et interdépendances entre les écosystèmes et les facteurs biotiques et abiotiques conditionnant la santé des végétaux, mais également celle des hommes.

On peut encore espérer que la forêt soit résiliente dans les années à venir grâce aux travaux d'adaptation au changement climatique. Mais nous devons être vigilants sur nos pratiques et nos activités en forêt. Nous devons veiller à maintenir un équilibre par des interventions de gestion préventives en termes sanitaires et une gestion raisonnée en termes d'exploitation.

La lecture des articles de ce numéro montre à quel point l'arbre a besoin de la main de l'homme pour mener à bien le combat contre les agressions extérieures. C'est également elle qui permet à nos forêts d'assurer leur triple fonction : production d'une ressource durable et renouvelable, protection de l'environnement par une biodiversité préservée et réponse à la demande sociétale par les aménités apportées à la collectivité.

**Anne-Marie Bareau,**  
*Présidente du Centre national de la propriété forestière*





Alain Csakvary © CNPF

Examen de houppiers en futaie résineuse par Julien Blanchon, technicien dans la Loire pour la délégation AURA du CNPF.

Dossier du numéro 6 à venir :  
Analyse des nouvelles possibilités permises par les exosquelettes et les broyeurs montés sur mini-pelles pour l'entretien des plantations.

Abonnez-vous à

Forêt  
& INNOVATION

ou abonnez l'un de vos proches



Abonnement papier : 50 €/an  
(6 numéros) - (étranger : 63 €)

Abonnement numérique : 39 €/an  
(1 an + 2 ans d'archives)

Abonnement papier + numérique :  
60 €/an (étranger : 73 €)

• Offre découverte pour 1 an : 35 €  
pour tout nouvel abonné

• Offre étudiant, Cetef,  
Groupes de progrès, Conseillers  
CRPF : 35 €/an



Commande en ligne sur [librairie.cnpf.fr](http://librairie.cnpf.fr)  
Contact : [idf-librairie@cnpf.fr](mailto:idf-librairie@cnpf.fr) - 01 47 20 68 39

Philippe Gaudry © CNPF



## RUBRIQUES

p. 4 **ACTUS**

p. 8 **À LIRE/À VOIR**

p. 9 **DANS VOS FORÊTS**  
Chez Raymond Bellarbre en Haute-Vienne  
Un micro-débusqueur pour débarder,  
treuiller ou porter  
Pierre Beaudesson

p. 46 **SYLVICULTURE**  
Un premier verger à graines  
de chêne rouge en Limousin  
David Provost

p. 51 **ÉCONOMIE**  
Un itinéraire de « sylvitrufficulture »  
pour les sols calcaires du quart nord-est  
Alexandre Guerrier et Hugues Servant

p. 59 **FORÊT ET SOCIÉTÉ**  
La vision de l'arbre, au centre  
du débat sociétal sur la gestion  
forestière  
Première partie :  
L'arbre dans son écosystème  
Philippe Riou-Nivert

p. 65 **UNE PHOTO À L'HONNEUR**



## Expertises et collaborations : La santé des forêts mobilise

**p. 12 ■** Expertises et collaborations :  
la santé des forêts mobilise  
Milène Gentils

**p. 14 ■** Surveillance de la santé des forêts :  
historique, acteurs, stratégie  
Morgane Goudet

**p. 19 ■** 2015 à 2022 : les huit années  
qui ont changé la santé des forêts  
Fabien Carouille

**p. 24 ■** Les dispositifs pour contrer les invasions  
de bioagresseurs exotiques  
Claude Husson, Jérôme Gaudry, Emmanuel Kersaudy

**p. 30 ■** Qualifier plus fréquemment  
la dégradation des forêts avec DEPERIS  
François-Xavier Saintonge

**p. 34 ■** Risques multiples et santé des forêts  
Bernard Boutte

**p. 40 ■** Concept « One Health » :  
quelle place pour la santé des forêts ?  
Bernard Boutte

**p. 45 ■** Seconde édition du livre  
« La santé des forêts »



# Net recul en cinq ans de la productivité des forêts françaises

François d'Alteroche

**L'Institut Géographique National a dévoilé ses observations pour la forêt française au cours des dix dernières campagnes. Elles font état d'une mortalité en hausse et d'une productivité en baisse avec des nuances selon les essences concernées. Des résultats inquiétants d'abord liés aux évolutions du climat.**

« La mortalité a augmenté d'environ 80 % en 10 ans. Cela reste marginal dans la mesure où en forêt moins de 1 % des arbres sont morts, mais c'est quelque chose qui augmente de façon assez récente et inquiétante » explique l'Institut Géographique National (IGN) dans un document de synthèse<sup>1</sup> relatif à ses observations sur les forêts françaises. Les données de mortalité d'arbres et de branches, collectées sur le terrain en France métropolitaine par les observateurs de l'IGN, ont permis d'estimer à quelques 670 000 ha les surfaces de peuplements déperissants. « À titre de comparaison, cette surface équivaut à celle incendiée au cours des trente-cinq dernières années. »

<sup>1</sup> L'édition 2023 du mémento de l'inventaire forestier national est accessible en libre accès sur le site de l'IGN. (<https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique250>)

explique l'IGN en précisant que ce chiffre est probablement encore supérieur dans la mesure où les jeunes peuplements ne font pas l'objet d'une observation de mortalité de branches. De plus, les arbres malades sont le plus souvent abattus rapidement.

## Forte augmentation de la mortalité

Sur la décennie examinée, les conséquences du changement climatique (crises sanitaires forestières, sécheresses, prolifération de bioagresseurs, etc.) se traduisent par une très forte augmentation de la mortalité. Le volume d'arbres morts est passé de 7,4 millions de mètres cube par an ( $Mm^3/an$ ) entre 2005 et 2013 à 13,1  $Mm^3/an$  entre 2013 et 2021, soit une hausse de près de 80 % en dix ans.

Cette mortalité a ensuite été globalisée pour chaque essence. Certaines sont plus concernées que d'autres. « Le châtaignier a longtemps été l'essence présentant le plus de mortalité ( $1,5 Mm^3/an$ ). Depuis la crise des scolytes de 2018-2019, l'épicéa commun l'a dépassé ( $1,8 Mm^3/an$ ). Le frêne occupe la troisième place ( $1,2 Mm^3/an$ ), sa mortalité est également en très nette augmentation du fait notamment d'un champignon (chalarose). La mortalité augmente quelle que soit la nature des peuplements (pur ou mélangé). »

Les peuplements pour l'instant simplement déperissants représentent un volume de bois sur pieds de  $110 Mm^3$ . Présents un peu partout sur le territoire, ils sont plus fréquents dans la plaine d'Alsace, la Champagne crayeuse et la Beauce, les Corbières et les Pyrénées catalanes, ainsi que dans les Cévennes.

## Ralentissement des croissances

Une autre donnée clé issue des dernières observations de l'IGN concerne le ralentissement de la croissance des arbres. « En France

## L'inventaire forestier national en quelques mots

L'inventaire forestier national repose sur une méthode dite « en continu », adoptée en 2005 pour mieux rendre compte des évolutions plus rapides que connaissent nos forêts depuis les tempêtes de décembre 1999 et la sécheresse/canicule de 2003. Les principaux résultats de l'inventaire sont publiés chaque année à partir des données collectées sur le terrain pendant les cinq années précédentes. Près de 70 000 placettes, inventoriées de 2018 à 2022, sont mobilisées (dont 14 000 placettes observées en 2022). Depuis 2017, l'inventaire forestier national figure parmi les enquêtes à caractère obligatoire reconnues d'intérêt général et de qualité statistique (au même titre que les enquêtes de l'Insee). Une centaine d'agents, techniciens de terrain, photo-interprètes et experts de divers domaines recueillent et traitent les données. Ils s'appuient sur un ensemble de partenaires dont l'Office national des forêts (ONF), le Centre national de la propriété forestière (CNPFP), l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) et les services des mairies.



métropolitaine, la production biologique brute annuelle s'élève en moyenne à 87,8 Mm³/an sur la période 2013-2021, avec une incertitude statistique de l'ordre de 1,3 Mm³/an. Elle se répartit en 51,6 Mm³/an pour les feuillus et 36,2 Mm³/an pour les conifères. La production annuelle moyenne est de 5,4 m³/ha/an sur l'ensemble de la métropole. Les régions qui ont une production annuelle moyenne par hectare inférieure à la moyenne nationale sont principalement celles du pourtour méditerranéen. » Cette production annuelle moyenne est en recul de 4 % par rapport aux chiffres des années précédentes puisqu'elle était de 91,5 Mm³/an sur la période 2005-2013. C'est notamment lié à des conditions climatiques difficiles pour les arbres et propices à divers bio agresseurs. Et là encore, certaines essences sont plus concernées que d'autres. Pour avoir un état des lieux, le Labora-


toire de l'inventaire forestier (LIF) de l'IGN a fait une recherche, close en juin 2023, sur les tendances de croissance de 12 essences d'arbres dans des peuplements purs (où une même essence couvre 75 % du peuplement). Les essences les plus touchées par des baisses de croissance sont les conifères, notamment l'épicéa commun, essences ayant été largement implantées en plaine dans des contextes fertiles et chauds qui font actuellement face à un réchauffement et une baisse de la pluviométrie plus marqués.

### Progression du stock de bois sur pieds


Pour autant, le stock de bois sur pieds continue à augmenter dans la mesure où les surfaces occupées par la forêt continuent de progresser, associé à une croissance des arbres qui

**Investir à la plantation n'aura jamais été aussi rentable !**


- Bord incurvé**
- Paroi pleine et lisse**
- Prêt à l'emploi**
- Prédécoupe laser**
- Système de ventilation breveté avec l'INRA.**
- Double paroi alvéolée**




**Croissance optimisée ! Réutilisable !**




Protection gibier




Pose rapide




Favorise la photosynthèse



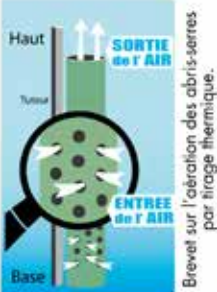
Ventilation




Protection mécanique




Repérage facile




Brevet sur l'abréviation des abris-serres par tirage thermique.




**Tuteurs acacia**  
1 m 50 / 22x22 mm

 Epoinette

 Section régulière

Naturellement classe 4

Infos : Matthieu Cherbonnier  
matthieu.cherbonnier@idelys-id.com  
T : 06 37 71 45 56



**TUTEURAGE & PROTECTION**

RETROUVEZ L'ENSEMBLE DE NOS PRODUITS SUR LE SITE [idelys-id.com](https://idelys-id.com)



La moindre productivité des forêts françaises est une des conséquences des évolutions du climat, se traduisant par des mortalités accrues dans les peuplements, associées à de moindres niveaux de croissance.

demeure supérieure au volume de bois récolté ou mort. En France métropolitaine, la forêt couvre actuellement 17,3 millions d'hectares, soit 31 % du territoire avec une progression de 21 % de ces surfaces au cours des trois dernières décennies. Simultanément, le stock de bois des arbres vivants présent dans l'ensemble des forêts de France métropolitaine a connu une très forte progression. Il est passé de 1,8 milliard de mètres cubes en 1985 à 2,8 milliards de mètres cubes aujourd'hui, soit une croissance de plus de 50 % en une trentaine d'années. « Cet accroissement de l'ordre d'un milliard de mètres cubes est plus fort pour les feuillus (+ 63 % du stock, soit près de 700 millions de m<sup>3</sup>) que pour les conifères (+ 39 %, soit près de 280 millions de m<sup>3</sup>). Il est continu dans le temps, avec une augmentation de 290 millions de mètres cubes de bois en forêt sur les dix dernières années » souligne l'IGN. Cependant, cette augmentation du volume tend à se réduire depuis quelques années. C'est lié

à la plus faible production biologique couplée à une mortalité et des prélèvements en augmentation. Mais seuls les deux départements de la Gironde et des Landes ont enregistré un recul de leur stock de bois sur pieds : conséquence des dégâts des deux tempêtes de 1999 et 2009.

### Un puits de carbone moins efficace

Dans les forêts métropolitaines françaises, les arbres forestiers vivants (branches et racines comprises) représentent un stock de 1,3 milliard de tonnes de carbone. Ce stock a crû de 17 % entre les périodes 2005-2009 et 2018-2022. Ainsi, chaque hectare de forêt française représente en moyenne un stock de 81 tonnes de carbone contre 73 sur la période 2005-2009. Cette évolution à la hausse du stock de carbone est communément appelée « puits » car les forêts en croissance ont la capacité de réduire la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère en le stockant sous forme de biomasse. Le puits de carbone est le reflet du bilan du flux de bois en forêt, qui correspond à la production biologique à laquelle on soustrait les prélèvements et la mortalité. Bien que le stock de carbone continue à augmenter, les résultats de l'IFN montrent depuis quelques années un ralentissement notable de cette dynamique, essentiellement lié à la multiplication des crises sanitaires combinées aux épisodes de sécheresse et de canicule. Ainsi, le puits s'est établi à 40 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an en moyenne sur la période 2013-2021, diminuant d'un tiers en une décennie.

Sur la période 2018-2022, face à l'ampleur de certaines crises comme celle des scolytes dans le Nord-Est, certains massifs présentent même des niveaux de mortalité et de prélèvement (liés notamment aux coupes sanitaires) supérieurs à la production biologique. Pour ces massifs, la forêt n'est plus un puits de carbone. Le bilan net entre les trois composantes des flux (production, prélèvements, mortalité) devient temporairement négatif. ■

Jérôme Rosa © CNPF





## Rectificatif

Un malencontreux oubli s'est glissé à la page 33 du numéro 4 de Forêt & Innovation. L'article inclus dans le dossier sur le rapport d'expertise sur les coupes rases et le renouvellement et intitulé « Incidences sur le bilan hydrique » a été co-écrit par trois auteurs : Frédéric Frappart, Denis Loustau, INRAE et Jean-Christophe Domec, Professeur en Gestion Durable des Forêts à Bordeaux Sciences Agro. Le nom de Jean-Christophe Domec n'était pas indiqué. Avec toutes les excuses de la rédaction.

## À lire

### Plantes sauvages comestibles en automne et en hiver

En 80 illustrations et 128 pages, cet ouvrage fait découvrir quelques 40 plantes sauvages qu'il est possible de récolter et de cuisiner. Cresson de fontaine, berce commune, orties, angélique des bois, achillée millefeuilles, lamiers, plantains... sont autant de végétaux susceptibles de donner une touche d'originalité associée à des saveurs nouvelles au contenu de nos assiettes. Cet ouvrage de Janine Hissel et Liesa Rechenburg peut contribuer à diversifier notre alimentation avec des plantes souvent largement présentes en forêt.

Paru aux éditions Ulmer et en vente 16,90 € sur le site de cet éditeur ([editions-ulmer.fr](http://editions-ulmer.fr))

## Le pouls de la Terre

Attentif au rythme des pas, au contact avec la terre et son environnement, Ernst Zürcher ingénieur forestier, docteur en sciences naturelles, raconte comment il a développé sa propre démarche pour mieux appréhender la nature et la place que nous y tenons. Au rythme d'une marche, il explique comment et pourquoi l'être humain et son environnement forment un tout. Il ne s'agit pas ici de spiritualité, mais d'un récit de 135 pages d'expériences personnelles enrichies par des études scientifiques. Ernst Zürcher est aussi docteur en sciences naturelles, professeur émérite et chercheur en sciences du bois à la Haute École spécialisée de Berne et chargé de cours à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Pendant 30 ans, il a travaillé à la mise en évidence d'une influence cosmique sur les arbres.

Paru aux éditions La Salamandre. ([boutique.salamandre.org](http://boutique.salamandre.org))

Louis Amandier © CNPF



Cette enquête atteste encore une fois que si la plupart des Français apprécie la forêt, ils la connaissent aussi très mal.

## Les Français méconnaissent la forêt

Une enquête a été réalisée par OpinionWay à la demande de l'UCFF<sup>1</sup>. Elle indique que si la forêt est appréciée des Français, elle n'en est pas moins méconnue.

« 74 % des Français estiment que la superficie globale des forêts de l'Hexagone a diminué au cours des deux derniers siècles. » révèle une enquête<sup>2</sup> réalisée par l'entreprise de sondage et d'étude politique OpinionWay à la demande de l'UCFF<sup>1</sup>. Une vision des choses passablement erronée dans la mesure où les surfaces occupées par la forêt ont pratiquement doublé depuis la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. Il y avait 8,9 millions d'hectares boisés en 1840 et le dernier inventaire de l'Institut géographique national (IGN) fait état de 17,3 millions d'hectares en 2022.

Autre donnée importante issue de cette enquête, « 53 % des Français croient savoir que les forêts françaises sont surexploitées » explique l'UCFF, et cette proportion est même de 65 % chez les 18-24 ans. Des avis là encore en totale contradiction avec les données de l'IGN (voir pages 4 à 6 de ce même numéro). Dans ces conditions, faut-il s'étonner que 52 % des personnes interrogées estiment qu'en France la récolte du bois détruit les forêts. Ce pourcentage grimpe même à 73 % pour la tranche des 18-24 ans. D'ailleurs, et toujours selon cette enquête, pour 44 % des Français la première action de gestion durable des forêts serait d'arrêter totalement la coupe des arbres. Et ce pourcentage est de 66 % pour les 18-24 ans !

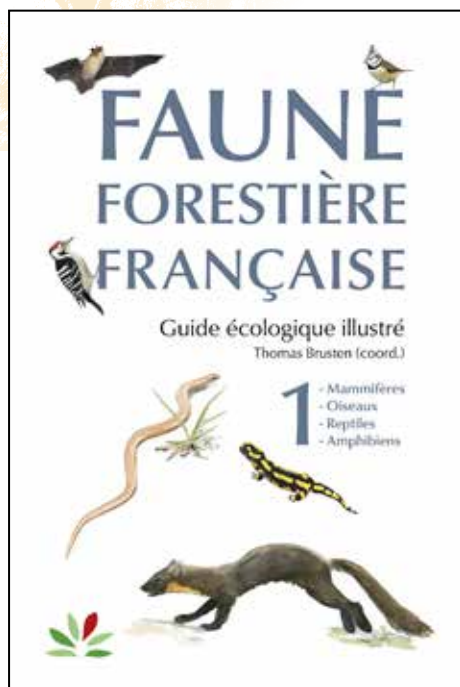
Une large majorité des personnes interrogées (74 %) identifie les incendies comme la principale menace pesant sur les forêts, et près de la moitié mentionnent également celles liées aux incidents météorologiques : sécheresse, évolution du climat, tempêtes.

Enfin, autre chiffre important issu de cette étude et attestant des mauvaises connaissances forestières de nos concitoyens : plus d'un quart des Français (27 %) estime « qu'il n'existe encore aucune conséquence visible du réchauffement climatique sur les forêts ».

<sup>1</sup> Union de la Coopération Forestière Française

<sup>2</sup> Enquête réalisée en septembre 2023 auprès d'un échantillon de 1026 participants, représentatif de la population française.

## VIENT DE PARAÎTRE FAUNE FORESTIÈRE FRANÇAISE, TOME 1 : VERTÉBRÉS UN LIVRE INÉDIT ET EXCEPTIONNEL



L'Institut pour le développement forestier (CNPF-IDF) vient de publier *Faune forestière française, Tome 1 - Vertébrés*, un livre magnifique, coordonné par Thomas Brusten. Il est l'aboutissement de plus de cinq ans de travail avec les meilleurs spécialistes.

### Guide écologique illustré

Ce livre de vulgarisation constitue une synthèse inédite sur la faune forestière de France métropolitaine. Il permet au lecteur :

- de **reconnaître** les animaux forestiers (principaux critères d'identification, dessins, cris et autres vocalisations grâce à des flashcodes) ;
- de connaître les grands traits de leur **biologie** ;
- de découvrir leurs **rôles et fonctions** dans les écosystèmes forestiers ;
- de comprendre les **facteurs écologiques** favorables à leur développement, notamment ceux en lien avec la gestion forestière ;
- d'appréhender leur répartition, **statut** et les principaux enjeux.

### Guide pratique et beau livre

Dans l'esprit de la collection *Flore forestière française*, ce livre comprend des chapitres introductifs sur chaque grand groupe faunistique et une fiche par espèce magnifiquement illustrée d'aquarelles, ainsi qu'un lexique complet et deux index (français et latin). Ce tome 1 présente l'ensemble des vertébrés forestiers, soient 237 espèces : mammifères, oiseaux, amphibiens et reptiles.

À la fois guide pratique et beau livre, la *Faune forestière française* s'adresse à tous les amoureux de la nature, forestiers ou non, professionnels ou amateurs, enseignants, étudiants...

### L'AUTEUR

**Thomas Brusten** est ingénieur à l'Institut pour le développement forestier (CNPF-IDF), spécialisé en écologie forestière. Il a coordonné et co-rédigé cet ouvrage, également écrit par certains des meilleurs spécialistes des vertébrés forestiers (issus de l'Office national des forêts et de l'Office français de la biodiversité).

**Denis Clavreul** (oiseaux) et **Jean Chevallier** (amphibiens, mammifères et reptiles) l'ont illustré d'aquarelles à la fois esthétiques et pédagogiques.

Un livre indispensable, à commander pour soi et à offrir...

### FAUNE FORESTIÈRE FRANÇAISE, Tome 1 - Vertébrés

Thomas Brusten (coordinateur)

Édition CNPF-IDF, 2023 - 640 pages, 16 x 24 cm, 237 fiches illustrées avec aquarelles - 49 €

[librairie.cnpf.fr](http://librairie.cnpf.fr)

[idf-librairie@cnpf.fr](mailto:idf-librairie@cnpf.fr)





# Un micro-débusqueur pour débarder, treuiller ou porter

Pierre Beaudesson, CNPF Nouvelle-Aquitaine

**En Haute-Vienne, Raymond Bellarbre poursuit son exploitation de bois de chauffage à 78 ans sans tracteur agricole. Ce propriétaire forestier utilise pour cela un micro-débusqueur conçu par ses soins pour répondre à ses besoins. Cette alternative aux gros engins est susceptible d'intéresser d'autres forestiers et des gestionnaires de parcs et jardins.**

**S**ylviculteur en Haute-Vienne, Raymond Bellarbre est notre « Géo trouvetou » local ! Notre inventeur est un forestier expérimenté, passionné de gestion forestière et de sylviculture à couvert continu. Sur ses parcelles, il veut une exploitation douce et surtout sans dégradation des sols, sans dégât aux arbres et sans coupe rase. Ancien patron d'un petit bureau d'études lié à l'industrie automobile, il est devenu propriétaire forestier à sa retraite. Et depuis, Raymond Bellarbre bûcheronne, débusque, fend, stocke et livre du bois de chauffage. Il est ainsi indépendant des éventuels prestataires, se « maintient en forme », et surtout améliore ses peuplements, essentiellement feuillus.

Comme l'utilisation d'un tracteur agricole muni d'un treuil n'est pas envisageable du fait de l'éparpillement de ses parcelles, ses déplacements se font en voiture avec sa remorque pour ramener le bois chez lui. De plus, le relief parfois accentué ne lui permet pas de s'approcher des bois coupés avec son 4x4. En 2015, Raymond Bellarbre a donc mis au point un micro-débusqueur équipé d'un moteur thermique qu'il déplace dans le coffre de sa voiture. Il en est à son second prototype, testé sur de nombreuses parcelles et dans des conditions diverses. Utilisé très régulièrement, ses voisins et amis font de plus régulièrement appel à ses services pour aller chercher des bois dans des conditions difficiles. De poids et d'encombrements réduits (58 kg pour 96 cm de long, 86,5 cm de large et 78 cm de haut), cet outil



Pierre Beaudesson © CNPF

Le treuil tourne à vitesse constante. La corde fait plusieurs tours morts sur le winch.

La corde est attachée à un arbre.

C'est la force que l'on met en tirant sur la corde qui fera que le treuil entraîne ou non l'ensemble.





Le chassis est en structure mécano soudé en tube acier d'épaisseur 1,5 à 2 mm pour assurer sa solidité. L'engin pèse 80 kg avec les chaînes et tout l'attirail et 58 Kg à vide. Avec le timon directionnel, il mesure 1,86 m de long, 1,10 m de large et 0,78 m de haut. Il peut donc être difficile de le faire rouler au pied des arbres à débarker surtout s'il y a du relief. Un projet d'une troisième roue avec moteur électrique permettrait d'accéder au pied des arbres sans effort. Cette roue se positionnerait sous le timon. L'outil est ici présenté équipé de la ridelle amovible « porte stère ».

En action pour tirer des perches. Malgré sa simplicité d'utilisation, en terrain accidenté, une personne expérimentée est nécessaire pour éviter les mauvaises surprises comme le renversement de l'outil. Actionné toujours à distance, hormis pour démarrer et couper le moteur, la sécurité de l'opérateur peut-être cependant garantie.



peut être transporté dans le coffre d'une voiture ou sur une remorque.

### **Un outil simple et robuste**

Avant de se lancer et de faire fabriquer un matériel répondant à ses attentes, Raymond Bellarbre avait d'abord défini un cahier des charges. Son outil devrait être d'un fonctionnement simple, d'un entretien facile et transportable dans sa voiture. Tous les composants hydrauliques et électroniques ont été écartés d'office.

La mission principale du micro-débusqueur est de venir au pied des arbres abattus et de les débarker en soulevant légèrement les bois tirés pour faciliter leur vidange. Il peut aussi, en s'arrimant à un arbre, être utilisé comme treuil fixe (photo page précédente). L'ajout d'une ridelle basculante permet de porter un petit stère tout en traînant en même temps un autre petit stère ou une grumette, ou des perches.

L'homologation et la certification sont programmées par son inventeur, ainsi que sa mise en vente. Avec les progrès sur les batteries, un outil tout électrique simplifierait l'entretien et apporterait un certain confort acoustique. ■





Le micro-débrousseur est un treuil autonome monté sur roues. Il se manie à la main, tel un transpalette. Un moteur 4 temps Honda de 2 chevaux (50 cm<sup>3</sup>) actionne un treuil (winch) pouvant tirer des perches, grumettes ou stères de bois pesant jusqu'à une tonne. Facile à installer et à manipuler, cet outil trouve tout son intérêt sur les parcelles à sols sensibles (zones humides, bord de rivière...), non accessibles aux tracteurs (parcs et jardins, espaces verts). Il est également bien adapté à des propriétaires valorisant eux-mêmes leurs parcelles et souhaitant travailler avec de très petits engins. L'outil de Raymond Bellarbre permet de slalomer entre les arbres et limite les impacts tant au sol qu'à la végétation.



Une ridelle amovible peut s'installer pour accueillir un petit stère de bois, ou porter des billons allant jusqu'à 2 mètres.



Un système de frein permet de descendre le mini-débrousseur dans les fortes pentes.




L'engin rentre dans le coffre de la voiture (un Land Rover discovery). Une rampe (2 planches) permet aussi de le monter aisément dans une remorque.

## En savoir +

Pour tout complément d'information :  
[be.bellarbre@wanadoo.fr](mailto:be.bellarbre@wanadoo.fr)





Inspection de houppiers de chênes  
au printemps dans une forêt des Deux-Sèvres.

Morgane Goudet © CNPF

# Expertises et collaborations : la santé des forêts mobilise

Milène Gentils, Cheffe du Département Santé des Forêts

**N**ous sommes tous, forestiers et citoyens, concernés et interpellés par les changements qui affectent les forêts à une vitesse sans précédent. La compréhension de ces phénomènes nécessite une expertise multidisciplinaire et le relais d'observateurs qualifiés sur le terrain afin de pouvoir éclairer les gestionnaires forestiers.

Créé il y a presque 35 ans au sein du ministère chargé de l'agriculture, le Département de la santé des forêts (DSF) assure une veille sur l'état sanitaire des forêts françaises et un appui aux gestionnaires et aux propriétaires forestiers publics et privés. Surveillance des organismes nuisibles, suivi des dépérissements forestiers, diagnostic, ou encore préconisation de gestion sont au cœur de ses missions. La collecte organisée des informations ainsi que leur archivage en bases de données constituent

la mémoire sylvosanitaire indispensable pour mieux appréhender les dynamiques et tirer les enseignements des crises passées.

Mais la caractérisation de l'état sanitaire n'est plus le domaine de spécialistes patentés, c'est devenu un critère majeur de gestion forestière. Il est donc important de partager des protocoles rigoureux et harmonisés pour assurer la qualité des données collectées. À ce titre, le protocole de notation « DEPERIS » déployé auprès des professionnels forestiers fait désormais partie des références pour asseoir les états des lieux au niveau régional ou national, en passant tous les massifs au même crible. C'est aussi le protocole retenu pour étayer, au plan sanitaire, un dossier de labellisation bas carbone ou de demande de subvention concernant des projets de plantation.

Le fonctionnement du DSF repose sur une

## Sommaire

- 14** Surveillance de la santé des forêts : historique, acteurs, stratégie
- 19** 2015 à 2022 : les huit années qui ont changé la santé des forêts
- 24** Les dispositifs pour contrer les invasions de bioagresseurs exotiques
- 30** Qualifier plus fréquemment la dégradation des forêts avec DEPERIS
- 34** Risques multiples et santé des forêts
- 40** Concept « One Health » : quelle place pour la santé des forêts ?
- 45** Seconde édition du livre : La santé des forêts



# DOSSIER

Dossier coordonné  
par François-Xavier Saintonge  
et Morgane Goudet



**François-Xavier Saintonge**

Expert en santé  
des forêts au sein  
du Département  
de la santé des forêts



**Morgane Goudet**

Chargée de mission  
au Département  
de la santé des forêts

coopération étroite avec des correspondants observateurs issus de différentes structures du monde forestier et il est conforté par les évolutions en cours. Dans un secteur où les ressources humaines sont comptées, l'union et la complémentarité des approches sont essentielles pour objectiver et faire face aux différentes menaces auxquelles la forêt est exposée sur de vastes étendues géographiques. En effet, ces dernières années, les arbres souffrent, malmenés par le changement climatique et l'introduction d'organismes nuisibles exotiques. Si les causes de dépérissement sont complexes et imbriquées, les facteurs de résilience le sont tout autant : le champ exploratoire est vaste et passionnant. Les exemples issus des publications scientifiques et des observations de terrain illustrent à la fois l'effet des aléas abiotiques (sécheresses, canicules, tempêtes, feux...) et des bio-agresseurs qui interviennent comme agents primaires ou secondaires dans le processus de dépérissement. Des situations endémiques peuvent rapidement se dégrader en épidémie avec une intensité, une ampleur géographique et des impacts écologiques et économiques dont les causes sont avérées : les anomalies en termes de durée, de répétition et de sévérité des sécheresses ou d'autres paramètres climatiques affaiblissent les arbres et favorisent le développement anormal de leur cortège de parasites. La gestion des risques qui menacent la forêt nécessite plus que jamais une approche globale. Au sein du ministère en charge de l'agriculture,

le Département de la santé des forêts est rattaché à la Direction générale de l'alimentation qui élabore et met en œuvre la politique du gouvernement français dans trois domaines principaux : la qualité et la sécurité sanitaire de l'alimentation, la santé et le bien-être des animaux, la santé et la protection des végétaux. Elle contribue à ce titre aux enjeux de santé publique et de protection de l'environnement, au cœur de l'approche « one health » (une seule santé). Ce concept se décline également au niveau de la santé des forêts : le continuum entre écosystèmes forestiers, lisières et milieux ouverts, entre nature et ville, nécessite d'élargir les analyses de risques, la surveillance et les échanges d'informations au-delà du secteur forestier. Bon nombre d'organismes exotiques peuvent en effet être introduits et s'établir dans des zones urbaines ou agricoles avant de se propager à la forêt. En outre, certains organismes nuisibles affectant des arbres peuvent avoir un impact sur la santé humaine et animale, comme les chenilles processionnaires du pin et du chêne. Plus largement, au sein de l'écosystème forestier, la santé de la faune est intimement liée à celle de la flore, à toutes les strates, depuis les horizons du sol jusqu'au sommet de la canopée.

Dans un contexte aussi complexe et évolutif, le renforcement des liens entre scientifiques et gestionnaires forestiers mais aussi la sensibilisation des professionnels, des élus et des citoyens à ces enjeux sont essentiels. C'est tout l'objet des publications présentées ci-après.

Bonne lecture ! ■



# Surveillance de la santé des forêts : historique, acteurs, stratégie

Morgane Goudet, chargée de mission au Département Santé des Forêts

**Surveiller l'évolution de la santé des forêts, qu'elles soient privées, communales ou domaniales est la fonction dévolue au Département de la Santé des Forêts. Cette surveillance est d'abord le fait des 270 Correspondants Observateurs, bien répartis sur l'ensemble du territoire métropolitain. Ils sont le contact local pour tous les problèmes observés en forêt ou tout questionnement des gestionnaires et propriétaires.**

**L**a forêt est-elle en bonne santé ? Cette question, essentielle à tout forestier ou propriétaire qui souhaite le bon fonctionnement de sa forêt et des services qu'elle rend, s'impose dès lors que celle-ci montre des signes de perturbations.

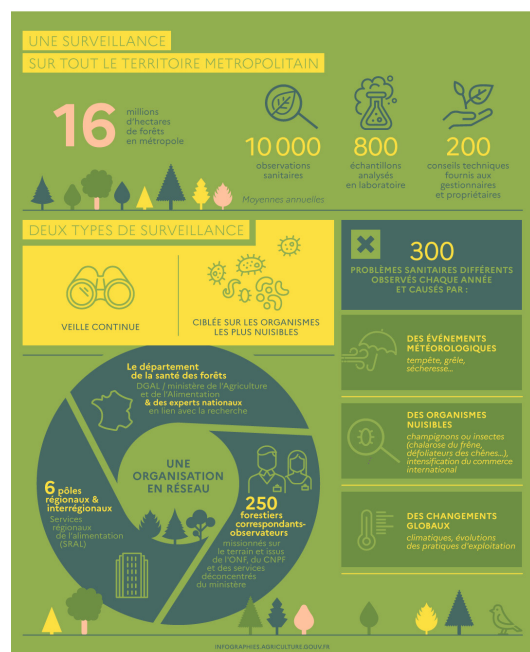
Par le passé, les forêts ont subi des événements sanitaires marquants, d'ordre abiotique<sup>1</sup> comme le gel exceptionnel de 1956 ou la sécheresse de 1976, et d'ordre biotique<sup>2</sup> comme les attaques épidémiques de bombyx de 1992 à 1995 ou l'introduction de parasites exotiques (graphiose de l'orme, chancre du châtaignier, encre du châtaignier...). Ces différents épisodes ont contribué à sensibiliser les acteurs de la

forêt à l'importance de prendre en compte la santé des arbres dans la gestion forestière.

Dans les années 1975-80, les inquiétudes, largement médiatisées, de mortalités massives de la forêt par les « pluies acides » et les premières constatations des dépérissements de chênes, ont imposé la nécessité de disposer d'un système structuré de suivi de la santé des forêts et d'en comprendre les composantes. De là est né le Département de la santé des forêts (DSF). À la fois original et économe dans son fonctionnement, le réseau du DSF a été créé en 1989 et conserve encore aujourd'hui sa structure originelle. Elle est fonctionnelle et efficace, puisqu'elle s'appuie sur des forestiers

**1 Abiotique :** qualifie un facteur écologique de nature physique ou chimique, agissant dans l'environnement, par opposition aux facteurs biotiques.

**2 Biotique :** qui est lié aux organismes vivants et aux différents processus dont ils sont responsables.



## ACTIVITÉ DES CORRESPONDANTS OBSERVATEURS

Dans leurs missions quotidiennes, ils :

- 1- surveillent la santé des arbres :** apparition de maladies, introduction de ravageurs, dynamique de progression, évolution des situations sanitaires...
- 2- diagnostiquent les problèmes** observés et identifient les risques sanitaires,
- 3- évaluent l'impact et quantifient les dommages,** mais aussi hiérarchisent les problèmes,
- 4- conseillent les propriétaires** et les gestionnaires.

L'activité des Correspondants-Observateurs (CO) est encadrée et animée par les permanents des 6 pôles régionaux ou inter-régionaux de la santé des forêts, qui sont localisés dans les DRAAF. Ces équipes d'ingénieurs et de techniciens appuient les CO dans leurs missions, délivrent des formations, coordonnent et programment les suivis et mettent en œuvre une stratégie nationale établie avec le bureau national du DSF à la Direction générale de l'Alimentation du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire.





1- Grands problèmes majeurs :  
quantifier et comprendre



2- Problèmes rares/absents  
Rechercher les organismes  
exotiques, réglementés et émergents



Tout problème anormal :  
La mémoire Sylvosanitaire

Ces problématiques sont en lien avec les deux grandes menaces sur la santé des forêts que sont le changement climatique et les bioagresseurs exotiques.

de terrain lesquels sont pour la plupart des salariés de l'ONF, du CNPF et de l'Administration. Formés au quotidien, ces forestiers, nommés Correspondants-Observateurs (CO), sont en 2023 plus de 270 sur l'ensemble du territoire métropolitain. À raison d'une trentaine de jours par an consacrés à la santé des forêts françaises, ils sont experts dans le domaine. Les CO représentent à la fois les « yeux » du réseau dans leur mission d'Observateurs de tout problème ou symptôme anormal en forêt et un « relais » en qualité de Correspondants ou de référents sur leur secteur d'activité. Nourris par des échanges pluri-organismes, de la forêt publique comme privée, ils sont le contact local pour tous les problèmes sanitaires observés en forêt ou tout questionnement des gestionnaires et propriétaires relatif à la santé des arbres. Cette stratégie se décline, en fonction des problématiques ciblées, selon 3 grandes catégories :

- **les problèmes majeurs bien identifiés** : les plus fréquents sur le territoire mais également les plus impactants en terme de mortalité ou de qualité des bois ;
  - **les problèmes rares ou absents du territoire** : qui nous interrogent, voire nous inquiètent ;
  - **tous les symptômes ou problèmes anormaux** : qui peuvent refléter un stress ou une perturbation plus ou moins dommageables à tout l'écosystème.
- S'ajoute un large suivi spatio-temporel qui permet de mesurer l'état de santé global et la **vitalité de la forêt** : il s'agit du réseau systématique de suivi des dommages forestiers (RSSDF).

Intégrer ces 4 dimensions permet de mieux orienter les actions de surveillance et d'optimiser l'efficacité du réseau. Ensemble, elles rendent compte de l'effet des deux principales menaces actuelles pour la santé des forêts : le changement climatique et l'introduction de bioagresseurs exotiques. Par an, le déploiement de cette stratégie correspond à environ 15 000 observations.

## 1- Quantifier et comprendre les grands problèmes majeurs

Un faible nombre de bioagresseurs est responsable de la plupart des dommages forestiers. Enregistrer leur présence à chacune de leur apparition n'aurait pas de sens. La chenille processionnaire du pin par exemple est un grand classique de nos pinèdes, elle a sa place dans l'écosystème. Le fait qu'elle soit présente en forêt ne nécessite donc pas d'être enregistré. En revanche, son évolution sur le territoire en lien avec le climat, un changement éventuel dans son cycle de vie, l'observation de nouvelles essences attaquées ou les années de pullulation sont des informations qu'il est important de consigner. En 1969, le premier réseau de suivi sanitaire français a vu le jour, il était consacré à la processionnaire du pin et géré par l'actuel INRAE. Aujourd'hui encore, l'insecte est suivi par le DSF et la mise en œuvre de sa surveillance passe par des outils spécifiques de suivis : protocole, échantillonnage, fiches d'observation... C'est le cas pour l'ensemble des problèmes majeurs qu'il suit. À chaque suivi, ses outils : la cyclicité de la tordeuse du mélèze

est observée par placettes lors des épidémies ; l'impact des défoliations sur chênes est estimé par quadrats de 250 km<sup>2</sup>, les échecs de plantations sont évalués par comptages de 100 plants sur 1000 plantations de l'année ; les dommages de scolytes sont quantifiés par télédétection...

### 2- Rechercher les organismes exotiques, réglementés ou émergents

L'introduction et la propagation de bioagresseurs exotiques sont des faits constatés en forêt depuis de nombreuses années, mais ces phénomènes sont en progression avec l'augmentation des échanges commerciaux mondiaux. Ils constituent de véritables perturbations mais sont difficiles à anticiper. Par exemple, l'introduction de la chalarose du frêne dans les années 2000 était totalement inattendue. L'impact de ces nouveaux bioagresseurs n'est pas évident à appréhender une fois installés : le coléoptère *Xylosandrus compactus* par exemple, très polyphage<sup>3</sup>, laissait présager de gros dommages mais, jusqu'à présent, il est finalement très peu agressif. À l'inverse, la deuxième introduction de graphiose de l'orme en 1970 n'a pas suscité de grande inquiétude au vu de la première introduction peu dommageable en 1920 et pourtant, liée à un champignon proche mais bien plus agressif, elle a éliminé une très grande majorité des ormes de France. Et que dire des derniers arrivés : cécidomyie du douglas, tigre du chêne, cochenille tortue des pins... C'est précisément le rôle du DSF que de suivre et comprendre leur comportement et leur impact sur nos forêts. Pour certains bioagresseurs, il est possible d'anticiper le risque et le danger qu'ils représentent (vulnérabilité connue de nos essences, organismes nuisibles déjà présents en Europe...). Le règlement de la santé des végétaux liste leurs noms et leur niveau de dangerosité. Le DSF participe activement à la Surveillance officielle de ces organismes nuisibles réglementés au niveau européen. Ils sont recherchés dans les zones à risque (pinèdes symptomatiques pour le nématode du pin ; chênes dépérissants pour *Bretziella fagacearum*, mélèzes sous climat océanique proche de l'Angleterre pour *Phytophthora ramorum*...), l'objectif étant de pouvoir lutter, le plus précocement possible en cas d'introduction en vue de leur éradication.

<sup>3</sup> Un insecte polyphage est susceptible de se développer sur plusieurs espèces différentes.

### 3- La veille sanitaire de tous les problèmes pour une mémoire sylvosanitaire

Tous les symptômes, problèmes, dommages sanitaires observés en forêt par les Correspondants Observateurs sont enregistrés dans la base de données du DSF. Ils peuvent être d'origine abiotique ou biotique. Chaque année, environ 4000 observations sont localisées et quantifiées, à travers une note de sévérité et un pourcentage de tiges touchées. Les CO diagnostiquent les problèmes le plus précisément possible. Dans cette démarche de diagnostic, le DSF bénéficie de l'appui de laboratoires d'analyses, en particulier pour les symptômes peu caractéristiques. Il existe près de 1000 problèmes différents dans sa base de données. Tous n'ont pas la même importance, fréquence ou gravité. C'est l'expertise des CO et des pôles qui les accompagnent, qui permet de hiérarchiser les problèmes, de repérer les anomalies et de signaler les événements de façon appropriée. Une forêt, même en bonne santé, montre des signes de perturbations (feuilles consommées, arbres morts, branches mortes...) qui sont dans la normalité de la vie d'une forêt. Le CO repère les anomalies comme les attaques excessives, les symptômes nouveaux, les dégradations rapides, les émergences... C'est ainsi qu'ont été découverts les premiers flétrissements sur frêne dus à la chalarose en 2008 en Haute-Saône, ou encore les premières mortalités de branches dans les mélèzes du Japon du Finistère touchés par *P. ramorum*.

### 4- Vitalité et santé globales de la forêt française

Depuis 1989, le DSF participe au réseau européen du suivi des dommages forestiers (RSSDF). Réparties sur l'ensemble du territoire français métropolitain, près de 600 placettes d'une vingtaine d'arbres sont installées en France tous les 16 kilomètres de manière systématique. 12 000 arbres sont notés chaque année pour témoigner de l'évolution de l'état de leur houppier et fournir des indicateurs de vitalité de la forêt. Différent des autres suivis du DSF, le RSSDF est statistiquement représentatif de la forêt française et rend compte de l'état de santé d'arbres, qu'ils soient malades ou non. Des données de déficits foliaires sont



disponibles depuis 1989, de mortalités de branches depuis 2005 et de DEPERIS depuis 2021 (voir pages 30 à 33 de ce dossier).

Depuis les années 2010, la santé des forêts est plus fortement fragilisée que par le passé. Le changement climatique et les bioagresseurs introduits menacent concrètement la résilience des forêts. La santé devient l'affaire de tous puisqu'elle conditionne les services rendus par la forêt, qu'ils soient écologiques, économiques ou sociétaux. Le rôle de puits de carbone est affaibli, la place de certaines essences est remise en cause... Connaître l'état de santé est devenu incontournable pour l'ensemble des acteurs de la forêt, ONF, propriétaires, gestionnaires, CNPF, IGN, DSF qui mesurent et suivent des indicateurs originaux et complémentaires dans leur mode d'échantillonnage, leur temporalité.

Sa longue expérience en santé des forêts permet au réseau du DSF de disposer de protocoles et d'outils directement utilisables par les gestionnaires, désormais obligés de s'impliquer dans l'évaluation et le suivi de la santé

de leurs forêts. Le protocole DEPERIS a ainsi été développé et se déploie désormais sur le réseau RSSDF, sur les 7000 relevés annuels de l'IGN, sur le réseau Renecofor<sup>4</sup>. Il est par ailleurs inscrit comme protocole d'« évaluation et suivi sanitaire des peuplements en forêts publiques » de l'ONF et intégré à la méthode de diagnostic du CNPF BioClimSol. En travaillant en partenariat, le DSF s'applique à généraliser des méthodes homogènes et optimisées, permettant des synergies entre protocoles et ouvrant la possibilité de synthèses à large échelle.

Partager largement ces synthèses est l'objectif de l'Observatoire des forêts françaises lancé par le ministre de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire et le ministre de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires en juillet 2023. L'espace de l'Observatoire consacré à la santé des forêts constitue un portail d'accès ([www.foret.ign.fr](http://www.foret.ign.fr)) aux données et aux informations. Le DSF est le référent sur les sujets sylvosanitaires : il valide les problématiques sur lesquelles il faut s'investir avec

**4 RENECOFOR** (Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers) est un réseau de 102 placettes permanentes réparties sur tout le territoire de la France métropolitaine. Il a pour objectif de détecter d'éventuels changements dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers et de mieux comprendre les raisons de ces changements.





ses partenaires lors d'un Comité d'Orientation national annuel, décliné au niveau régional par des Comités régionaux ou interrégionaux avec les acteurs locaux.

Pour accompagner et éclairer ce travail de suivi et de diagnostic, les acteurs de la recherche, notamment INRAE, l'ANSES<sup>5</sup> et les Universités, sont des partenaires essentiels et quotidiens. La collaboration avec le DSF est étroite et largement facilitée par le rôle des quatre experts du DSF chacun dans leur domaine d'expertise : dépérissements et entomologie ; forêt méditerranéenne et changement climatique ; télédétection ; pathologie. Ces experts constituent un appui fort au réseau, assurent la formation des pôles et les CO, expertisent et diagnostiquent sur le terrain et sont un lien entre le réseau de surveillance du DSF et les équipes de recherche dans leurs domaines. La recherche est un partenaire :

- d'aide à la **compréhension** des phénomènes ;
- d'**innovations** de techniques de détection ou de surveillance comme le piégeage large

spectre installé aux points sensibles d'entrée de marchandises sur le territoire ;

- et d'**amélioration des suivis sanitaires** comme l'analyse de risque pour mieux cibler les zones de prospection.

**Pour conclure**, l'histoire de la santé des forêts a montré la nécessité de mettre en place un système structuré pour suivre et comprendre les perturbations qui fragilisent de façon anormale la vie de la forêt et sa résilience. Si l'organisation du DSF a montré son efficacité et s'est ainsi maintenue dans le temps, l'implication de l'ensemble des acteurs de la forêt a évolué ces dernières années en raison de l'importance du sujet qui s'impose désormais à la gestion et aux services rendus par la forêt. Référent dans le domaine, le DSF œuvre pour animer un partenariat dans lequel chaque acteur contribue, selon ses compétences et son périmètre d'activité, à dresser un état détaillé de la santé de la forêt. Il permet de suivre et anticiper ses évolutions et accompagne les propriétaires/gestionnaires forestiers dans leurs choix. ■

<sup>5</sup> Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail



Morgane Goudet © DSF

Les travaux du DSF permettent d'accompagner les propriétaires/gestionnaires forestiers dans leurs choix.

### En savoir +

Voir aussi cette vidéo sur les métiers du DSF

<https://www.youtube.com/watch?v=y-bB9kBSHBxw&t=72s>

## Résumé

Depuis 1989, le Département de la Santé des Forêts est en charge de la surveillance sanitaire des forêts françaises. Son réseau de 270 correspondants observateurs fait remonter tous problèmes ou symptômes anormaux constatés sur le terrain. Cette stratégie intègre la surveillance des problèmes majeurs déjà bien identifiés mais également tous les problèmes rares, jusque-là absents. Vient s'y ajouter un large suivi spatio-temporel qui permet de mesurer l'état de santé global et la vitalité de la forêt.

**MOTS CLÉS :** santé des forêts, sanitaire, gestion forestière, changement climatique, bioagresseurs exotiques.

# 2015 à 2022 : les huit années qui ont changé la santé des forêts

Fabien Carouille, DSF Paris

**Depuis 2015, les conditions générales ont brutalement changé en santé des forêts. La sécheresse et la canicule estivales de 2003 qui nous paraissaient être une exception semble presque être devenue la règle, impliquant des réactions fortes et variées du milieu forestier.**

## **Durcissement du climat, multiplication des introductions**

Depuis 2015, le territoire métropolitain français connaît chaque été une période de sécheresse marquée, très fréquemment associée à une ou plusieurs phases de canicule. Même si cette nouvelle règle climatique souffre quelques exceptions (l'été 2018 en zone méditerranéenne, l'été 2021 hors zone méditerranéenne...), elle s'est instaurée inexorablement et se retrouve fréquemment associée à des sécheresses printanières (2020, 2022) ou hivernales (2017, 2019, 2023) non moins redoutables pour le développement végétal des forêts. En outre, en toutes saisons, les températures moyennes s'élèvent au-dessus des valeurs normales passées.

Les conséquences de cette évolution sur les peuplements forestiers sont nombreuses : le nombre accru de départs de feux et de surfaces incendiées en 2022, les pullulations de scolytes ou la baisse de la réussite des plantations... figurent parmi les symptômes les plus évidents. Il ne faut pas oublier par ailleurs que les conditions caniculaires extrêmes de ces derniers étés s'accompagnent, en réaction, d'orages dont la violence est à la mesure des chaleurs qui les ont générés. Alors, même si ceux-ci apportent des précipitations bienvenues, la force des vents et des averses de grêles, voire les impacts de foudre, provoquent des bris de cimes et de branches, des blessures à l'écorce favorisant les pathogènes ou des morts instantanées de groupes d'arbres. Ainsi, n'oublions pas qu'en 2022, la surface de peuplements ayant subi des dégâts de grêle est du même ordre de grandeur que celle ayant été incendiée, avec des suites à peine moins douloureuses.

## **Résultats parfois paradoxaux**

En prenant un peu de recul, l'élévation des températures moyennes conduit à des résultats parfois paradoxaux : en effet, les périodes hivernales à la température clémente se multiplient et occasionnent régulièrement un démarrage plus précoce de la végétation que par le passé. Ces anomalies sont susceptibles d'être cruellement rattrapées par les gelées de

« Pousse de jeune chêne "brûlée" en début de printemps par un coup de gel tardif. »

Mathieu Mirabel © DSF





début de printemps dont la survenue reste toujours possible, comme en 2017, 2019 ou 2021. De façon analogue chez le douglas, la hausse des températures en journée à la fin de l'hiver, conjuguées à des gelées marquées au cours de la nuit peut aboutir au phénomène d'embolisation désigné sous le terme de « rouge physiologique », aboutissant à la mort partielle ou totale de tiges âgées jusqu'à une dizaine d'années.

Enfin, certaines bizarreries climatiques du « monde d'avant » se manifestent toujours au détriment de la santé des peuplements forestiers : les précipitations excessives du printemps 2016 ont certes contribué à casser temporairement la dynamique naissante des pullulations de scolytes de l'épicéa, mais elles ont causé également des ennoissements racinaires qui ont amené des dépérissements au sein de peuplements de charmes, de chênes et de hêtres.

Un malheur n'arrivant jamais seul, ce changement de paradigme climatique est accompagné par une intensification de l'introduction et de la progression d'organismes exotiques depuis 2015. Si certains paraissent jusqu'à maintenant relativement inoffensifs (cochenille des aiguilles du cèdre, *Xylosandrus crassiusculus* et *X. compactus*), d'autres ont massivement modifié le paysage forestier, vraisemblablement pour de nombreuses années. La chalarose, introduite depuis 2008, est à l'origine de la mort ou de la destruction de nombreux frênes. La pyrale du buis a ravagé en quelques années une bonne partie de la buxaie française, laissant planer le risque d'un déséquilibre du milieu et de l'étage arbustif dominant. Sur un périmètre beaucoup plus restreint, le pathogène *Phytophthora ramorum* (oomycète polyphage<sup>1</sup>), qui a causé de lourds dégâts dans les plantations

de mélèze d'Angleterre, a été découvert très localement en Bretagne en 2017 et 2018. Les peuplements de mélèzes ciblés ont été détruits et le pathogène n'a plus été détecté depuis lors sur les peuplements de mélèzes en France ; cependant, il a été découvert dans la même zone sur châtaignier en 2020 et fait toujours peser une menace sourde sur les peuplements de mélèzes.

2015 a été en outre l'année de la première détection de la cécidomyie des aiguilles du douglas à la frontière belge. Le Département de la santé des forêts en a ensuite suivi la progression en direction du sud et de l'ouest de la France : s'il est désormais évident que cette mouche est installée dans toute la douglasaie française, ou le sera à brève échéance, il faut rester prudent quant à l'impact réel de ce nouveau bioagresseur. Le suivi mis en place par le DSF à partir de 2019 montre en effet un ralentissement de la croissance chez les jeunes peuplements les plus touchés, mais l'effet n'est pas évident sur les peuplements adultes. En revanche, on n'a pas retrouvé de mortalité imputable à ce nouveau ravageur.

Une petite note positive tout de même : le cynips du châtaignier, qui avait été introduit en France au milieu des années 2000 n'est plus guère détecté ou au moins signalé comme étant dommageable en forêt, dans la mesure où il est désormais régulé par son antagoniste spécifique, *Torymus sinensis*.

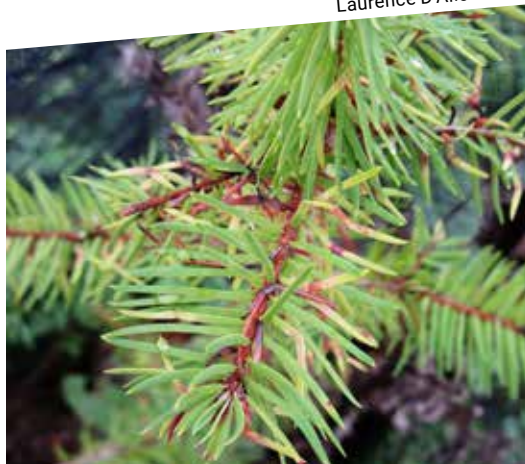
### Trajectoire des principales essences feuillues

Jusqu'à présent, l'accumulation des stress n'a pas gravement affecté la **chênaie décidue** dans son ensemble : pourtant, les sécheresses, les défoliations de bombyx disparate qui ont perduré de 2018 à 2021, la permanence de la processionnaire du chêne dans le nord-est et son extension jusqu'en 2021 constituent un contexte propice à des dépérissements massifs.

Le chêne est en effet connu pour différer les conséquences subies des stress après plusieurs années ; cependant, certaines régions aux conditions climatiques ou pédologiques particulièrement défavorables, ont connu dès 2020 une accélération des dépérissements déjà enclenchés aussi bien chez le chêne

<sup>1</sup> Oomycète polyphage, Champignon à mycélium non cellulaire et à reproduction sexuée qui vit aux dépens d'un grand nombre d'espèces.

Laurence D'Allo © DSF



Galles sur aiguilles de douglas dues à la cécidomyie.



Olivier Baubet © DSF

Chênes morts  
et chênes  
déperissants  
dans la forêt de  
Tronçais (Allier).

sessile que pédonculé. Il s'agit en particulier des chênaies de l'Allier ou du Val de Saône. De plus, des agents de piqûre (platype, *Xyleborus monographus*) dégradent éventuellement la valeur de ces bois de grande qualité ce qui rend la situation d'autant plus délicate. Enfin, dans ces forêts, même s'il ne s'avère pas être une essence objectif, le **hêtre** en mélange a tendance à subir encore plus violemment l'impact des sécheresses et à sécher sur pied, laissant des trouées qui déstabilisent les peuplements et dégradent l'ambiance forestière, menaçant d'autant plus les chênes restants.

D'ailleurs, le hêtre connaît dans son ensemble une dégradation généralisée de son état de santé, essentiellement dans le centre est de la France : après des premiers symptômes de microphyllie et de fructification abondante en 2016, les premiers dépérissements brutaux et de grande ampleur ont commencé à faire leur apparition en 2019 dans la région de Montbéliard sur plusieurs milliers d'hectares et se sont généralisés à l'est de la France à des degrés divers : absence de débourrement, mortalités de tiges ou de branches, microphyllie... des parasites de faiblesse se sont associés au diagnostic : petit scolyte du hêtre, scolyte noir du Japon, agriles ainsi que différents pathogènes de faiblesse. Seule l'année 2021, beaucoup plus clémente, a offert une rémission dans ce tableau inquiétant

en facilitant un début de saison plus simple au hêtre en 2022... mais pour bien peu de temps.

Le **frêne** et le **châtaignier** se sont tous les deux un peu plus enfoncés dans la crise dans laquelle ils se trouvaient déjà bien avant 2015 à cause essentiellement des problèmes pathologiques qui les concernent (chalarose pour le frêne, encre et chancre pour le châtaignier).

Finalement, c'est le **peuplier cultivé** qui apparaît comme une des essences feuillues les mieux portantes : installé dans les vallées fertiles et raisonnablement humides des grands cours d'eau, il a bénéficié du souci de la profession à diversifier les cultivars et du moindre impact de la rouille favorisé par les sécheresses estivales et la mise à l'écart des cultivars sensibles. Seule une attaque de puceron lanigère généralisée en 2020, suivie de mortalités en 2021 apporte une ombre au tableau.

### L'épicéa, principale victime côté résineux

En revanche, en ce qui concerne les essences résineuses, c'est incontestablement l'**épicéa** qui a le plus souffert : après de premières attaques de scolytes (typographe, chalcographe) apparues en 2015, la baisse des populations d'insectes due aux précipitations du printemps 2016 a laissé la place à une remontée nette



2 De nombreux champignons, et en particulier les rouilles, ont besoin de plusieurs hôtes pour se développer : on parle alors, pour un même organisme, d'hôtes alternants.

en 2017 et une pullulation explosive de 2018 à 2020, ce qui s'est traduit par une vingtaine de millions de m<sup>3</sup> d'arbres scolytés, essentiellement dans les peuplements artificiels de plaine du nord-est, ainsi que dans le Morvan et les Ardennes. Comme pour le hêtre, la pause de début 2022, due à l'année clémente de 2021, n'a été que de courte durée. Il convient de noter qu'au cours de la période qui nous intéresse, l'épicéa dans le Massif Central a montré un mauvais état de feuillaison, laissant présager également un avenir funeste pour cette partie de la pessière française. Néanmoins, en l'absence de scolyte et à la faveur d'années mieux arrosées, les peuplements se sont progressivement améliorés, montrant ainsi que le pire n'est pas toujours le plus probable.

Les pullulations de scolytes ont de la même façon lourdement atteint le **sapin**, mais à la différence des scolytes de l'épicéa, ces bioagresseurs sont uniquement des organismes de faiblesse, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent s'installer massivement qu'en cas d'affaiblissement généralisé de leur essence-hôte. C'est donc la permanence des sécheresses et canicules estivales de 2018 à 2020 qui a entretenu la pullulation des scolytes du sapin de 2019 à 2021. Chez le sapin, les rougissements résultent assez souvent de la combinaison de l'affaiblissement des arbres suite à la canicule et des attaques des scolytes : on retrouve les peuplements touchés le plus souvent dans des stations difficiles, en versant sud, sur sol superficiel, en limite méridionale d'aire, mais les conditions des quatre étés 2018 à 2020 et 2022 ont été telles que la majeure partie de l'aire du sapin a

été susceptible de connaître ces phénomènes. En comparaison de ces deux grandes essences résineuses, le **douglas** se comporte finalement moins mal. Les principales atteintes des sécheresses à répétition se sont matérialisées par des rougissements épars d'arbres au sein des peuplements ou en lisière, le plus souvent dans des stations inadaptées... Néanmoins, les conditions se dégradant de plus en plus, les rougissements et les descentes de cimes se sont multipliés, les pertes d'aiguilles vertes se sont généralisées et des taches de mortalités parfois conséquentes ont été signalées, notamment dans des secteurs de plaine hors station. Ces phénomènes restent pour la plupart abiotiques : la rouille suisse ou alors les scolytes du sapin, lorsqu'un peuplement de cette essence se trouve à proximité, peuvent s'immiscer dans le processus, mais leur rôle reste mineur ou épisodique. D'autres problèmes abiotiques viennent perturber la santé de cette essence : les phénomènes de « nécroses cambiales », essentiellement en Bourgogne, ou le rougissement physiologique, comme évoqué ci-dessus. La mauvaise surprise est venue du **pin sylvestre**, dont on aurait pu croire que la rusticité l'aurait protégé des à-coups climatiques : il n'en a rien été. Dès 2019 et les années suivantes, des mortalités de pins sylvestres, dispersées mais nombreuses et significatives, se sont produites dans le centre de la France, en région de plaine. Même si de nombreux parasites de faiblesse se sont invités dans le processus (bupreste bleu, scolytes des pins, sphæropsis des pins...) l'origine est clairement identifiée : il s'agit de la sécheresse estivale subie d'autant plus fortement dans des peuplements clairs, en mélange avec du chêne, sur des sols à faible réserve utile. Le phénomène a cependant ralenti en 2022.

En-dehors des incendies sévères de 2022, le **pin maritime** a bénéficié dans le massif des Landes de Gascogne à la fois d'une pluviométrie généralement favorable et d'une sylviculture dynamique, ce qui lui offre un état de santé satisfaisant. La seule ombre au tableau provient d'une épidémie pluriannuelle de rouille vésiculeuse dont l'origine est à rechercher du côté de la plantation d'un champ de pivoinés installé dans le cœur du massif landais. La pivoine étant un hôte alternant<sup>2</sup> de la rouille, celle-ci s'est développée à grande intensité mais sur une zone relativement circonscrite à l'échelle du massif.

Rougissement  
sur sapins dans  
le Puy de Dôme.

Olivier Baubet © DSF



## Des pathogènes au comportement en évolution

Avec l'accélération et l'accumulation des sécheresses, on a pu constater ces dernières années une évolution dans le comportement des bioagresseurs déjà bien connus par le Département de la santé des forêts.

Ainsi l'encre du châtaignier a profité des années bien arrosées en 2013 et 2014 pour se développer sur le système racinaire des châtaigniers. La douceur des hivers a également permis la survie de ce pathogène subtropical. Or, quand le régime hydrique favorable cesse, se révèle alors l'état de détresse des arbres. Munis d'un système racinaire atrophié, ils meurent en masse. L'accélération de ce pathogène dans la partie nord-ouest de la France a ainsi réduit à néant la dernière poche de survie du châtaignier. Cette essence avait déjà été décimée dans le sud de la France par le chancre et des itinéraires sylvicoles mal suivis : avec la généralisation d'un état de santé défaillant sur l'ensemble de son aire, il s'agit désormais de l'essence la plus gravement menacée dans un avenir proche.

Jusqu'à 2015, la contamination par le sphæropsis des pins, un pathogène au comportement endophyte<sup>3</sup>, se faisait généralement après de fortes averses de grêle, dont les blessures affaiblissent l'arbre. Or désormais, même si ce processus est toujours opérationnel, il s'avère que les attaques se développent beaucoup plus à la faveur des sécheresses intenses qui suscitent désormais les attaques fortes de ce pathogène, sur des surfaces beaucoup plus vastes que lors des orages de grêle.



Mathieu Mirabel © DSF

Descente de cime sur douglas.

## En conclusion

Rétrospectivement, l'année 2015 marque un tournant dans la façon dont la santé des arbres s'est immiscée dans la gestion forestière : d'accident transitoire, elle est rapidement devenue une composante à part entière du quotidien des forestiers. L'équation à résoudre pour l'avenir n'est pas aisée : la plupart des « anciennes » menaces sont toujours présentes, tandis que d'autres apparaissent, ou se renforcent. ■

<sup>3</sup> Organisme effectuant tout ou partie de son cycle à l'intérieur d'un végétal

## Résumé

Depuis 2015, sécheresses et canicules mettent à rude épreuve les forêts. L'arrivée de différents bioagresseurs exotiques est venue aggraver cet impact lié aux évolutions du climat. Les différentes essences feuillues et résineuses sont concernées à des degrés divers selon leur localisation géographique. Épicéa, sapin pectiné, pin sylvestre, hêtre, chêne pédonculé et frêne font partie des plus touchées.

**MOTS CLÉS :** sécheresse, canicule, organismes exotiques, chênaie décidue, hêtre, frêne, châtaignier, épicéa, sapin, douglas, pin sylvestre, pin maritime



# Les dispositifs pour contrer les invasions de bioagresseurs exotiques

Claude Husson, Jérôme Gaudry, Emmanuel Kersaudy - Département de la santé des forêts

**La sante des forêts est dégradée par les épidémies de pathogènes et ravageurs indigènes, la faune surabondante, les opérations sylvicoles inadaptées, la pollution atmosphérique, les aléas climatiques et les incendies. À ces facteurs s'ajoutent les introductions d'organismes nuisibles exotiques envahissants. La surveillance est la clé de voute pour prévenir ces invasions qui perturbent nos forêts.**

## Les invasions, risque majeur identifié depuis longtemps

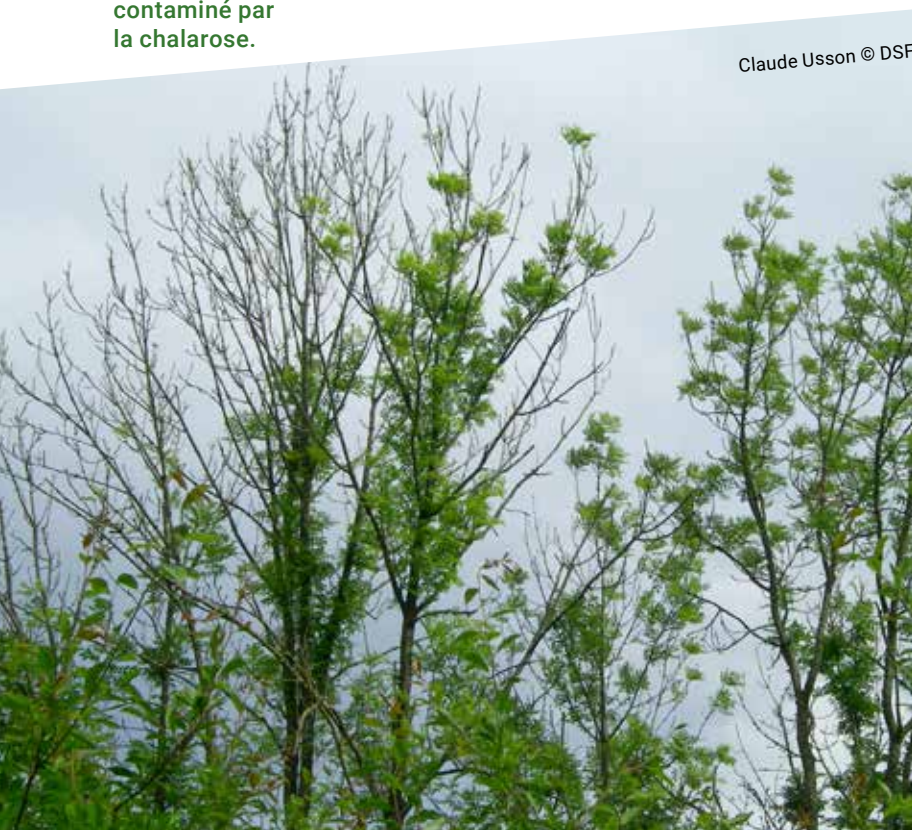
L'invasion de bioagresseurs exotiques est une des principales menaces qui pèse sur la santé des forêts métropolitaines. En retraçant l'histoire de la pathologie forestière, Delatour et al. (1985) alertaient dès les années 1980 sur les risques causés par les pathogènes nouveaux, pouvant générer de graves dommages aux espèces végétales locales dans la mesure où

elles n'y avaient jamais été confrontées. L'encre et le chancre du châtaignier, la graphiose de l'orme, l'oïdium du chêne, le chancre coloré du platane, toutes ces maladies découlent de l'introduction de pathogènes venus d'Asie ou d'Amérique au cours des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècle. Les auteurs mettaient en cause l'augmentation en volume et en rapidité des échanges internationaux et notamment des végétaux, du sol et des produits bois qui servent de support pour le transport puis l'établissement de pathogènes dans de nouvelles aires géographiques. Le même phénomène est observé par les entomologistes pour les insectes ravageurs.

40 ans après, nous pouvons faire ce double constat. Le premier est que l'impact des bioagresseurs listés par Delatour et al. est toujours prégnant aujourd'hui dans les forêts françaises, voire en augmentation comme dans le cas de l'encre du châtaignier ou du chancre coloré du platane qui progresse vers le nord. Parfois, la lutte biologique a permis au fil des ans de réduire l'agressivité des pathogènes introduits via l'installation d'ennemis naturels ou de microorganismes compétiteurs. Par exemple, l'installation progressive de souches hypovirulentes de *Cryphonectria parasitica*, naturellement ou par l'action de l'homme, limite les dégâts causés par le chancre dans les châtaigneraies. Mais, de façon plus générale, les brusques ruptures d'équilibre provoqués par les épidémies d'origine exotique apparaissent et demeurent bien visibles dans le paysage forestier de longues années après leur introduction. Dès lors, soit nous avons accepté de vivre avec (oïdium du chêne), soit la composition

Houppier d'un frêne contaminé par la chalarose.

Claude Usson © DSF

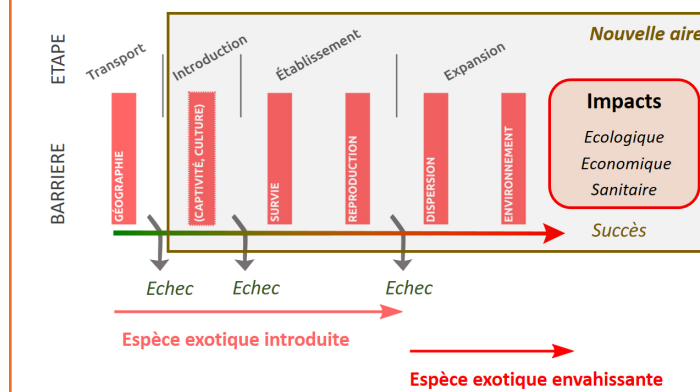


des peuplements est remodelée là où les essences sensibles étaient en forte densité (cas de l'orme, du platane ou du châtaignier). Le deuxième constat consiste en l'augmentation inexorable de nouvelles invasions de bioagresseurs exotiques. Pathologistes et entomologistes s'accordent à dire que le phénomène est exponentiel (Jactel et al. 2020). En Europe, au cours des dernières années, les bioagresseurs les plus foudroyants pour les écosystèmes forestiers ont été la chalarose du frêne, la mort subite du mélèze, le flétrissement du pin dû au nématode et la pyrale du buis. La mondialisation galopante entraîne de facto une intensification du transport de marchandises vectrices de bioagresseurs d'un continent ou d'un pays à l'autre (Saintonge et al. 2020).

## Comprendre l'introduction pour mieux l'éviter

Le constat est alarmant. Inéluctablement, nos forêts vont subir de nouvelles introductions de pathogènes et ravageurs avec de forts impacts écologiques, environnementaux, économiques. Pour autant, être fataliste et rester inactif serait une grave erreur. Pour lutter efficacement contre ce risque, il convient tout d'abord de comprendre les étapes menant à une invasion biologique afin de pouvoir agir à différents niveaux. Pour passer d'une aire géographique à une autre, le bioagresseur doit être présent sur le produit récolté dans le pays exportateur (plants, bois ou sol contaminés) et survivre sur ce support durant toute la durée du transport. S'il arrive vivant sur le territoire, il doit ensuite être capable d'infecter des végétaux sensibles à proximité de son point d'entrée, puis de trouver des congénères pour se reproduire en nombre et s'établir. Le plus souvent, cette étape a lieu dans les parcs, jardins ou pépinières, c'est-à-dire des sites où se mêlent diversité végétale et activités humaines propices à favoriser le contact entre le bioagresseur et l'arbre. Enfin, il doit être capable de se disperser au-delà de son point d'entrée et d'établissement pour devenir réellement invasif en milieu naturel. Heureusement il existe beaucoup d'obstacles et de barrières. Ils permettent à la grande majorité des bioagresseurs exotiques arrivant sur un nouveau territoire de ne pas devenir envahissants (figure 1). Malgré tout, certaines espèces franchissent ces différents obstacles et peuvent devenir dommageables. Identifier

**Figure 1 : étapes et barrières menant à une invasion biologique de bioagresseurs exotiques**



© A. Bras

et prioriser les différents lieux de passages à risques nous oriente vers la conduite à tenir pour limiter les invasions.

## Empêcher introduction et dissémination par la réglementation

Ce risque étant connu, l'Union Européenne a établi des réglementations phytosanitaires qui encadrent l'importation et la circulation des végétaux et des produits végétaux (UE 2016/2031 et UE 2019/2072). Leur objectif est d'empêcher l'introduction et la dissémination sur le territoire européen d'organismes nuisibles pour les cultures et la biodiversité. C'est le premier rempart. Cela passe par une classification d'organismes identifiés comme fortement nuisibles en cas d'arrivée sur le territoire européen (organismes de quarantaine surveillés sur tous végétaux du territoire et organismes réglementés non de quarantaine surveillés uniquement sur les végétaux destinés à la plantation), par des interdictions à l'importation de certains végétaux et produits végétaux, par l'application de traitements chimiques et thermiques pour tuer les microorganismes, par l'application de bonnes pratiques (culture, récolte, stockage transport) qui réduisent la présence de bioagresseurs dans les marchandises et enfin par des contrôles phytosanitaires à l'arrivée et lors de leur circulation en Europe. Les importateurs et négociants doivent être en possession d'un certificat ou passeport phytosanitaire attestant de l'absence d'organismes réglementés sur le produit en circulation. Tout cela relève



de la surveillance officielle des organismes nuisibles réglementés ou émergents (SORE) (<https://agriculture.gouv.fr/preserver-la-sante-des-plantes>).

## Détecter rapidement après l'entrée, un gage de réussite de la lutte

En cas d'entrée sur le territoire, détruire les plantes ou produits végétaux infectés est la mesure la plus appropriée pour éviter les invasions. On parle alors de mesures d'éradication si l'objectif est d'éliminer le bioagresseur et de mesures d'enrayement s'il s'agit de freiner ou stopper sa propagation. Une récente étude a analysé les programmes européens d'éradication des ravageurs et pathogènes depuis 1945 (Branco et al. 2023). Le taux de réussite d'éradication est plus élevé quand le bioagresseur est détecté sur le matériel importé, dans les serres et pépinières ou s'il ne s'est établi que sur une zone de quelques dizaines d'hectares maximum. Ce taux est encore amélioré lorsque cela s'accompagne de mesures de mise en quarantaine, c'est-à-dire de restrictions de mouvement de plantes partiellement infectées. En d'autres termes, plus on détecte précocement, plus les chances de stopper l'invasion sont importantes. Signalons que la précocité de détection a été améliorée ces dernières années grâce à l'essor des nouvelles méthodes basées sur l'ADN qui permettent une analyse en laboratoire plus rapide et à haut débit.

## La surveillance débute dans les sites à forte activité humaine

Pour reprendre le schéma des étapes d'une invasion citée plus haut, la surveillance s'opère dès l'entrée des végétaux et produits végétaux, c'est-à-dire dans les ports et aéroports, mais aussi sur les premiers sites de transit comme les marchés d'intérêt national ou chez les importateurs de bois. L'observation visuelle de symptômes laissant présager des attaques d'agents biotiques comme des bleuissements, des chancres ou nécroses de bois, des colorations foliaires anormales, des galeries d'insectes doit alerter, et le cas échéant, enclencher un prélèvement pour analyse en laboratoire. En attendant le retour d'analyse, les produits suspects sont confinés pour éviter

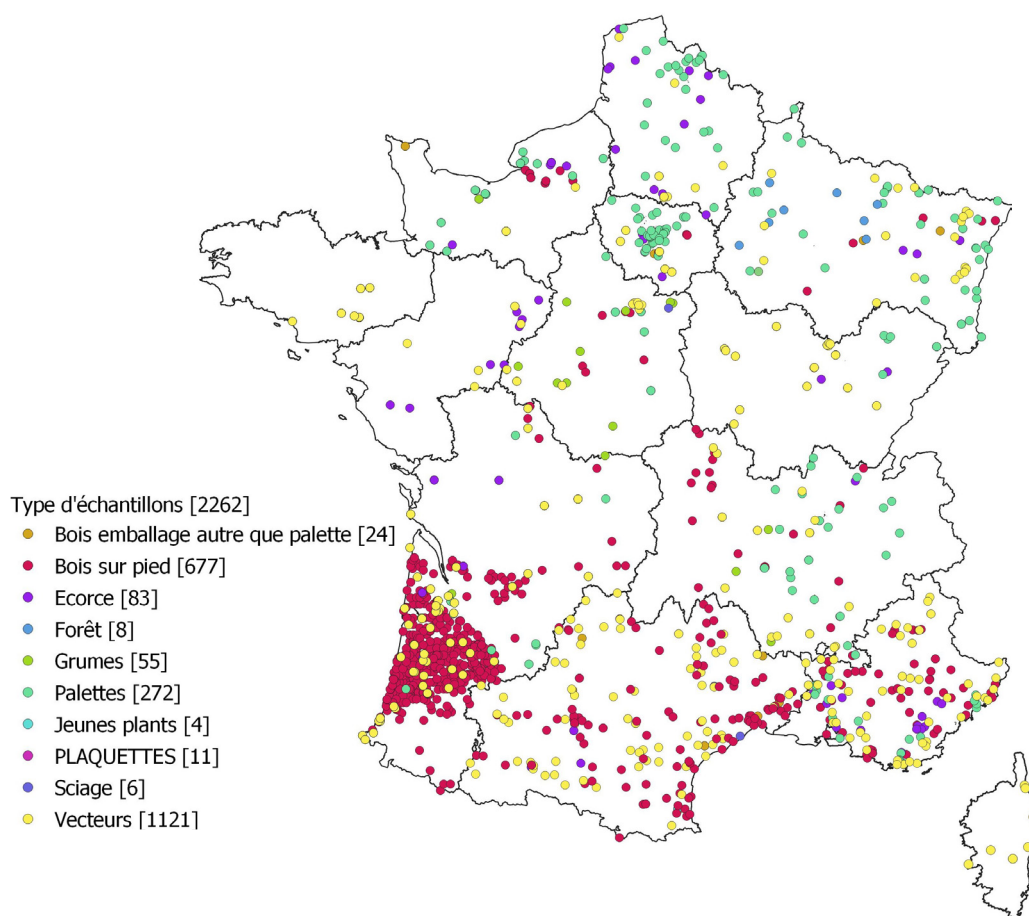
une propagation. Dans ces points d'entrée de marchandises, la surveillance s'opère aussi par la pose de pièges à insectes. Cette méthode a fait ses preuves. Elle est mise en place de façon pérenne dans le cadre de la surveillance officielle des organismes nuisibles réglementés ou émergents.

Lorsque le bioagresseur survit durant le temps de transport et commence à s'établir sur un nouveau territoire, il y a de fortes chances que cela se passe dans des zones fortement anthropisées, à savoir les parcs et jardins, les zones de production végétale et leurs abords. Ces sites associent fortes activités humaines, diversité d'espèces et bonne vigueur des végétaux, un cocktail idéal pour l'installation de bioagresseurs. La surveillance effectuée par les services régionaux (SRAL et leur délégataires) et par les opérateurs professionnels dans les JEVI (Jardins, Espaces végétalisés et Infrastructures) et pépinières doit y être très assidue car, en cas de présence avérée de bioagresseurs réglementés, nous sommes encore dans des zones à surfaces réduites, accessibles et donc contrôlables par éradication. Certains bioagresseurs restent confinés dans ces milieux anthropisés. C'est le cas par exemple des capricornes asiatiques *Anoplophora chinensis* et *A. glabripennis*, organismes de quarantaine polyphages pour lesquels la lutte par coupe systématique des arbres affectés s'applique en cas de détection.

## Surveillance par un réseau d'expertise sylvosanitaire

Le fait de passer d'un milieu anthropisé vers un milieu naturel comme la forêt oblige le bioagresseur à franchir de nouvelles barrières. En milieu forestier, l'organisme est soumis à des organismes compétiteurs vivants dans la même niche et à des ennemis naturels qui régulent voire empêchent son installation. Malgré tout, certains passent l'obstacle et la situation a alors de fortes chances d'être hors de contrôles en raison de la densité et diversité d'hôtes, de la surface occupée (31 % du territoire Français est occupé par la forêt) et de l'accessibilité difficile vers les zones touchées pour les équipes chargées de la détection. Toutefois, le fort enjeu écologique et économique justifie une surveillance d'ampleur. Pour cela, deux stratégies sont appliquées en parallèle par le Département de la santé des fo-

**Figure 2** : dispositif de surveillance du nématode du pin en 2022



© DGAL-BSV

rêts (DSF). La première a pour fondement une bonne connaissance de l'état sanitaire ambiant des massifs forestiers. Dans cet objectif, tous les problèmes d'origine biotique ou abiotique sont relevés, renseignés et enregistrés en temps réel par les correspondants-observateurs du DSF. C'est la veille sylvosanitaire. Si des symptômes atypiques d'origine biotique ou si des dégâts d'une ampleur inhabituelle sont mentionnés, des prélèvements d'échantillons sont réalisés et analysés pour en déterminer la cause. C'est ainsi que la chalarose du frêne, causée par *Chalara fraxinea* d'origine asiatique, a été observée puis diagnostiquée très précocement en Franche-Comté en 2008. Comme il s'agissait d'une symptomatologie encore jamais observée sur cette essence, cela a immédiatement alerté le correspondant-observateur. Dans les semaines qui ont suivi, le renforcement de la surveillance a permis de démontrer que les régions aux alentours n'étaient pas touchées, prouvant la précocité de détection

grâce à cet axe très efficace de la stratégie de surveillance. Pour autant, dans ce cas précis, et parce qu'il s'agit d'une maladie à dispersion aérienne très efficace (Branco et al. 2023) et que le frêne est largement répandu dans le paysage (forêt, ripisylves, bords de routes, bocage, jardins...), éradiquer ou enrayer la maladie était devenu impossible.

La seconde stratégie repose sur un risque biotique bien identifié dans les pays tiers. Les correspondants-observateurs sont alors alertés et formés sur les essences sensibles et la symptomatologie et la surveillance est ciblée. Nous citerons trois exemples de maladies suivies par le DSF pour illustrer cette stratégie. Le premier est le flétrissement du pin dû au nématode *Bursaphelenchus xylophilus*. Originaire d'Amérique du Nord, ce pathogène, désormais présent au Portugal et en Espagne, est responsable de mortalités rapides et massives chez le pin maritime. En raison du fort enjeu économique que représente cette essence, les indices de sa



Les premiers  
mélèzes  
détectés atteints  
par *Phytophthora  
ramorum* l'ont  
été en 2017  
dans le Finistère.



présence sont activement recherchés chaque année sur trois supports : sur les pins sur pied présentant un soudain dépérissement inexplicable par d'autres facteurs, sur les insectes vecteurs du nématode et en particulier sur le longicorne *Monochamus* spp., et enfin sur les produits bois importés qui peuvent véhiculer l'insecte et le pathogène (figure 2). En continuité de la surveillance, des centaines d'échantillons sont ainsi analysés pour repérer une éventuelle présence le plus précocement possible. Dans le même ordre d'idée, le champignon *Bretziella fagacearum*, responsable du flétrissement du chêne et lui aussi originaire d'Amérique du nord, aurait de terribles conséquences en cas d'introduction en France où le chêne occupe près de 30 % de la surface forestière. Comme le nématode du pin, il s'agit d'une maladie vasculaire véhiculée par des insectes. La précocité de détection à l'import, en Jardins, Espaces végétalisés et Infrastructures ou en forêt est le facteur clé pour contrer l'invasion.

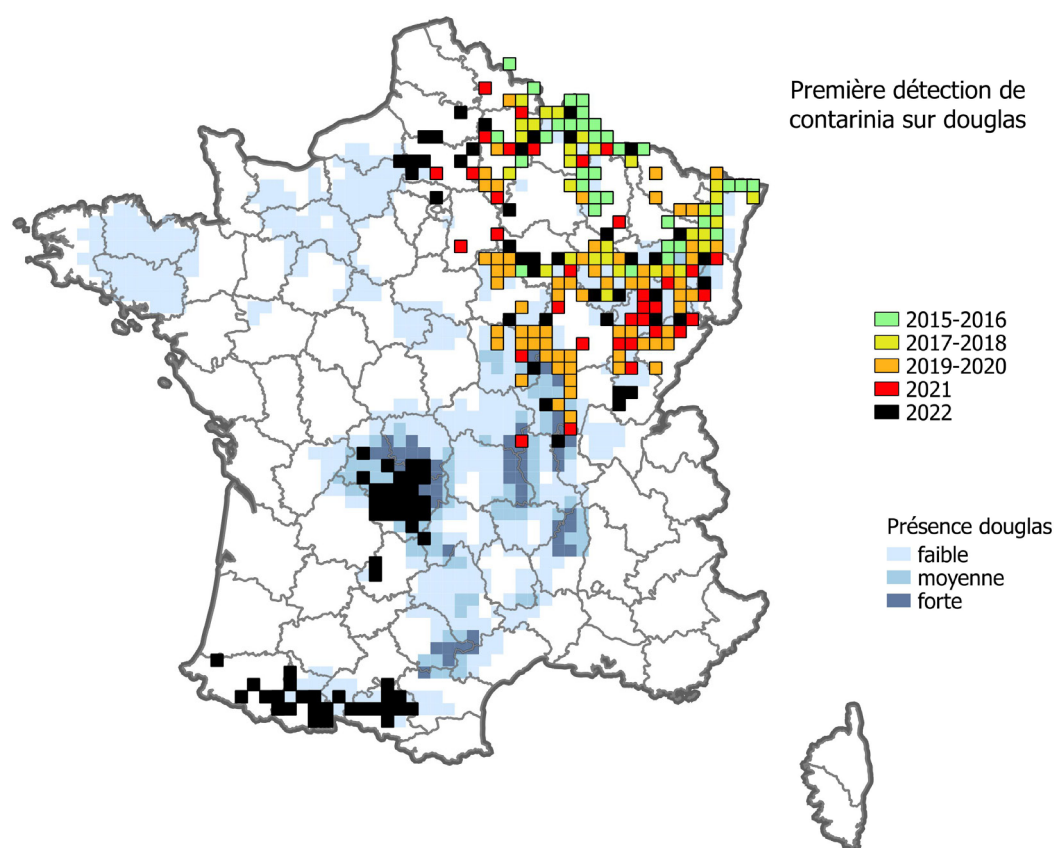
Un autre exemple marquant est la détection précoce de *Phytophthora ramorum*. À partir de 2010, le DSF est averti du risque de mortalité de mélèzes, et particulièrement du mélèze du Japon, causée par l'organisme réglementé *P. ramorum*. La surveillance est aussitôt renforcée sur ces essences, et notamment dans les régions identifiées à risque en raison de leur climat propice à ce pathogène. En 2015, des symptômes évocateurs de cette maladie sont signalés dans le Finistère. Les premiers prélèvements sont effectués en 2016 et *P. ramorum* est finalement détecté en 2017 et 2018. Les mesures d'éradication (coupes rases des plantations affectées) ont été entreprises. Au-

cun nouveau foyer dans les plantations de mélèzes aux alentours des foyers initiaux n'a été repéré depuis, ce qui plaide pour ces mesures drastiques quand le problème est observé et identifié rapidement.

Enfin, la surveillance renforcée est mise en place par le DSF dès qu'un bioagresseur exotique (qu'il soit réglementé ou non) est détecté sur une essence à enjeu afin d'évaluer sa nuisibilité potentielle. C'est le cas par exemple de la mouche des aiguilles (ou cécidomyie) du douglas, *Contarinia pseudotsugae*, un ravageur originaire d'Amérique du Nord, détecté en Belgique, au Pays-Bas et en France en 2015. Cette année-là, l'inquiétude était forte sur son potentiel impact. La surveillance annuelle a donc pour but à la fois de suivre sa propagation (figure 3) et d'estimer les dégâts potentiels à partir d'un suivi établi en partenariat avec INRAE. Une étude sur la génétique des populations a montré que la cécidomyie s'est naturellement répandue sur le territoire depuis plusieurs points d'entrée. Même si on sait maintenant que son impact sur la vitalité des douglas est nul, la vigilance reste de mise pour ce bioagresseur notamment vis-à-vis des effets sur la croissance du douglas. Ces multiples introductions de la cécidomyie doivent aussi alerter l'ensemble de la filière sur le risque d'introduction d'autres bioagresseurs de cette essence.

Quelle que soit la stratégie retenue, former les gestionnaires forestiers en santé des forêts est un élément-clé pour stopper les invasions ou limiter leurs dégâts. Cette formation apportée à des professionnels permet de distinguer l'anomalie inconnue de tout un cortège de dysfonctionnements clairement identifiés. Cette double expertise, forestière et sylvosanaire, est cruciale pour pouvoir maintenir un réseau d'observation et de surveillance opérationnel. Le deuxième élément consiste en l'observation la plus large possible du territoire par le réseau des 270 correspondants-observateurs. Enfin, le troisième élément décisif est la précocité de détection pour endiguer les invasions au plus tôt. Pour ces deux derniers éléments le recours à la télédétection pourrait être un renfort de poids à l'avenir. L'acquisition et l'analyse des images satellitaires Pléiades ou Sentinel-2 aujourd'hui, autres images demain, peuvent en effet aider au repérage d'arbres suspects car brusquement dépérissants ou morts sans explication par un problème connu. ■

**Figure 3** : détection annuelle de la cécidomyie du douglas, *Contarinia pseudotsugae*.



© DSF

## BIBLIOGRAPHIE

Branco S. et al. 2023. *Eradication programs against non-native pests and pathogens of woody plants in Europe: which factors influence their success or failure?* NeoBiota 84, 281–317. doi.org/10.3897/neobiota.84.95687

Delatour C. et al. 1985. *Histoire et avenir de la pathologie forestière en France*. Revue Forestière Française 37, 65–82. hal.science/hal-03423901

Jactel H. et al. 2020. *Pathologists and entomologists must join forces against forest pest and pathogen invasions*. NeoBiota 58, 107–127. doi.org/10.3897/neobiota.58.54389

Saintonge F.-X. et al. 2020. *Les bioagresseurs invasifs dans les forêts françaises : passé, présent et avenir*. Revue Forestière Française LXXII, 119-135. doi.org/10.20870/revforfr.2020.5314

## Résumé

À l'image de la graphiose sur l'orme ou de la chalarose sur le frêne, l'arrivée de nouveaux bioagresseurs constitue autant de menaces pour les forêts hexagonales. La mondialisation des échanges accroît les facteurs de risques. La détection précoce, en particulier dans les ports et les aéroports, est une étape clé. Sur le terrain, la veille sylvo sanitaire conduite par le Département de la Santé des Forêts permet de détecter l'émergence de nouveaux pathogènes et parfois d'enrayer leur propagation.

**MOTS CLÉS** : Bioagresseurs exotiques, mondialisation des échanges, surveillance, détection, éradication



# Qualifier plus fréquemment la dégradation des forêts avec DEPERIS

François-Xavier Saintonge, Expert santé des forêts au ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire

**La méthode DEPERIS est un des différents indicateurs utilisés pour évaluer puis suivre dans le temps l'évolution de la dégradation des forêts. Elle s'applique à toutes les essences. Son appropriation par la majorité des acteurs forestiers confirme la facilité de sa mise en œuvre.**

**F**orce est de constater que ces dernières années ont été difficiles pour la santé de la forêt française. De nombreuses essences forestières majeures le témoignent. Alors que la dégradation de l'état sanitaire de la majorité d'entre elles (hêtre, épicéa, sapin, pin sylvestre...) est principalement liée aux stress hydriques, l'introduction et l'invasion de bioagresseurs étrangers sont à l'origine du déclin d'autres essences comme le frêne dont la détérioration est liée à la chalarose ou le châtaignier menacé

par la conjonction de l'agent de l'encre introduit au XIX<sup>e</sup> siècle et des stress hydriques de ces dernières années.

Les indicateurs illustrant cette dégradation sont nombreux et convergents. Ils émanent désormais de plusieurs structures forestières dont les principales sont le Département Santé des Forêts (DSF), l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), l'Office National des Forêts (ONF) et le Centre National de la Propriété Forestière (CNPFF), voir tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : principaux indicateurs de la santé des forêts en France métropolitaine

Structure	Indicateurs	Nombre d'arbres observés	Précision	Rapport
Département de la santé des forêts	Mortalité, DEPERIS et déficit foliaire sur le réseau systématique de 16 x 16 km sur l'ensemble du territoire national	12 000 arbres observés par an	620 placettes de 20 arbres Suivi individuel et annuel des arbres	Annuel. En libre accès.
	DEPERIS et road sampling (= échantillonnage depuis le bord des routes) par massif et par essence	100 000 dont : - 65 000 chênes - 20 000 hêtres - 9 000 sapins	Enquête régionale de massifs forestiers où les essences ciblées sont dominantes. Retour à 5 ans	À l'issue de chaque campagne. En libre accès.
	Surfaces dépérissantes via télédétection		Opération ponctuelle, sur des cas de dégradation majeur (épicéa, sapin, châtaignier)	À chaque fin d'opération. En libre accès.
Institut national de l'information géographique et forestière	Mortalité de tiges sur pied de moins de 5 ans		14 000 placettes par an. 5 ans pour couvrir toute la France sur une maille de 1 x 1 km	Annuel (memento) et pluriannuel (IF). En libre accès.
	DEPERIS	31 000 arbres observés par an	Pour tous les arbres dominants dont le houppier est visible, à partir de bois moyen	
Office national des forêts	Produits accidentels dépérissants (PAD)		Pour chaque arbre martelé, désignation en produit normal ou accidentel	Compilation trimestrielle depuis 2017. En accès restreint jusqu'alors
Centre national de la propriété forestière	Coupes d'urgence (nombre et surface)		Exclut les coupes sanitaires permises par le programme du DGD	Pas de compilation nationale
	BioClimSol	23 000 arbres	Accompagné de données climatiques et pédologiques	Permet la production de modèle de dépérissement

Source : DSF

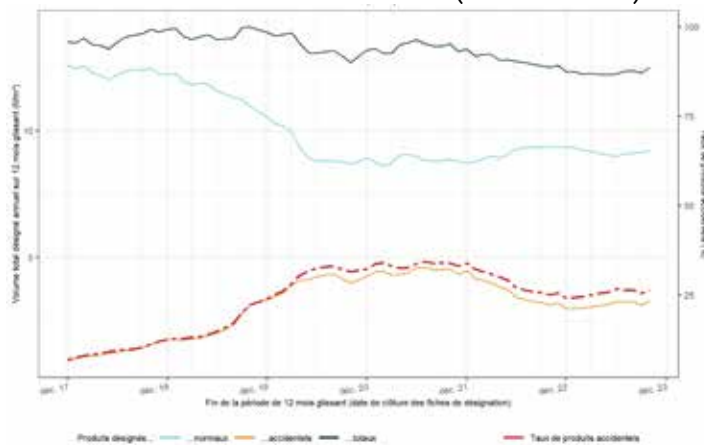
Ces indicateurs sont assez indépendants sur le plan des acteurs, de l'échantillonnage et de la temporalité si bien qu'ils sont très complémentaires : ils doivent être analysés dans leur globalité pour avoir une vision objective et consolidée de la situation. Par exemple, l'augmentation du taux de produits accidentels désignés par l'ONF depuis 5 ans laisse présager d'une dégradation de l'état sanitaire des forêts (figure1). L'Observatoire des forêts <https://foret.ign.fr/> a été créé en juillet 2023 dans cet objectif de partage des différents suivis et indicateurs de santé des forêts (figure 1). Les produits désignés sont ceux issus d'un marquage dans un peuplement sain et les produits accidentels correspondent à des coupes sanitaires.

## Qualifier l'état sanitaire à l'aide de DEPERIS

Estimer la santé de l'arbre est une notion complexe. Les écophysiologistes forestiers considèrent que l'indicateur de référence qualifiant l'état de santé est l'évolution temporelle du diamètre du tronc. Cet indicateur est toutefois difficile à appréhender sur des durées courtes, compte tenu de la nécessité d'être précis. DEPERIS constitue une donnée alternative approximant la santé de l'arbre en qualifiant l'état de son houppier. La méthode est l'aboutissement d'un compromis entre robustesse et rapidité de notation. Comme les autres notations de l'état du houppier (déficit foliaire, ARCHI, DEPEFEU), elle repose sur une appréciation visuelle que seule la formation continue permet de rationaliser : une demi-journée de formation ou de calibration permet de bien utiliser la méthode. D'un point de vue physiologique, il a été démontré un lien entre DEPERIS et les réserves glucidiques des racines de chênes en forêt d'Orléans et de Vierzon en région Centre-Val de Loire sur 120 arbres mesurés durant deux années consécutives dans le cadre du projet de recherche Canopée porté par l'Université d'Orléans. Un arbre dégradé à partir de la note D (voir le barème ci-dessous) s'accompagne d'une réduction significative de la concentration en amidon dans les grosses racines au mois d'octobre (figure 2)

DEPERIS s'applique à toutes les essences et peut être mis en œuvre chez les feuillus (et le mélèze) en hiver comme en été. Pour caractériser correctement un peuplement, la méthode

**Figure 1** : évolution du taux de produits accidentels entre 2018 et 2022 en France (données ONF)

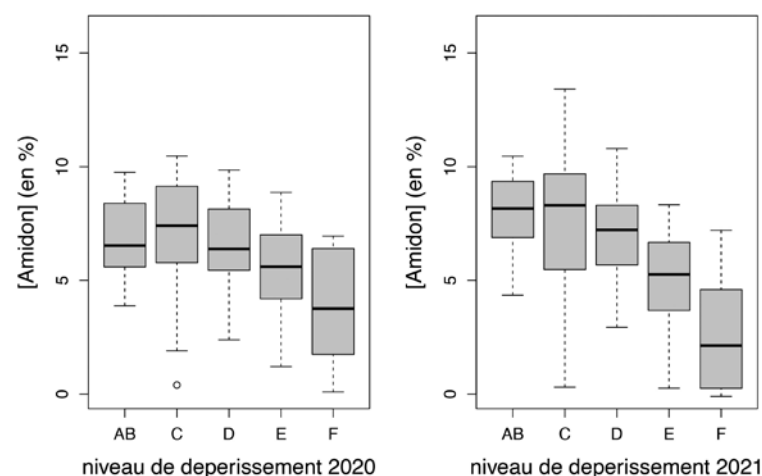


## DEPERIS : une méthode désormais largement utilisée

La méthode DEPERIS est aujourd'hui largement utilisée pour objectiver des situations assez diverses. Elle est utilisée en routine et systématiquement par l'IGN lors de ses inventaires et par le DSF lors des notations du réseau européen 16 x 16 kilomètres. Elle est mise en œuvre plus ponctuellement, comme par exemple lors de l'évaluation de l'état de certains massifs forestiers par la méthode d'inventaire dite « bord de route » ou « road sampling », pour qualifier l'état d'une essence soumise à un bioagresseur (cas de la chalarose, une dizaine d'années après sa première observation en France) ou pour acquérir des données d'apprentissage lors d'une opération de cartographie de l'état d'une zone forestière par télédétection. Elle accompagne utilement des données dendrométriques comme par exemple celles visant à calculer la production pour les principales essences et par grande zone géographique dans certaines forêts publiques. Elle est requise dans certains dossiers administratifs comme ceux relatifs à la justification d'un état de dépérissement pour des demandes de financement de reboisement dans la cadre du « plan de relance ». Elle est utilisée par les techniciens du CNPF lors des instructions de coupes d'urgence, ou par les correspondants observateurs du DSF lors de diagnostics conseils de peuplements dépérissants. Enfin, elle est fréquemment utilisée par la recherche comme indicateurs de vitalité lors de programme visant des sujets phytosanitaires forestiers.



**Figure 2 : teneur en amidon dans les racines de chênes sains (A-B) à très dégradés (E-F) (C. Vincent-Barbaroux, Université Orléans)**



doit s'appliquer à des arbres dominants. Il n'est en effet pas souhaitable d'utiliser DEPERIS sur les arbres de petit diamètre, de bordure de peuplement ou dominés ou ceux ayant récemment subi une intervention sylvicole brutale, comme les semenciers dans les parcelles en régénération, la dégradation de leur houppier étant essentiellement inhérente à leur isolement brutal. Comme pour les autres notations qui évaluent l'état du houppier, il convient de se placer idéalement à une distance sensiblement équivalente à la hauteur de l'arbre noté, de manière à effectuer une notation à 45°. L'idéal est de visualiser l'arbre sur deux côtés opposés pour avoir une meilleure vue d'ensemble.

DEPERIS repose sur la notation de deux critères : la mortalité de branche (MB) puis le manque de ramification pour les feuillus (MR) ou le manque d'aiguilles pour les résineux (MA). Ils sont estimés uniquement dans la partie fonctionnelle du houppier, c'est-à-dire celle ayant accès à la lumière. (Voir tableau ci-dessous)

Chaque critère est noté en 6 classes, de 0 à 5.

Note	Intensité	Fréquence	Nombre	% indicatif
0	Nulle à très faible	Nulle à très faible	0 à quelques rares	0 à 5
1	Légère	Faible	Quelques à peu nombreux	6 à 25
2	Assez forte	Modérée	Assez nombreux	26 à 50
3	Forte	Importante	Nombreux	51 à 75
4	Très forte	Très importante	Très nombreux	76 à 95
5	Total	Toute la partie notée concernée	Total	96 à 100

Les classes 0 et 5 représentent les « presque rien » et « presque tout », les 4 classes intermédiaires les 4 quarts.

La mortalité de branches est une appréciation absolue de ce phénomène quelle que soit la taille de branches (charpentière, rameaux...). La ramification morte mais encore en place est incluse dans ce critère MB et n'est donc pas prise en compte dans le critère manque de ramifications / d'aiguilles qui suit. Le principe est : on note ce que l'on voit.

Le manque de ramifications – ou manque d'aiguilles – est noté sur le reste du houppier fonctionnel. Il s'agit d'évaluer la perte par rapport à un arbre de référence. Le principe est donc cette fois : on note ce qu'on devrait voir. La note cumule le manque de ramification lié à des phénomènes physiologiques (croissance en longueur, architecture...) et les échancrures, fenêtres et lacunes dans le houppier fonctionnel. Chez les résineux, s'ajoute à ces critères la chute ou consommation des aiguilles.

Au final, ces 2 critères se conjuguent pour obtenir une note globale, de A (sain) à F (très dégradé) grâce au tableau ci-dessous.

L'arbre est déclaré mort (MB=5 et MR ou MA = 5) lorsque le cambium est mort à 1,3 m.

Pour assister le notateur dans l'exercice, des fiches par essence sont disponibles sur :

<https://agriculture.gouv.fr/la-methode-deperis-comment-quantifier-et-mesurer-l-etat-de-sante-dune-foret-et-son-evolution>

## L'échantillonnage

DEPERIS permet de qualifier des dégradations de l'état des forêts par des problèmes variés et à des échelles diverses. En conséquence, il conviendra de déterminer un échantillonnage en fonction de la question posée et des moyens disponibles.

Chaque critère est noté en 6 classes, de 0 à 5.

		Manque de Ramification (feuillus) Manque d'Aiguilles (résineux sauf mélèze)					
		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	Mort

L'échantillonnage pourra être systématique si on veut connaître l'état de santé d'une zone forestière (applicable à des échelles allant du territoire national à l'unité de gestion). Il peut être stratifié si on veut connaître par exemple l'état des parcelles par type de sol, par essence ou par type de peuplements. Enfin l'échantillonnage peut être défini pour un autre objectif (dendrométrie par exemple) et DEPERIS complète alors la notation sur les arbres mesurés par ailleurs.

Dans le cas du choix d'un échantillonnage systématique, l'implantation des placettes peut être défini à partir d'un maillage, c'est-à-dire que les placettes sont à un pas de distance fixé préalablement. Pour évaluer l'état d'un massif, un échantillonnage « bord de route » est à privilégier. Cette méthode permet un déplacement rapide et aisé par les routes carrossables tout en respectant le maillage défini qui garantit l'objectivité de la situation sanitaire du massif. Bien évidemment, on notera des arbres éloignés des routes (50 m au moins du bord de la route) pour supprimer les effets de bordure qui marquent fréquemment les houppiers. Un massif évalué avec une trentaine de placettes de 20 arbres est noté en 2 à 3 jours à 2 opérateurs.

Le nombre et la nature des placettes à noter vont dépendre de la variabilité et l'hétérogénéité de l'état de dégradation de la zone à inventorier ainsi que de l'objectif recherché. Pour un dépérissement de chêne, 30 placettes de 20 arbres peuvent suffire pour évaluer correctement l'état d'un massif forestier de quelques centaines d'ha. Par contre, pour un phénomène qui génère des mortalités par taches – comme une attaque de scolyte de l'épicéa par exemple – il faut généralement plus de placettes pour augmenter la probabilité de bien capter les taches. Concernant la nature des placettes d'observation, soit on note un nombre d'arbres fixé par avance (par essence ou total), soit on note tous les arbres sur une surface fixe. Cette

dernière méthode peut être nécessaire si on veut utiliser les observations comme données d'apprentissage pour calibrer une opération de spatialisation du phénomène à partir de l'interprétation d'images satellitaires.

Le nombre d'arbres à noter par placette dépend aussi de l'hétérogénéité du phénomène à qualifier. En général, on note beaucoup de placettes et peu d'arbres par placette (de l'ordre de 10) si le phénomène est agrégé et sur un gradient faible (cas des peuplements scolytés par exemple) et peu de placettes mais plus d'arbres (20 par placette) si le phénomène est graduel et réparti de manière assez homogène sur la surface à décrire. Sur la placette, on pourra noter une ou plusieurs essences en prenant soin de préciser leur identité ainsi que le nombre de souches fraîches (moins de 5 ans par exemple), une récolte récente ayant forcément un impact fort sur l'état du peuplement restant.

Une quantification dendrométrique est souvent nécessaire, a minima la surface terrière autour du point central de la placette ainsi que la catégorie des arbres (bois moyen gros bois, très gros bois) décrits.

En conclusion, la dégradation de l'état de nombreuses forêts du territoire impose une qualification plus fréquente de leur état. Cette qualification utilise fréquemment le protocole DEPERIS et sa large utilisation permet de comparer, avec la même méthode, des évaluations à différentes échelles spatiales et temporelles. Son appropriation par la majorité des acteurs forestiers confirme la facilité de sa mise en œuvre et plusieurs études ont montré la pertinence de la notation pour qualifier l'état d'un espace boisé. ■

#### REMERCIEMENTS :

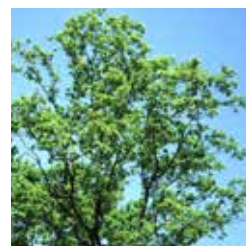
merci à Quentin Girard ONF, Cécile Vincent Barbaroux Université d'Orléans et Olivier Baubet DSF AURA pour leurs données illustrant le sujet



Chêne sessile  
noté A



Chêne sessile  
noté D



Chêne sessile  
noté E

## Résumé

Pour analyser le niveau des dépérissements dans les peuplements forestiers et son évolution au fil du temps, les correspondants observateurs du Département de la Santé des Forêts s'appuient sur la méthode DEPERIS. Utilisée tant pour les feuillus que les résineux, cette méthode repose sur une observation des houppiers en quantifiant la mortalité des branches, le manque de ramification pour les feuillus et le manque d'aiguilles pour les résineux. Ce travail, réalisé pour différentes placettes préalablement définies, permet de comparer avec la même méthode, des évaluations à différentes échelles spatiales et temporelles.

**MOTS CLÉS :** Dépérissement, DEPERIS, notation, houppier, évaluation.



# Risques multiples et santé des forêts

Bernard Boutte, Expert national DSF-Changement climatique

**Les conséquences du changement climatique et la pression des espèces exotiques envahissantes font peser des menaces supplémentaires sur l'état sanitaire des écosystèmes forestiers. Des risques « nouveaux » (sécheresse, feux...) apparaissent dans des régions et/ou des peuplements forestiers jusqu'alors peu concernés. La problématique des risques multiples (ou multirisques) est donc posée sur une grande partie du territoire national.**

**L**a forêt est sous la menace de différents risques. On distingue les risques :

- **biotiques** pour lesquels l'aléa est un agent biologique, dénommé bio-agresseur : insectes (*cambiophages*<sup>1</sup>, *phyllophages*<sup>2</sup>...), pathogènes (champignons, bactéries, virus...), grands mammifères, rongeurs, etc., dont certains sont des espèces exotiques envahissantes.

- **abiotiques** qui regroupent les aléas de nature physique : vent, gel, verglas, sécheresse, feu... qu'ils soient d'origine naturelle ou induits par l'homme (changement climatique, feux de forêts). On peut ajouter d'autres sources de risques : les polluants atmosphériques à proximité de sites industriels (fluor...) ou à longue distance (oxydes d'azote, ozone...) et certaines pratiques sylvicoles (tassement des sols).

**1** Cambiophages : Animaux, et le plus fréquemment insectes, qui à un stade de leur développement, se nourrissent des tissus situés entre l'écorce et l'aubier. C'est en particulier le cas des scolytes.

**2** Phyllophages : Animaux, et le plus fréquemment insectes, qui à un stade de leur développement, se nourrissent de feuilles.

## Exemples de risques multiples

Les exemples de risques multiples en forêt, présentés juste après cette introduction, sont issus de publications scientifiques et des observations du Département de la santé des forêts. Ils concernent à la fois des aléas abiotiques (sécheresse, feu) et des bio-agresseurs qui interviennent comme agents primaires (défoliateurs...) ou secondaires (pathogènes endophytes, scolytes...).

### Tempête Klaus dans le massif des Landes de Gascogne

Le 24 janvier 2009, d'après les données de l'Inventaire forestier national, la tempête Klaus a causé environ 38 millions de m<sup>3</sup> de chablis de pin maritime dans le massif des Landes de Gascogne.

Cette tempête historique a rendu vulnérables les arbres sur pied à un bio-agresseur, le sténographe. En effet, les chablis sont un substrat de développement idéal pour ce coléoptère cambio-phage. Les arbres cassés ou déracinés n'offrent aucune résistance aux attaques des insectes adultes et fournissent une quantité importante de ressources alimentaires pour les larves.

Le suivi réalisé par le DSF a permis de montrer une corrélation spatiale nette entre la localisation des principaux chablis et les plus gros dégâts de ce scolyte (Jactel *et al.*, 2011 - figure 1, ci-contre).

Une partie des peuplements affectés par la tempête Klaus étaient déjà concernés par un autre bio-agresseur : la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*). Cette dernière a été au point de culmination de son

**Figure 1 : répartition spatiale des principales zones de chablis (a) et de pullulations de scolyte sténographe (b) en 2010 dans le massif forestier des Landes de Gascogne. Les deux répartitions sont spatialement corrélées.**



cycle biologique, donc au maximum de ses dégâts, au cours de l'hiver 2018-2019. Les défoliations de cet insecte ont un impact négatif sur la croissance des arbres et sur la résistance aux attaques de scolytes : les pins maritimes épargnés par la tempête, mais attaqués par la processionnaire, ont été plus sensibles aux attaques du sténographe.

Ainsi, sur les 1 948 peuplements de pin échantillonnés par le DSF en 2010, le pourcentage d'arbres debout attaqués par les scolytes s'est révélé significativement corrélé avec le taux de chablis (cf. ci-dessus) mais aussi avec le pourcentage de défoliation par la processionnaire du pin (Jactel *et al.*, 2011).

L'épidémie de scolytes post-tempête a pour partie affecté des arbres défoliés, donc affaiblis. Elle a ainsi provoqué des pertes supplémentaires estimées à 4 millions de m<sup>3</sup> de bois, soit 10 % du volume initial dû à la tempête.

## Sécheresse et agents biotiques

D'autres aléas climatiques, et en particulier le déficit hydrique, ont un impact sur l'activité des agents biotiques. Une publication de 2012 (*Drought effects on damage by forest insects and pathogens : a meta-analysis*, JACTEL *et al.*) présente une méta-analyse de 100 comparaisons, par paires, des dommages causés par des insectes nuisibles ou des agents pathogènes sur des arbres soumis à un stress hydrique et sur des arbres témoins (40 publications). Cette étude montre que le comportement alimentaire des bio-agresseurs (primaire ou secondaire), la partie de l'arbre affectée (écorce et bois ou feuillage) et la sévérité du stress hydrique sont les trois facteurs de dégâts forestiers dans des conditions de sécheresse.

Ainsi, les bioagresseurs primaires du bois, insectes corticaux et xylophages (pissodes, pyrale du tronc...), et les pathogènes racinaires (armillaire obscure, *Phytophthora*...) causent des dommages moins importants sur les arbres soumis à un stress hydrique que les insectes défoliateurs et les pathogènes foliaires qui génèrent davantage de dégâts aux arbres stressés.

En revanche, les dommages causés par tous les agents secondaires (scolytes, pathogènes endophytes) augmentent avec la sévérité du stress hydrique. L'ampleur du dégât est modulée par la capacité de résistance à la séche-

resse des essences (plus forte par exemple pour le chêne vert que pour l'épicéa commun) et par l'intensité du stress hydrique.

Ces résultats peuvent être illustrés par les dégâts actuels de deux bio-agresseurs :

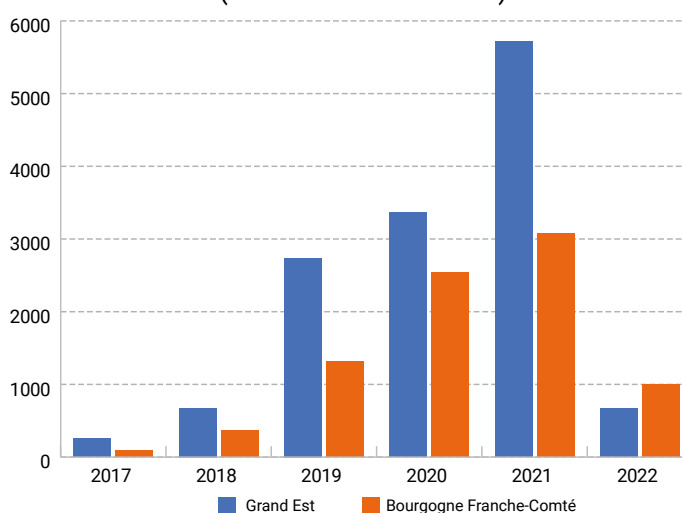
- ceux causés par le *Sphaeropsis* des pins (pathogène endophyte secondaire) qui est devenu, suite aux sécheresses successives, une contrainte sanitaire majeure pour les pinèdes (pins noirs et sylvestre) que ce soit dans le sud ou le nord de la France.
- les attaques de scolytes de l'épicéa commun, initiées à l'automne 2018 suite à la sécheresse estivale. Elles ont entraîné 20 millions de m<sup>3</sup> de bois de dégâts, soit 60 000 ha environ, dans les pessières de plaine des régions Grand-Est et Bourgogne Franche-Comté (cf. figure 5).

## Attaques de scolytes et feux de forêts

Les attaques d'insectes, et en particulier de scolytes, peuvent également avoir un impact sur la sévérité des **feux de forêt**. La vulnérabilité au feu des peuplements atteints par les scolytes dépend :

- du temps écoulé depuis l'attaque : dans les premiers mois, le feuillage sèche, sa teneur en eau diminue et il roussit (stade « roux »). Ensuite les aiguilles tombent au sol (stade « gris »),
- du pourcentage d'arbres morts,
- des conditions de l'incendie : peu sévères (sécheresse modérée, vent faible) ou sévères (sécheresse prononcée, vent fort).

**Figure 2 : Evolution d'épicéas scolytés de 2017 à 2022**  
Grand Est et Bourgogne-Franche Comté  
(sous 800 m d'altitude)



Source : IGN



Les attaques de scolytes peuvent accentuer ou diminuer l'intensité du feu (vitesse et puissance thermique) et conditionnent donc les dommages sur la forêt. Pour mesurer ces effets, des travaux ont été conduits à l'aide du modèle de propagation à bases physiques FIRETEC qui prennent en compte les modifications du combustible (teneur en eau, biomasse) induites par la présence d'arbres scolytés. Au stade « roux », la sévérité du feu est accrue de manière significative, notamment dans le cas de peuplements avec plus de 58 % de mortalité due aux scolytes et de vent faible à moyen : les perturbations sont dites « synergiques ».

Au stade « gris », la sévérité a tendance à diminuer, notamment dans le cas de peuplements avec plus de 58 % de mortalité et de vent moyen à fort : les perturbations sont dites « antagonistes ».

L'amplitude des effets peut être cependant variable en fonction des conditions locales

## Conséquences des défoliations dues à la pyrale du buis

La pyrale, *Cydalima perspectalis*, est un insecte défoliateur du buis originaire d'Asie orientale, importée en Europe sur des sujets d'ornement et détectée en France en 2008. Elle s'attaque également aux buis présents en milieu naturel avec un impact sur les risques d'incendies et d'éboulement.

**Risque d'incendies** : la défoliation progressive des rameaux passe par différents stades qui modifient la teneur en eau des végétaux. Les travaux de recherche ont montré qu'en dehors des périodes estivales les plus sèches, l'aléa « incendie » va être augmenté après l'attaque tant que les feuilles sont présentes sur les rameaux. Suite à la chute des feuilles, qui intervient après un délai variable, une baisse de l'aléa, due à une moindre quantité de combus-

Suite à une pullulation de pyrale, la mortalité des buis poussant sur des pentes rocheuses risque de favoriser les éboulements.

B. Boutte © DSF



tible, est observée. Lors des périodes les plus sèches, l'aléa va être diminué après l'attaque sans connaître d'augmentation préalable. Le buis ayant pour l'instant la capacité de reproduire des feuilles même en présence de la pyrale, ces différents stades vont se succéder. On a donc une notion de temporalité de l'aléa calqué sur les cycles d'attaque de la pyrale.

**Risque d'éboulements** : le buis, sous forme de sous-étage ou de taillis, joue un rôle dans la fonction de protection de la forêt vis-à-vis des chutes de blocs sur les versants. Ce rôle est en partie lié à ses caractéristiques physiologiques, dépendantes de son état phytosanitaire, qui va être dégradé par les défoliations. Les travaux ont montré que la dégradation de l'état phytosanitaire des buis s'accompagne d'une baisse de la résistance mécanique des tiges, altérant la fonction de protection des buxaias vis-à-vis des éboulements rocheux.

Dans le cas d'une buxaiie défoliée qui est parcourue par un incendie, cela crée une nouvelle vulnérabilité et donc une augmentation du risque « chute de blocs ». Au-delà des chenilles défoliatrices, les papillons de la pyrale peuvent occasionner des dommages économiques pour la filière apicole. C'est lié à la concurrence de ces papillons avec les abeilles pour butiner les fleurs lorsque les populations sont en phase de pullulation.

## Prise en compte des « risque » phytosanitaires dans la gestion forestière

Le propriétaire gestionnaire doit s'informer des possibles aléas sanitaires potentiels sur ses forêts. Il pourra ensuite effectuer une analyse des risques sur ces peuplements en fonction de leurs enjeux et ensuite mettre en place une gestion préventive adaptée pour les maîtriser au mieux.

La surveillance de la santé des forêts est assurée par le Département de la santé des forêts (DSF) et l'essentiel des informations collectées sont disponibles à l'adresse internet suivante : <https://agriculture.gouv.fr/la-sante-des-forets>). Elles permettent aux propriétaires de suivre ces données et de prendre en compte les différents facteurs de risque pour la gestion de leurs biens.

Il convient d'analyser les risques liés aux aléas potentiels (dont les organismes émergents et invasifs), la vulnérabilité des peuplements à

ces aléas et les enjeux des parcelles gérées (production, protection, accueil du public ...).

1- Les **aléas abiotiques** seront inventoriés et caractérisés (fréquence, intensité...), en fonction de la situation géographique et topographique de la forêt, de la structure et de la composition des parcelles. Ce travail sera réalisé selon les essences et l'actualité sanitaire. Une fois les aléas identifiés, des dispositifs de surveillance pourront être mis en place au niveau des parcelles concernées si les risques sont avérés. C'est notamment le cas pour les bio-agresseurs émergents ou invasifs.

2- **La vulnérabilité des peuplements** : Les risques de dégâts générés par les aléas sont forcément variables selon la situation géographique et/ou topographique des peuplements (vent, gel, feu...), les caractéristiques stationnelles, la densité, les essences concernées et la structure ou les stades de développement du peuplement, puisque certains aléas abiotiques ou biotiques ne sont dangereux qu'à certains stades.

3- **Les enjeux** peuvent être très différents selon la finalité de ces parcelles. Ils sont socio-économiques lorsque l'objectif des parcelles est la production forestière. Ils peuvent également être liés à des pertes de biodiversité, à la protection des biens et des personnes ou même se traduire par des conséquences en termes de santé publique.

Sur le plan économique, les principaux impacts à prendre en compte dans l'analyse seront le risque de mortalité des arbres adultes, des semis ou des plants ; la perte de qualité du bois (pourriture) ; la perte de fructifications (parcelle en régénération, peuplements classés, vergers à graines) ou la perte de croissance dans le cas d'essences à rotation courte (peupleraies, Taillis à Courte Rotation).

Sur le plan de la santé publique, ces enjeux seront différents et sont analysés dans les pages 40 à 44 de ce même dossier.

L'analyse des risques repose sur une échelle à plusieurs niveaux et un exemple est proposé dans le tableau ci-joint (page 38) pour mieux cerner quel peut être le niveau de risque lié à l'hylobe dans de jeunes plantations. L'analyse du risque fait le bilan des 3 éléments : aléa(s) X vulnérabilité(s) X enjeu (x), selon une échelle à 2 ou 3 niveaux : risque nul à faible, risque



Tableau 1 : exemple d'une grille d'analyse du risque « hylobe » dans les jeunes plantations

	Risque faible	Risque élevé
Région forestière	À faible part de résineux	À forte dominance résineuse
Intervalle de temps entre la coupe et le reboisement	Supérieur à 2 ans	Inférieur à 2 ans
Présence d'une coupe rase à proximité	Non	Oui
Essence exploitée	Feuillus (0) Douglas ou sapin (+)	Pins ou épicéas (++)
Essence de reboisement	Cèdres, sapins feuillus (0)	Pins ou épicéas (+) Douglas ou mélèzes (++)
Type de plant	Semis, grand plant	Petit plant (1-OG)
Densité de plantation	Forte	Faible

(0) risque nul - (+) risque moyen - (++) risque fort-

moyen, risque fort. L'exemple de l'hylobe ou grand charançon du pin est proposé dans le tableau ci-dessus.

Cette analyse doit prendre en compte non seulement les risques actuels mais également ceux qui pourraient advenir en fonction des évolutions climatiques (sécheresse, feu), les invasions biologiques ou en cas de dégâts « en cascade » : attaque de scolytes suite à sécheresse ou tempête... Les outils de modélisation (Biljou®, BioClimSol®, ClimeSSences®, plateforme Capsis®...) seront très utiles dans cette phase d'analyse et gagneront à être complétés par des outils de cartographie numérique (cartes des zones à risques identifiées au niveau d'un massif forestier).

## Prévention ou maîtrise des risques

Une fois les risques identifiés, le propriétaire/gestionnaire pourra mettre en place une sylviculture adaptative dans l'objectif de prévenir les risques ou de les maîtriser. Deux moyens sont à leur disposition pour réduire les dommages subis par les espaces boisés dont ils ont la charge : la gestion préventive et la lutte directe. La première vise à orienter les pratiques sylvicoles courantes pour limiter les dommages en favorisant le maintien des équilibres naturels. L'objectif est d'obtenir des peuplements résilients capables de supporter les conséquences des aléas biotiques ou abiotiques. La seconde, consiste à s'opposer de manière active à la cause des dommages par des moyens méca-

niques, biologiques ou chimiques. Elle n'est employée que pour quelques problèmes sylvo-sanitaires et dans des circonstances particulières.

Si un des principaux objectifs de la gestion forestière est d'obtenir et de maintenir des peuplements vigoureux et en bonne santé, les effets des pratiques sylvicoles ne vont pas toujours dans ce sens. La littérature sur ce sujet est à la fois très riche mais aussi très fragmentée, voire contradictoire.

Elle repose souvent sur des observations réalisées à un niveau local ou régional et donc difficilement généralisables. Une synthèse bibliographique<sup>3</sup> a été réalisée dans le cadre du projet européen EFORWOOD visant à évaluer la performance de la filière forêt-bois au regard du développement durable. Elle a permis d'analyser quels étaient les processus écologiques sous-jacents à la relation entre la sylviculture et l'augmentation ou la diminution des aléas et de la vulnérabilité des forêts.

Les facteurs examinés concernent l'adaptation des essences à la région et à la station, la composition et la structure des peuplements, la diversité génétique, les opérations sylvicoles (régénération naturelle ou artificielle, contrôle de la végétation, éclaircies, dépressage, élagage), les itinéraires techniques et l'âge du peuplement, l'exploitation et la récolte des bois. Propriétaires et gestionnaires peuvent utilement s'y référer<sup>1</sup> pour recueillir des éléments en vue d'adapter leur gestion aux risques identifiés dans leurs peuplements.

En complément des actes de gestion et vu les

<sup>3</sup> « Forest stands management and vulnerability to biotic and abiotic hazards, H JACTEL et al., 2008 » dont les principaux éléments ont été remis à jour dans l'ouvrage « La santé des forêts », IDF-DSF 2023 (chapitre 7).

évolutions liées au changement global, la surveillance sanitaire par le propriétaire est devenue indispensable. Cette surveillance peut être « générale » ou « ciblée ». La première s'opère lors des actes de gestion courante (descriptions de parcelles, martelages, travaux...) par le repérage de symptômes, de dégâts, d'indices (changement de couleur du houppier, mortalité, présence de pralines ou de coulures de résine, de nids, de pontes...). La surveillance ciblée est adaptée au contexte et aux risques : tempête/scolytes, plantation/hylobe, dépérissement/défoliateurs.... Dans ce cas, le gestionnaire oriente sa surveillance envers un parasite ou un pathogène particulier : notation de dégâts (morsures, défoliations...), d'indices de présence (pontes, nids...) ou par la mise en place de piégeage pour les insectes.

## **Pour conclure**

L'approche « risques multiples » en milieu forestier en est à ses balbutiements, il reste beaucoup de questions posées, de thématiques à explorer et les perspectives en termes de recherche sont importantes.

Dans cet objectif, INRAE initie en 2023 un méta-programme nommé « XRisques », visant à mieux comprendre les risques multiples et leurs interactions pesant sur les territoires et les systèmes agricoles (et forestiers), alimentaires et environnementaux.

Ses impacts potentiels sont multiples, qu'il s'agisse de répondre à un besoin de sécurité des populations, de contribuer à la durabilité des systèmes socio-environnementaux ou à la soutenabilité des systèmes socioéconomiques, d'apporter des réponses aux questions posées par les transitions subies (climatiques) ou choisies (alimentaire, énergétique, agro-écologique...) afin d'aller vers des systèmes plus résilients et moins vulnérables aux aléas.

La forêt aura toute sa place dans ce nouveau programme de recherche. ■

## **En savoir +**

Le méta-programme de recherche XRisques de l'INRAE (2023) : <https://www.inrae.fr/actualites/comprendre-agir-face-risques-multiples>

Actes du colloque « Anticiper et gérer les risques multiples dans les forêts tempérées, méditerranéennes et boréales : approches européennes et nord-américaines » - Bordeaux, les 04, 05 et 06 juillet 2022.

Sécheresses, incendies et maladies : les risques en cascade qui menacent les forêts françaises - Bastit F. et Brunette M., The Conversation, 2021. <https://theconversation.com/secheresses-incendies-et-maladies-les-risques-en-cascade-qui-menacent-les-forets-francaises-157448>

Risques multiples et gestion des écosystèmes - Rigolot. E et al, Réflexion Prospective, INRA - Département EFPA, 2015, Nancy, France. Diaporama 38 slides.

La forêt face aux risques - Birot Y. in La forêt et le bois en 100 questions (chapitre 5, 41 pages), 2014, consultable sur le site <https://www.academie-agriculture.fr>



# Concept « One Health » : quelle place pour la santé des forêts ?

Bernard Boutte, Experts nationaux du Département de la Santé des forêts du ministère chargé des forêts

**L'approche « One Health » a été portée par un panel d'experts<sup>1</sup> au début des 2000. Avant la crise sanitaire liée au Covid-19, elle n'était connue que d'un cercle d'initiés. D'abord très centrée sur les problématiques de santé humaine et animale, elle s'est depuis élargie aux différentes espèces végétales et concerne de ce fait désormais également la forêt.**

<sup>1</sup> Voir encadré ci-dessous

<sup>2</sup> Un monde, une santé. Un éclairage sur le rôle des plantes, de l'air, de l'eau et du sol - Rapport du groupe de travail « One Health » de l'Académie d'agriculture de France (2023)  
<https://www.academie-agriculture.fr/publications/publications-academie/avis>

L'approche « One Health » (« une seule santé » ou « un monde, une santé » ou « une seule santé pour un seul monde »), a été structurée dès le début des années 2000. Tirant les leçons des grandes crises sanitaires du passé, elle vise à mieux affronter les maladies émergentes et/ou à risque pandémique,

en faisant davantage attention aux interdépendances qui lient le fonctionnement des écosystèmes, les pratiques socio-écosystémiques et la santé des populations humaines, animales et végétales. Avant la crise sanitaire liée au Covid-19, l'approche « One Health » n'était connue que par un cercle relativement restreint d'initiés.

Les premiers axes de réflexions et d'actions avaient été mis en œuvre par les médecins et les vétérinaires, pour lutter contre les maladies infectieuses et les zoonoses, notamment en cas de crises sanitaires. Ils se sont ensuite élargis avec l'apport d'autres éléments mobilisant de nouvelles communautés de travail : maladies non transmissibles, préservation de la biodiversité, équilibre des écosystèmes, alimentation, ressources naturelles...

## Définition du concept « One Health »

Le concept « One Health<sup>2</sup> » (une seule santé) a été établi et défini au début des années 2000 par un panel d'experts de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) de l'OMSA (Organisation Mondiale de la Santé Animale) et du PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), lesquels travaillent au développement d'un plan d'action global visant à aider les différents États à le mettre en œuvre. Ce panel d'experts a défini « One Health » comme : « une approche intégrée et unificatrice qui vise à équilibrer et à optimiser durablement la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes. Elle reconnaît que la santé des êtres humains, des animaux domestiques et sauvages, des plantes et de l'environnement au sens large (y compris les écosystèmes) sont étroitement liées et interdépendantes ». En complément de cette définition, il est précisé que « l'approche mobilise de multiples secteurs, disciplines et communautés à différents niveaux de la société afin de travailler ensemble pour favoriser le bien-être et lutter contre les menaces qui pèsent sur la santé et les écosystèmes, tout en répondant au besoin collectif d'une alimentation, d'une eau, d'une énergie et d'un air sains, en prenant des mesures pour lutter contre le changement climatique et en contribuant au développement durable ». Tirant les leçons des grandes crises sanitaires du passé, elle vise donc à mieux affronter les maladies émergentes et/ou à risque pandémique, en tenant mieux compte des interdépendances qui lient le fonctionnement des écosystèmes, les pratiques socio-écosystémiques et la santé des populations humaines, animales et végétales.

## Place du végétal et de la forêt dans l'approche « One Health »

Jusqu'à présent, les travaux scientifiques sur le sujet « One Health » concernaient peu le monde végétal (sauf en milieux tropicaux), dont les contributions à la vie et au règne animal sont pourtant fondamentales. Sur cette thématique, on se reportera utilement au rapport « Un monde, une santé : un éclairage sur le rôle des plantes, de l'air, de l'eau et du sol » de l'Académie d'agriculture de France (avril 2023)<sup>2</sup>.

Parmi les risques sanitaires pour la santé humaine ou animale, sans lien avec des bio-agresseurs des arbres, on peut citer différents exemples.

Le contact avec des mousses (hépatique du genre *Frullania*, à l'origine d'une dermatite

appelée la « maladie du bucheron ») ou des lichens sur le tronc des arbres (des genres *Evernia*, *Usnea*...) peuvent entraîner des allergies cutanées. Sur les troncs, on peut également rencontrer la chenille urticante *Lithosia quadra*, consommatrice de lichens, à l'origine de réactions allergiques chez l'homme. Le pollen de divers arbres (cyprès, noisetier...) ou de plantes herbacées peut déclencher, lors de la floraison, des irritations oculaires ou pulmonaires voire des allergies plus graves (conjonctivite, eczéma, déclenchement d'asthme par l'ambrosie par exemple).

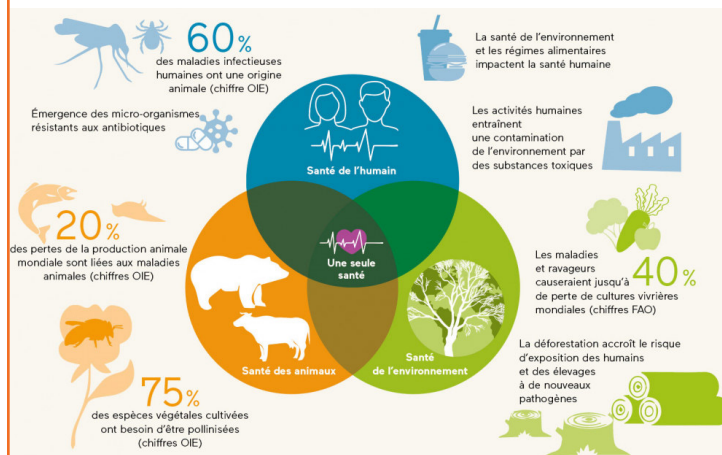
La consommation de fruits toxiques ou de champignons vénéneux, les morsures de reptiles venimeux et les piqûres d'insectes (guêpes, frelons...) peuvent créer des réactions allergiques voire des chocs anaphylactiques et sont également des dangers, notamment pour les personnes imprudentes ou non averties.

Parmi les maladies parasitaires transmises aux animaux et aux hommes par des vecteurs présents en forêt, on peut citer la leishmaniose canine (trypanosomes transmis par les moustiques du genre *Phlébotome*) ou l'échinococcose, appelée couramment « maladie du renard » (ténias du genre *Echinococcus* transmis par le renard, le chien et le chat).

Les grands ongulés (cerf, chevreuil, sanglier) sont également vecteurs ou porteurs de maladies. La peste porcine africaine (PPA) par exemple, maladie virale contagieuse qui affecte les suidés, fait peser une menace permanente sur les populations de sangliers et les élevages de porcs.

La maladie de Lyme européenne (ou borréliose de Lyme), due à des bactéries du genre

**Figure 1 : Les trois compartiments (Santé humaine, santé animale et santé de l'environnement) à l'origine du concept « One Health »**



Source : INRAE - M. Le Boulout - 07-2020

*Borrelia*, est transmise par les tiques du genre *Ixodes*. Cette maladie est en expansion. Elle est devenue la plus fréquente des maladies vectorielles (zoonoses) transmises à l'humain dans l'hémisphère nord. Elle se manifeste principalement chez l'homme par une éruption cutanée (érythème migrant) centrée sur la piqûre de la tique. Non traitée, la maladie peut évoluer vers des formes cutanées, articulaires ou neurologiques, de façon aiguë ou chronique. Les tiques transmettent d'autres maladies humaines ou animales : l'anaplasmose granulocytaire, l'encéphalite à tiques, les babésioses ... Enfin, il convient de rappeler les risques professionnels (accidents du travail, maladies) liés aux activités forestières (martelage, abattage, débardage...).

© Bernd Haynold



L'hépatique *Frullania dilatata*, provoquant la « maladie du bûcheron »

© Daniel INGREMEAU



Chenille urticante de *Lithosia quadra*, déambulant sur une feuille





© B. Boutte

L'inguline marginée, polypore à l'origine d'une pourriture du bois des conifères



© DSF

Chêne pédonculé « dépérissant » potentiellement dangereux en cas de chute de branches.

## Risques sanitaires en lien avec des bio-agresseurs affectant les arbres

Les bio-agresseurs des arbres ne mettent pas seulement en péril la santé des peuplements forestiers, ils peuvent également être dommageables pour la santé animale et humaine en provoquant des pathologies respiratoires, des allergies ou en ayant des propriétés urticantes ou toxiques.

Au-delà des pathologies humaines ou animales, on peut tout d'abord citer les risques en cas de chutes d'arbres ou de branches. Ces accidents peuvent être causés par des arbres sains en cas de tempête, mais surtout par des arbres malades. Dans les peuplements dépérissants ou affectés par des attaques de ravageurs (scolytes) ou de pathogènes (chalarose, pourridés, polypores agents de dégradation du bois...), le risque de chablis ou de volis est évidemment plus élevé.

## Risques sanitaires liés aux feux de forêt

Si le feu n'est pas un problème sanitaire en tant que tel, son départ peut être favorisé par des peuplements fragilisés et, inversement, les peuplements parcourus par le feu mais encore vivants deviennent vulnérables aux attaques de bioagresseurs (scolytes par exemple).

L'impact des feux de forêts en termes de santé humaine est variable en fonction de la proximité du sinistre. Pour les intervenants (ou les voisins immédiats), il y a des risques en lien avec les brûlures, la chaleur et l'inhalation directe de la fumée.

Même dans les zones éloignées de l'incendie, les particules fines et ultrafines affectent essentiellement la santé respiratoire. La santé cardio-vasculaire et la santé mentale (évacuation d'urgence, perte de logement...) peuvent être également affectées suite à un feu de forêts.

## Risques liés aux chenilles

Certaines chenilles défoliatrices comme la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), du chêne (*Thaumetopoea processionea*) et le bombyx cul-brun (*Euproctis chrysosorhea*) - cf. également *Lithosia quadra* citée, page précédente - sont bien connues pour leurs poils urticants pouvant provoquer chez les animaux de compagnie, le bétail et l'homme des érythèmes, des éruptions prurigineuses, des atteintes oculaires (conjonctivite) et pulmonaires pouvant aller jusqu'à des œdèmes de Quincke.



© DSF

Nid et chenilles de processionnaires du chêne

Avec les évolutions climatiques, la processionnaire du pin colonise le Nord du pays et fait désormais partie, à quelques exceptions près en montagne, du paysage des pinèdes françaises. Ces chenilles présentent des phases de pullulation, d'intensité et de cyclicité variables selon les espèces, les arbres-hôtes, les conditions climatiques et les régions.

L'importance de ces chenilles processionnaires en termes de santé s'est traduite par l'ajout, dans le code de la santé publique, des deux insectes à la liste des espèces dont la prolifération est nuisible à la santé humaine (décret n°2022-686 du 25 avril 2022).

## Maladie de la suie de l'érable

La maladie de la suie de l'érable (*Cryptostroma corticale*) affecte principalement l'érable sycomore. Elle se traduit par le dessèchement des rameaux, le jaunissement et la chute des feuilles et en cas de forte attaque, par la mortalité de l'arbre. Le symptôme caractéristique de cette maladie est le détachement de l'écorce laissant apparaître une couche de « suie noire » correspondant aux spores du champignon. En se disséminant dans l'air, les spores du champignon peuvent atteindre les voies respiratoires et provoquer des problèmes pulmonaires (asthme, granulomes par exemple) chez les personnes sensibles.

Ce pathogène touche les arbres les plus exposés aux sécheresses et à la chaleur. De fait, des pics épidémiques de la maladie sont observés 1 à 3 ans après des épisodes climatiques chauds et secs en été. Les évolutions climatiques devraient donc être favorables à cette maladie.

## Prise en compte du concept « One Health » au niveau de la gestion forestière

La surveillance de la santé des forêts est assurée par le Département de la santé des forêts. Elle a pour objectifs de suivre l'évolution de l'état sanitaire des peuplements forestiers, d'assurer une veille active vis-à-vis des organismes réglementés et émergents afin d'intervenir au plus vite en cas de détection et d'informer les partenaires forestiers. Cette information sylvosanaire est donc une première donnée à prendre en compte par le propriétaire au niveau des propriétés qu'il détient.

Une seconde information utile est la connaissance des trois plateformes d'épidémiosur-

veillance relatives aux domaines de la santé animale (<https://plateforme-esa.fr/fr/>), végétale (<https://plateforme-esv.fr/>) et, moins importante pour le présent sujet, de la chaîne alimentaire (<https://www.plateforme-sca.fr/>). Ces plateformes s'engagent, dans une approche unifiée, pour prévenir des risques et lutter contre les dangers sanitaires sur le territoire. Tous les acteurs impliqués dans la surveillance des dangers sanitaires sont associés : État, organismes d'appui scientifique, représentants des agriculteurs, des professionnels des filières de production et de transformation, acteurs impliqués dans la faune sauvage et l'environnement.

En complément du recueil de ces informations phytosanitaires, le propriétaire doit passer par une phase indispensable de diagnostic-analyse du risque pour la santé animale ou humaine de ses parcelles. Comme toute analyse de risque, trois paramètres sont à prendre en compte : les aléas, la vulnérabilité des peuplements aux aléas et les impacts / les enjeux. C'est par ce dernier facteur qu'il convient de débiter l'analyse. Les enjeux ou les impacts d'un problème sylvosanaire en terme de santé animale ou humaine seront proportionnels à la présence animale ou humaine en forêt et à leur durée d'exposition au(x) danger(s). (Voir tableau 2 page 44)

À partir de cette première phase, le propriétaire cherchera à identifier les bio-agresseurs et les dommages abiotiques qui peuvent affecter la santé animale ou humaine (chenilles urticantes, arbres dépérissants ou morts...) dans sa forêt. Ensuite, il pourra établir un plan d'actions agissant sur la vulnérabilité du peuplement à ces bio-agresseurs. En cas de difficultés à trouver des solutions ou en attente d'interventions, le propriétaire pourra interdire l'accès aux parcelles forestières présentant un risque pour l'homme ou l'animal.

Des actions d'information du public peuvent également être mises en place à travers la pose de panneaux indiquant les risques sanitaires présents dans la forêt et les précautions à prendre par les usagers.

## Chevaux et ovins en forêt

Au-delà de la responsabilité civile du propriétaire forestier, qui peut être engagée en cas de dommages matériels ou corporels causés à autrui, cette réglementation prévoit des mesures de prévention et de lutte obligatoires adaptées



3 Ardennes, Aube, Calvados, Eure, Manche, Haute-Marne, Meurthe-et-Moselle, Meuse, Moselle, Orne, Bas-Rhin, Haut-Rhin, Seine-Maritime, Vosges.

à l'espèce ciblée et à sa période de développement, dans l'objectif de réduire l'impact pour la santé des usagers et des riverains. Elle est applicable dans les départements<sup>3</sup> dotés d'un arrêté préfectoral que ce soit dans le domaine public de l'État ou des collectivités ou dans les propriétés privées.

Concernant les forêts, les lisières sont concernées par cette réglementation « *dans les lieux où la survenue de prolifération de ces espèces pourrait entraîner un impact sur la santé des usagers et des riverains, lorsque ces lieux sont à usage résidentiels ou récréatifs, lorsqu'ils accueillent du public ou lorsqu'ils sont situés à proximité de tels lieux* ». Des informations réglementaires et techniques sont disponibles sur le site de l'Observatoire des chenilles processionnaires (<https://chenille-risque.info/>).

## Quelques propositions pour conclure

Les forêts présentent une certaine résilience (capacité à retrouver leur état initial et leurs fonctions après une perturbation) en fonction de leur composition, de leur structure, de leur sylviculture... Cet équilibre dynamique peut être fortement modifié par les activités humaines : changement climatique, pollutions atmosphériques, introduction d'espèces exotiques envahissantes, mise en valeur ou plantations d'essences non adaptées et/ou sensibles à des bio-agresseurs...

Ainsi, dans une perspective de la mise en pratique du concept « One Health » en forêt, quelques propositions peuvent être émises :

- maintenir la surface de forêt existante, qui présente de nombreux atouts en termes de santé humaine et renforcer sa résilience,
- intégrer dans les documents sylvicoles l'adaptation au changement climatique (notamment la gestion des dépérissements) et limiter certaines pratiques (plantations monospécifiques d'es-

- sences-hôtes d'organismes présentant un danger sanitaire pour l'homme ou les animaux...),
- surveiller les espèces exotiques envahissantes et mieux connaître les mécanismes de régulation des invasions biologiques,
- informer les professionnels et le grand-public sur les dangers sanitaires pour l'homme et les animaux en forêt. ■

## En savoir +

Forests and Trees for Human Health : Pathways, Impacts, Challenges and Response Options ; IUFRO World series Volume 41 (2023)

Sur le site du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire : <https://agriculture.gouv.fr/interview-de-jean-luc-angot-one-health-cest-un-changement-de-culture-qui-nous-concerne-tous>

Sur le site de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail : <https://www.anses.fr/fr/content/one-health-une-seule-sant%C3%A9-pour-les-%C3%AAtres-vivants-et-les-%C3%A9cosyst%C3%A8mes>

Sur le site de l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement : <https://www.inrae.fr/alimentation-sante-globale/one-health-seule-sante>

Tableau 1 : Exemple d'une grille d'analyse du risque pour la santé animale et humaine en forêt, indépendamment des bio-agresseurs et de la vulnérabilité des peuplements.  
Durée d'exposition aux dangers sanitaires

Catégorie	Risque nul	Risque faible	Risque moyen	Risque fort
Animaux	Aucune présence	Présence occasionnelle : chiens ou autres animaux de compagnie	Présence plus importante : chiens de chasse, chiens truffiers, chevaux...	Présence durable en forêt : bétail...
Humains	Forêt peu fréquentée	Promeneurs, récolteurs divers, vétérinaires...	Visites guidées, scolaires, parcours de santé, chasseurs, professionnels forestiers ...	Public en contact proche avec les arbres : parcours d'accrobranche, sylvothérapie...

DSF

# Seconde édition du livre « La santé des forêts »

Pour en savoir davantage sur la santé des arbres et des forêts et avoir une analyse exhaustive de ces différents sujets, la lecture de la seconde édition du livre « La santé des forêts » ne peut être que conseillée. En 640 pages et plus de 1000 photos, cet ouvrage concentre une masse considérable d'informations permettant de répondre à bien des interrogations.

Les perturbations qui touchent les forêts sont diverses : insectes ravageurs, champignons pathogènes, tempêtes, sécheresses, incendies, pollutions, grands ongulés... S'y ajoutent deux nouvelles sources d'inquiétude : les effets du changement climatique et la crainte d'invasion de parasites exotiques, très liée à la progression des échanges internationaux. La connaissance et la prise en compte de ces menaces potentielles deviennent une nécessité pour assurer la pérennité de nos forêts, d'autant que ces phénomènes s'accroissent. La seconde édition du livre "La santé des forêts - Diagnostic, prévention et gestion" est le bon ouvrage pour prolonger et développer les différentes thématiques abordées dans ce dossier. En effet, cette synthèse, unique en langue française et mise à jour grâce aux connaissances les plus récentes, décrit les modes de vie ou d'action des différents agents de dommages, leurs symptômes et offre des clés de diagnostic simples et inédites. Cet ouvrage passe en revue toutes les causes biotiques et abiotiques pouvant nuire aux forêts et aux différentes essences qui les composent.

À la fois novateur, scientifiquement rigoureux, pratique, pédagogique et accessible à tous, ce manuel de plus de 600 pages bénéficie d'une iconographie exceptionnelle (plus de 1000 photos, graphiques, tableaux, dessins, fiches d'identification...). C'est l'outil indispensable pour mieux comprendre et sauvegarder le milieu forestier.

Cet ouvrage collectif, coordonné par François-Xavier Saintonge et Louis-Michel Nageleisen, s'adresse d'abord aux professionnels de la forêt et aux acteurs de la recherche. Ils y puiseront l'information nécessaire pour évaluer les risques afin de les intégrer dans une gestion préventive et maintenir les arbres en bonne santé.

Mais la santé des arbres n'est pas que l'affaire

des spécialistes et des professionnels du secteur. Elle concerne plus largement tous ceux qui s'intéressent à la forêt. Cet ouvrage leur apportera les informations pointues et utiles pour comprendre les équilibres complexes qui s'établissent entre les arbres, l'écosystème forestier et les organismes qui y vivent. Les amateurs de nature découvriront le fonctionnement fascinant de l'écosystème-forêt, peuplé d'organismes aux modes de vie originaux et régi par de fragiles équilibres...

Enfin, cet ouvrage est également destiné aux responsables politiques attentifs à l'évolution des risques supportés par la forêt. Il leur permettra d'avoir une vision prospective sur un espace qui représente près du tiers du territoire national et qui remplit des fonctions économiques, écologiques et sociales irremplaçables.

## Les auteurs

- **François-Xavier Saintonge, Bernard Boute Morgane Goudet et Claude Husson** sont experts nationaux du Département de la Santé des forêts du ministère chargé des forêts.

- **Louis-Michel Nageleisen et Dominique Piou** (retraités) ont de même été experts en Santé des forêts.

- **Philippe Riou-Nivert** est ingénieur à l'Institut pour le développement forestier (CNPf-IDF)

La santé des forêts, diagnostic, prévention et gestion, deuxième édition

Editions du CNPF-IDF, 2023, 640 pages,

16 x 24 cm

35 € (format numérique : 25 €)

<https://librairie.cnpf.fr>

idf-librairie@cnpf.fr





# Un premier verger à graines de chêne rouge en Limousin

À l'heure actuelle, le chêne rouge d'Amérique est confronté à différentes difficultés qui tendent à limiter son utilisation. Afin de remédier à certains problèmes, il apparaît notamment nécessaire de renouveler et d'améliorer la ressource génétique de cette essence. Dans cette optique, et pour la première fois en France, une plantation de chênes rouges d'Amérique vient d'être convertie en verger à graines, en Haute-Vienne.

David Provost, CNPF Nouvelle Aquitaine

## Le chêne rouge : une essence en perte de vitesse sur le territoire français

D'après les derniers relevés de l'IGN (2017-2021), le chêne rouge représente environ 7,6 millions de m<sup>3</sup> de bois sur pied et constitue l'essence principale sur 61 000 ha de forêts, principalement dans le Nord-Est, le Centre et le Sud-Ouest de la France (Figure 1). Il s'agit d'une essence de moins en moins sollicitée. Alors que dans les années 1980, plus de 3000 ha de forêts étaient reboisés chaque année en chêne rouge, cette essence se retrouve aujourd'hui au 13<sup>e</sup> rang des essences plantées

avec 738 600 plants vendus lors de la saison 2021-2022, ce qui correspond à environ 520 ha. Cette baisse d'engouement a plusieurs explications. Bien qu'il présente de fortes potentialités sylvicoles de par sa vigueur et la qualité de son bois, le chêne rouge demeure une essence particulièrement difficile à gérer en raison de sa rapidité de croissance. De nombreux échecs de plantations sont imputables à une sylviculture insuffisamment dynamique. De plus, le chêne rouge peut facilement développer des défauts de forme. Il est très sensible à la fourchaison ou aux gelées tardives. On observe aussi souvent le développement de grosses branches, ou encore une forte flexuosité altérant la qualité du bois.

Il nécessite des interventions rigoureuses et précoces : un dépressement vers 12-15 ans, des éclaircies fortes et fréquentes (prélèvement de 25 % à 35 % des tiges tous les 5 à 7 ans) et souvent des tailles de formation et des élagages. D'un point de vue sanitaire, il n'est pas rare d'observer la présence d'encre du chêne rouge (suintements noirâtres à la base des troncs) ou de champignons tels que l'armillaire ou la collybie à pied en fuseau, provoquant une pourriture racinaire. Cependant, un certain nombre de ces défauts, plus particulièrement les défauts de forme, pourraient trouver leur origine dans le génome<sup>1</sup> des individus<sup>2</sup>.

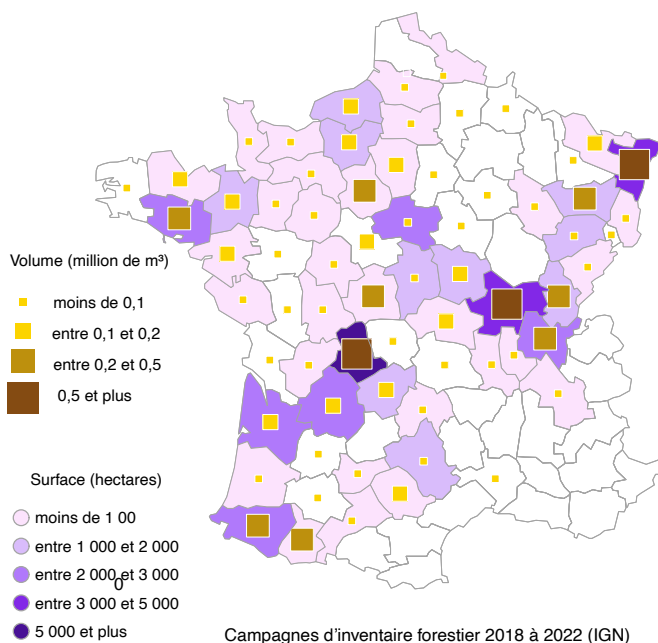
Depuis leur introduction en France au début du XVIII<sup>e</sup> siècle, les chênes rouges ont été potentiellement sujets à différents phénomènes problématiques, relatifs à la génétique des populations. Parmi les nombreux processus possibles, on peut citer la réduction de la diversité génétique due à un nombre limité de peuplements nord-américains dans lesquels les graines

1 Génome : ensemble de l'information génétique d'un organisme

2 KREMER A. (1994) Programme d'amélioration génétique du chêne rouge en France. Le chêne rouge d'Amérique (Timbal J, Kremer A, Goff NI, Nepveu G), pp. 425-443.

**Figure 1 : Volume sur pied et surface forestière du chêne rouge en France métropolitaine (IGN 2017-2021)**

Chiffres nationaux pour l'essence chêne rouge d'Amérique  
Surface en essence principale : 63 000 ± 12 000 hectares  
Volume de bois vivant sur pied : 8,1 ± 2,5 millions de m<sup>3</sup> dont 48 % de plus de 30 cm de diamètre  
Production biologique (croissance) : 470 000 ± 120 000 m<sup>3</sup>/an





Encre du chêne rouge



Armillaire sur douglas

Pourriture rouge sur chêne,  
par du collybie à pied en fuseau

## DESCRIPTION DE LA PARCELLE

**Localisation :** Peyrilhac (Haute-Vienne)

**Altitude :** 337 m

**Topographie :** plateau

**Précipitations annuelles moyennes :**  
1070 mm/an

**Température moyenne annuelle :** 11,4°C

**Sol :** profondeur de 70 cm ; texture limono-sableuse en surface et argilo-sableuse en profondeur ; présence de traces d'hydromorphie au-delà de 50 cm

importées ont été récoltées. Il y a également un risque de dérive génétique, qui peut se produire dans le cas où un nombre limité de graines est récolté dans chacun des peuplements d'origine. La diversité dans le lot de graines récoltées sera inférieure à celle du peuplement source, induisant ainsi une perte de diversité génétique ainsi qu'un risque d'augmentation de la consanguinité dans les peuplements français<sup>3</sup>. D'une manière générale, la diminution de la diversité génétique d'une essence aura tendance à favoriser certains défauts et à réduire sa capacité d'adaptation à des conditions environnementales relativement variées. L'objectif du verger à graines présenté dans cet article est de restaurer la diversité et la qualité génétique du chêne rouge en mélangeant un grand nombre de provenances déjà installées sur le territoire français et en sélectionnant les meilleurs semenciers, dans le but d'améliorer la vigueur des futurs individus et de réduire leurs défauts de forme.

### Plantation du futur verger à graines

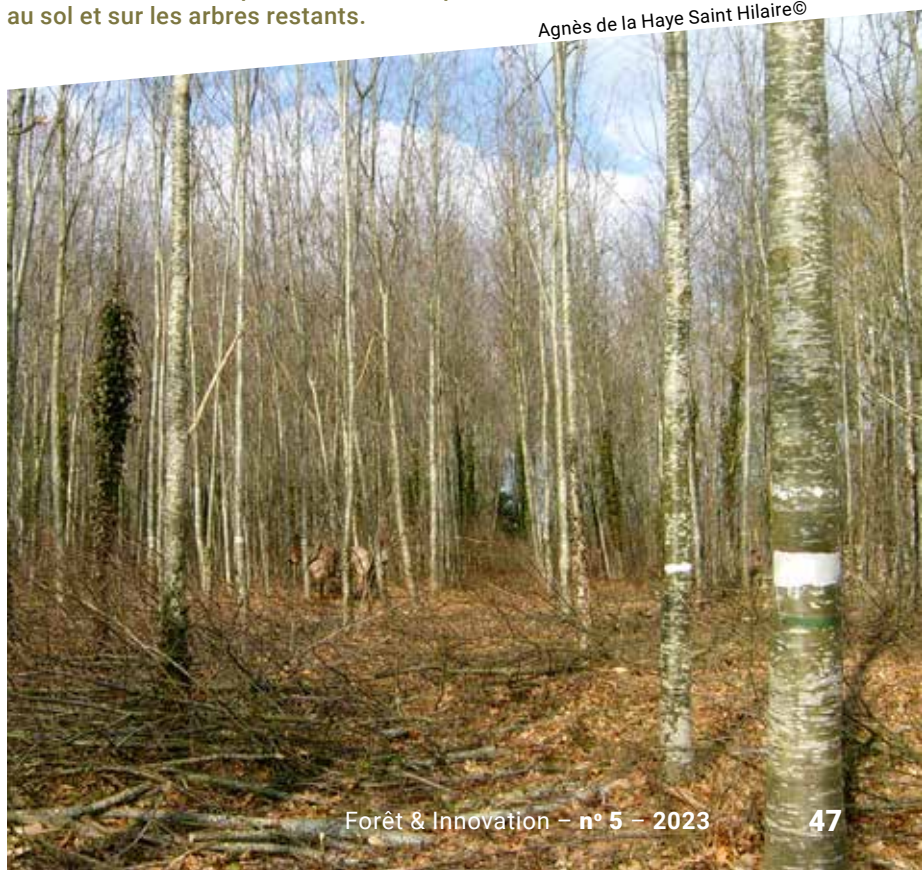
C'est sur la commune de Peyrilhac (Haute-Vienne) qu'un partenariat a vu le jour en 1987 entre le CRPF Limousin, l'INRA (devenu depuis INRAE) et un propriétaire forestier<sup>4</sup>. Une plantation de

chênes rouges a été réalisée sur une ancienne prairie présentant des conditions stationnelles plutôt favorables à cette essence (cf. description ci-contre).

La plantation a été réalisée après un labour en plein, sur une surface de 1,6 hectare et à une densité de 2222 tiges/ha (1,5 m x 3,0 m), par la technique du potet travaillé. 23 provenances génétiques ont été introduites dans cette plantation, issues de différentes régions françaises. Le dispositif est constitué de 38 blocs, chacun étant composé de 16 parcelles unitaires représentant 16 provenances génétiques placées aléatoirement. Chacune de ces parcelles unitaires est constituée de 6 à 8 individus issus de la même provenance.

**État de la parcelle en février 2006 au moment du débardage, après la seconde coupe d'éclaircie, avec recours à la traction animale pour limiter les impacts au sol et sur les arbres restants.**

Agnès de la Haye Saint Hilaire©



**3 MAGNI DIAZ, C.R. (2004)**  
Reconstitution de l'introduction de *Quercus Rubra* L. en Europe et conséquences génétiques dans les populations allochtones, pp. 41-55. Thèse de doctorat, ENGREF.

**4 Le CRPF Nouvelle-Aquitaine** remercie Alexis Ducouso, ingénieur à l'INRAE, pour avoir porté ce projet de verger à graines depuis 1987, ainsi qu'Agnès de la Haye Saint-Hilaire, actuelle propriétaire du peuplement.



### Itinéraire sylvicole

Durant les premières années du peuplement, la strate herbacée a fait l'objet d'entretiens réguliers par des gyrobroyages et des désherbages. À l'âge de 10 ans, un élagage à 3,50 m a été effectué, accompagné d'un défouillage à 6 mètres. Puis, en l'espace d'une vingtaine d'années, 4 très fortes éclaircies ont été réalisées, avec un taux de prélèvement d'environ 50 % à chaque opération, aboutissant aujourd'hui à une densité de 162 tiges/ha à l'âge de 32 ans (Figure 3, Tableau 1). Ces très forts prélèvements répondent à deux exigences : d'une part, le besoin d'une sylviculture très dynamique qui est réclamée par le chêne rouge, et d'autre part, la nécessité d'aboutir rapidement à une densité finale pour faire rentrer le verger à graines dans sa phase de production optimale de graines. Une cinquième et dernière éclaircie sera réalisée d'ici 5 ans, aboutissant à une densité finale de 85 arbres par hectare, soit une superficie de 117 m<sup>2</sup> par arbre sélectionné. Cette superficie correspond à la surface d'une unité de sélection<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> MAGNI DIAZ, C.R. (2004) Reconstitution de l'introduction de *Quercus Rubra L.* en Europe et conséquences génétiques dans les populations allochtones, pp. 41-55. Thèse de doctorat, ENGREF.

<sup>6</sup> Circonférence dominante : moyenne des circonférences des 100 plus gros arbres à l'hectare.

<sup>7</sup> Surface terrière : somme des sections à 1,30 m du sol à l'hectare.

### Caractéristiques dendrométriques

Des mesures régulières du peuplement ont été réalisées par le CRPF et l'INRA afin d'appréhender finement la croissance des chênes rouges. Du point de vue des circonférences (figure 4), on constate que la sylviculture très

dynamique appliquée a permis de conserver une croissance élevée et stable dans le temps, avec une croissance en circonférence moyenne de l'ordre de 3,4 cm/an, pour aboutir à 35 ans à une circonférence moyenne de 119 cm et à une circonférence dominante<sup>6</sup> de 129 cm. Cette performance est accompagnée d'une bonne croissance en hauteur, avec une moyenne de 0,85 m/an, pour aboutir aujourd'hui à une hauteur moyenne (et dominante) de 30 mètres. Du point de vue de la surface terrière<sup>7</sup>, on observe là aussi les conséquences d'une sylviculture dynamique, avec un seuil de déclenchement des éclaircies qui n'a jamais dépassé 29 m<sup>2</sup>/ha et qui devient de plus en plus faible au cours du temps (figure 5).

### Sélection des semenciers

Dans l'objectif d'aboutir à un verger à graines contenant des semenciers de qualité, il est nécessaire de sélectionner les meilleurs individus à conserver lors des éclaircies qui rythment la vie du peuplement. Pour ce faire, un important travail d'évaluation de la totalité des tiges a été réalisé aux âges de 10 ans puis 17 ans. Chaque individu s'est vu attribuer un **index de sélection** sur la base des trois critères suivants :

- **Hauteur totale** à 10 ans (coefficient 1)
- **Circonférence** à 1,30 m à 17 ans (coefficient 3)
- **Note de forme** (de 0 à 10) à 17 ans (coefficient 60)

Un poids extrêmement fort a été donné à la note de forme, car ce critère constitue un problème majeur dans la conduite des peuplements de chêne rouge (fourchaison, flexuosité...). Un poids plus faible a été attribué à la circonférence dans le but d'améliorer le volume de bois produit. Enfin, la croissance en hauteur a aussi été prise en compte car une forte vigueur dans les premières années permet de réduire le nombre de dégagements à réaliser.

Cette évaluation a d'ailleurs permis de mettre en évidence une forte hétérogénéité des circonférences moyennes (de 45 cm à 55 cm) et des notes de forme (de 4,7/10 à 6,1/10) selon la provenance génétique (figure 6). Par exemple, les plants issus de la forêt de la Mothe-Clédou (Charente) ont connu la plus forte croissance, tandis que ceux issus de la forêt de Chaux (Jura) présentent en moyenne moins de défauts de forme.

Cette évaluation individuelle des tiges a permis de déterminer, pour chaque **unité de sélection**, l'arbre qui deviendra le futur semencier. Ainsi, dans chaque unité de sélection, deux arbres

Figure 3 : Évolution du nombre de tiges à l'hectare au fil des éclaircies successives

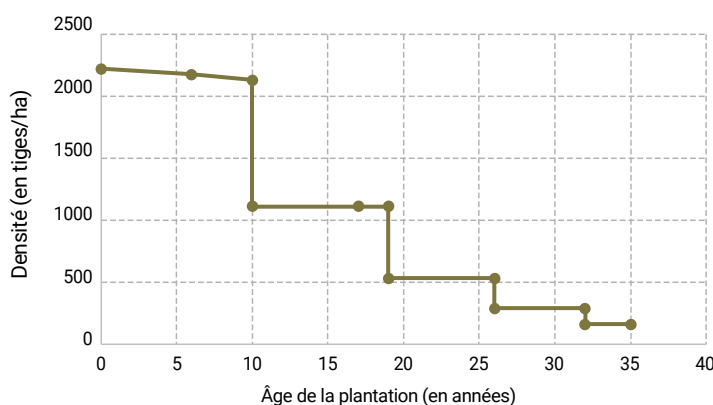


Tableau 1 : Historique des éclaircies réalisées

Eclaircie	Âge	Densité avant éclaircie	Densité après éclaircie	Taux de prélèvement
1	10 ans	2 133 tiges/ha	1 114 tiges/ha	48 %
2	19 ans	1 114 tiges/ha	533 tiges/ha	52 %
3	26 ans	533 tiges/ha	292 tiges/ha	45 %
4	32 ans	292 tiges/ha	162 tiges/ha	44 %

Figure 4 : Évolution des circonférences au cours du temps

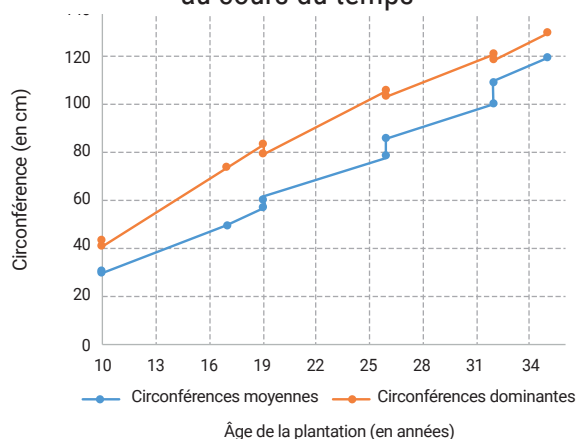
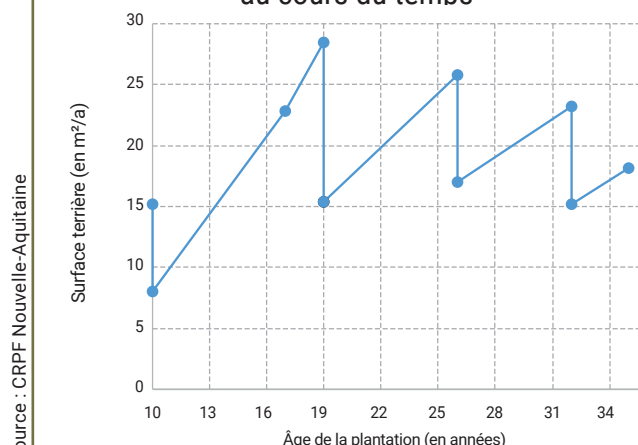


Figure 5 : Évolution de la surface terrière au cours du temps



ont été retenus : une **sélection de niveau I** correspondant à l'arbre ayant le meilleur index de sélection, et une **sélection de niveau II** correspondant à l'arbre placé en seconde position (ce dernier pourra servir de réserve en cas de problème sur le premier arbre, tel que l'apparition d'un défaut majeur, d'une pathologie, ou dans le cas d'un accident d'exploitation). Notons toutefois que l'index de sélection n'a pas été l'unique critère déterminant dans le choix des semenciers, puisque le maintien de la diversité génétique à l'échelle du verger a également guidé le choix des semenciers à conserver, en maintenant le maximum de provenances génétiques différentes. Le tableau 2 présente la liste des 23 provenances composant le peuplement ainsi que leur proportion relative actuelle au sein du verger. On observe qu'en 2023, toutes les provenances installées lors de la plantation sont encore présentes, dans des proportions comprises entre 1,8 % et 8,0 %, assurant ainsi le maintien d'une très bonne diversité génétique parmi les arbres semenciers.

De ce fait, les 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> éclaircies ont été réalisées au profit de ces arbres sélectionnés, aboutissant au dispositif actuel. La 5<sup>e</sup> éclaircie, quant à elle, aura pour rôle de prélever les sélections de niveau 2, afin de conserver les meilleurs semenciers et d'aboutir à la densité finale de 85 tiges/ha.

### Conversion du dispositif expérimental en verger à graines

Grâce au travail de sélection individuelle des chênes rouges qui a été réalisé, ainsi qu'à la dernière éclaircie ayant permis de conserver deux arbres sélectionnés par unité de sélection,

ce dispositif vient d'obtenir sa classification en « catégorie qualifiée », ce qui en fait officiellement le premier verger à graines français de chênes rouges d'Amérique ! La première récolte a pu avoir lieu fin 2022 et a permis de recueillir 330 litres de graines. Le chêne rouge rejoint donc les 4 autres feuillus disposant d'ores et déjà de vergers à graines français : le frêne commun, le merisier, le noyer hybride et le cormier. Par ailleurs, plusieurs autres dispositifs similaires de chêne rouge installés dans d'autres régions de France devraient prochainement être homologués en vergers à graines. Ces vergers permettront de lutter contre la réduction de la diversité génétique du chêne rouge d'Amérique, essence qui présente un intérêt économique non négligeable de par sa productivité et sa potentielle valorisation en bois d'œuvre. ■

Figure 6 : Comparaison des provenances génétiques selon la note de forme et la circonférence

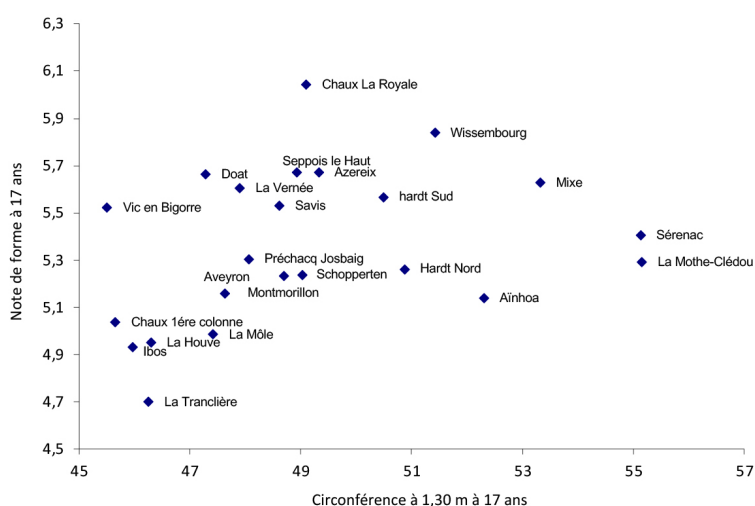




Tableau 2 : liste des provenances de chênes rouges, origines et nombre d'individus présents en 1987 et en 2023

Provenance	Commune	Département	Altitude (en m)	Nombre d'individus en 1987	Nombre d'individus en 2023	Proportion au sein du verger
SAVIS-BASSOUES	Aignan	Gers	140	168	14	5,1 %
AVEYRON	Aignan	Gers	140	168	11	4,0 %
DOAT-EAUZE	Eauze	Gers	150	168	12	4,4 %
SERENAC	Sérénac	Tarn	380	120	16	5,8 %
CHAUX LA ROYALE	La Vieille Loye	Jura	245	108	9	3,3 %
CHAUX 1 <sup>e</sup> COLONNE	Goux	Jura	230	198	7	2,6 %
MONTMORILLON	Saulgé	Vienne	150	174	18	6,6 %
LAMOTTE-CLEDOU	Charras	Charente	150	120	7	2,6 %
IBOS	Ibos	Hautes-Pyrénées	300	120	8	2,9 %
AZEREIX	Azereix	Hautes-Pyrénées	359	174	8	2,9 %
VIC EN BIGORRE	Vic en Bigorre	Hautes-Pyrénées	225	192	13	4,7 %
AINHOA	Aïnhua	Pyrénées-Atlantiques	100	150	9	3,3 %
HARTH-SUD	Krembs	Haut-Rhin	245	186	17	6,2 %
HARDT-NORD	Mulhouse	Haut-Rhin	232	204	21	7,7 %
SCHOPPERTEN	Schopperten	Bas-Rhin	230	204	15	5,5 %
PRECHACQ-JOSBAIG	Préchacq-Josbaig	Pyrénées-Atlantiques	190	192	14	5,1 %
MIXE-BIDACHE	Bidache	Pyrénées-Atlantiques	100	186	22	8,0 %
LA HOUVE	Creutzwald	Moselle	242	198	7	2,6 %
LA TRANCLIERE	La Tranclière	Ain	300	132	6	2,2 %
LA VERNEE ST REMY	Saint Rémy	Ain	250	132	9	3,3 %
WISSEMBOURG	Wissembourg	Bas-Rhin	155	174	16	5,8 %
SEPPOIS-PFETTERHOUSE	Seppois le Haut	Haut-Rhin	410	138	10	3,6 %
LA MOLE	La Môle	Var	30	138	5	1,8 %

Source : CRPF Nouvelle-Aquitaine

## Quatre catégories de plants

En France, les plants commercialisés sont déclinées en 4 catégories, qui traduisent la connaissance de leur qualité génétique :

- catégorie **identifiée** (étiquette jaune) : seule l'origine géographique est connue.
- catégorie **sélectionnée** (étiquette verte) : les plants sont issus de peuplements sélectionnés, la sélection s'opérant selon des critères qui concernent l'ensemble du peuplement (état sanitaire, volume de bois produit...).
- catégorie **qualifiée** (étiquette rose) : les plants sont issus de vergers à graines, au sein desquels les arbres ont été sélectionnés individuellement, sur la base de leur croissance, forme, sensibilité à un pathogène, particularité génétique...
- catégorie **testée** (étiquette bleue) : les plants sont issus de semenciers dont les performances se sont révélées supérieures à celles de témoins pour au moins un caractère (rectitude, branchaison...) dans plusieurs dispositifs comparatifs.

## Résumé

En France métropolitaine, le chêne rouge d'Amérique occupe quelques 61 000 ha et même s'il est actuellement moins utilisé qu'à une époque par les forestiers, 738 000 plants ont été mis en terre lors de la saison 2021-2022, ce qui place l'espèce au 13<sup>e</sup> rang des essences les plus utilisées. Pour autant, les besoins en graines sont bien présents. L'article explique comment une plantation réalisée en Haute-Vienne en 1987 qui comparait 23 provenances françaises de chêne rouge a été transformée en verger à graines, aujourd'hui inscrit au registre national en catégorie qualifiée.

**MOTS CLÉS** : Chêne rouge, verger à graines, sélection, Haute-Vienne

# Un itinéraire de « sylvitrufficulture » pour les sols calcaires du quart nord-est

Le CNPF Bourgogne-Franche-Comté propose un itinéraire technique permettant d'envisager sur une même parcelle une double production de bois d'œuvre et de truffes. L'approche la plus novatrice de ce travail a été de réaliser au fil des ans une simulation du bilan économique ramené à la parcelle. Elle prend en compte tant la production de bois que de truffes.

Alexandre Guerrier et Hugues Servant, CNPF Bourgogne-Franche-Comté

La truffe ou plutôt les truffes, car il en existe de nombreuses espèces, se rencontrent sur tout le territoire national dès lors que le sol inclut des roches calcaires ou des alluvions carbonatées. Les truffes de Bourgogne, du Périgord, d'été et mésoentériques sont les principales espèces de truffes commercialisées en France. Leur écologie, et par conséquent leurs aires de répartition et leurs milieux de prédilection sont bien différents.

Sur les plateaux calcaires du quart nord-est, il en existe différentes variétés : truffes de Bourgogne, truffe mésoentérique, truffe brumale, truffette blanche et truffe noire lisse. Mais celle de Bourgogne (voir encadré) est de loin la plus recherchée. La sylvitrufficulture favorise la production de truffes forestières. C'est la raison pour laquelle nous nous intéresserons tout particulièrement à la truffe de Bourgogne dans cet article car on estime que plus de 90 % des quantités commercialisées sont issues de récoltes en milieu forestier.

Le concept de « sylvitrufficulture » n'est pas nouveau. Il a été présenté il y a une quinzaine d'années par Léon Werlhen, désormais retraité de l'INRAE. Il vise à favoriser la production de truffes forestières en cherchant simultanément à produire des arbres de qualité. Cela consiste à réaliser une plantation sur terrain nu avec des plants forestiers, à vocation de production de bois, dont certains (voire tous) sont mycorhizés<sup>1</sup> avec de la truffe de Bourgogne. Le but est bien de récolter des truffes et du bois sur la même parcelle !



Alexandre Guerrier © CNPF

**1 Mycorhize** : organe mixte constitué par l'association d'une fine racine et d'un champignon. Pour vivre, la truffe a besoin d'un arbre hôte avec lequel elle entretient une relation symbiotique (à bénéfice mutuel). Chez la truffe, la mycorhize, en forme de massue, est visible à l'œil nu. Le mycélium recouvre puis remplace les poils absorbants formant le manteau mycélien.

## Quels sols pour la truffe de Bourgogne ?

La truffe de Bourgogne (*Tuber Aestivum* var. *uncinatum*) a besoin d'une texture de sol équilibrée (mélange sable, limon, argile), grumeleuse et non compacte. Mais elle supporte les terrains argileux à condition que le taux d'argile n'excède guère les 40 %. Elle apprécie un bon taux de matière organique d'où sa présence en forêt. Compte tenu de leur nature calcaire, les sols qui lui sont les plus favorables ont des pH généralement supérieurs à 7 mais en milieu naturel, il n'est pas impossible d'en trouver sur des terrains plus « acides » si les autres conditions physico-chimiques lui sont favorables.



**2** Ectomycorhize : organe mixte constitué d'un champignon formant un manteau autour d'une racine courte et y pénétrant tout en restant à l'extérieur des cellules. Définitions tirées du livre « Les truffes, biologie, écologie et domestication » Agroparistech 2017.

**3** Endomycorhize : organe mixte constitué d'un champignon pénétrant à l'intérieur des cellules d'une racine. Définitions tirées du livre « Les truffes, biologie, écologie et domestication » Agroparistech 2017.

Cet objectif de double récolte permet d'offrir une autre finalité de production aux truffières et d'apporter un complément de revenu aux plantations forestières. Par son impact sur la nature des différentes espèces associées, la sylvitrufficulture permet aussi de nombreuses aménités : structuration du paysage, développement possible en agroforesterie (haies, bosquets). En diversifiant les essences utilisées, elle favorise également la production de miel et la diversification touristique et agritouristique. La sylvitrufficulture est parfaitement adaptée pour valoriser des friches ou des terrains agricoles calcaires, mais semble plus aléatoire en cas de reboisement de parcelles précédemment forestières (voir plus loin).

En revanche, la sylvitrufficulture s'accommode très bien d'un mélange intime d'essences d'autant qu'une association de différentes espèces est très favorable à la biodiversité et à la résilience de la forêt face aux adversités. Le mélange retenu gagnera alors à être composé d'essences à ectomycorhizes<sup>2</sup> feuillues et/ou résineuses, mycorhizées avec la truffe (chênes sessile, chênes pubescents, cèdre, tilleuls, pins...). Elles pourront être accompagnées d'essences à endomycorhizes<sup>3</sup>, sans concurrence pour le mycélium truffier (fruitiers forestiers, érables...) ainsi que d'essences de « bourrage » mycorhizées (noisetier commun, charme...) ou non mycorhizées (cornouiller mâle, pommier...). Ces associations conduisent logiquement à une gestion en futaie régulière mélangée, au moins dans les premières décennies, et présentent un bilan carbone susceptible d'être mis en avant.

## La sylvitrufficulture n'est pas la sylviculture truffière

Attention à ne pas confondre la sylvitrufficulture et la sylviculture truffière ! Cette dernière a pour but de maintenir, voire de recréer, un milieu favorable au développement de la truffe à partir d'un peuplement forestier déjà constitué. Ce mode de gestion a notamment été développé pour la truffe du Périgord par Alban Lauriac (Forêt Entreprise n°158 et 160) pour restaurer les truffières naturelles du sud de la France. En raison du comportement très forestier de la truffe de Bourgogne, Alexandre Guerrier du CNPF Bourgogne-Franche-comté a également pu étudier l'impact des éclaircies sur la production de truffe de Bourgogne en forêt de production.

## Sur quels sols planter ?

Un sol idéal pour la truffe (calcaire, aéré, peu argileux, pas nécessairement très profond) est rarement un sol très productif en bois d'œuvre. Pour s'assurer du potentiel truffier de sa parcelle, il est vivement recommandé de faire des analyses de sol au préalable avec un laboratoire spécialisé pour la truffe et de se référer aux catalogues des stations pour le choix des essences. L'investissement en sylvitrufficulture sur des terrains déjà occupés par de la forêt est le plus souvent déconseillé dans la mesure où les champignons mycorhiziens massivement présents risquent d'entrer en compétition avec les toutes nouvelles et frêles mycorhizes du jeune plant. Excepté lorsque le boisement était déjà bon producteur de truffes, les anciennes parcelles agricoles sont préférables.

À partir des unités stationnelles du guide pour l'identification des stations et le choix des essences<sup>4</sup> des plateaux calcaires du nord-est prenant en compte les changements climatiques, il a été possible de distinguer sur ce même territoire, 3 grandes familles de stations (voir tableau 1) favorables à la sylvitrufficulture. À noter qu'en montagne – altitude d'environ 750 m et au-delà – le guide pour l'identification des stations et le choix des essences ne s'applique pas et il n'y a quasiment aucun recul en matière de sylvitrufficulture. À signaler également que la production de truffes est possible ailleurs en France sur les sols calcaire et si les conditions météorologiques restent favorables (pluies régulières, chaleurs sans excès). Pour le choix du contexte stationnel, on pourra s'inspirer du tableau 1 plus particulièrement réalisé pour un grand quart nord-est de la France.

Si le sol est décarbonaté en surface (pas d'effervescence à l'acide), bien vérifier que la présence de calcium soit suffisante d'après l'analyse de sol avant de planter. Sur certaines stations, la sylvitrufficulture n'est pas conseillée car trop aléatoire à cause :

- d'un rendement en truffes et en bois insuffisants ;
- de la présence de marne ;
- d'un sol trop superficiel vulnérable aux sécheresses ;
- d'une faible possibilité de récolter des truffes malgré la bonne potentialité forestière.

Enfin, a priori, on ne trouvera pas de truffe sur les limons acidoclines à acidiphiles, même si dans la nature rien n'est impossible.

Tableau 1 : Les différentes stations du grand nord-est<sup>4</sup> susceptibles d'être valorisées par la sylvitrufficulture

	Stations très favorables à la sylvitrufficulture	Stations intermédiaires pour la sylvitrufficulture	Stations possibles pour la sylvitrufficulture
Contexte stationnel	Situations fraîches, jamais engorgées, expositions souvent nord, nord-est fonds de vallons, sols carbonatés profonds	Situations intermédiaires, sols rarement secs, profonds et en général carbonatés	Situations «sèches» sur sols peu profonds
Stations du guide pour l'identification des stations et le choix des essences, plateaux calcaires du nord-est et caractéristiques principales de la station	VU3, F1, F2C, F2N, F3	P2p, P4, VA4, VM2, VM3, VU1	P2s, P3, VA3, VM1

<sup>4</sup> On trouvera la description des stations évoquées dans le tableau ci-dessus dans : <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?article783>

### Densité de plantation à retenir

Au moment de la plantation, le bon compromis est de partir sur un écartement de 4 m entre les lignes pour assurer un passage aisé des outils d'entretien puis faciliter les opérations de cavage<sup>5</sup>. Toutes les 6 lignes, on laissera 6 m entre les rangs en prévision de l'exploitation des produits forestiers. Sur la ligne, le fait de laisser 2,5 m entre les plants permet d'apporter l'ombrage nécessaire à la production truffière et au gainage/bourrage, utiles à la formation de billes de pied élancées et sans défaut. Ces écartements correspondent au nombre approximatif de 900 tiges/ha, lequel représente un compromis convenant à cette sylviculture à double fin. Afin de favoriser l'ombrage du sol pour une meilleure production de truffes, il est conseillé d'orienter les lignes est-ouest. Mais la logique est d'abord de les disposer dans le sens de la plus grande longueur de la parcelle ou, en cas de dénivelé important, dans le sens de la pente pour faciliter les entretiens.

### Coûts d'installation du peuplement

L'installation du peuplement (diagnostic, préparation du terrain, installation et protection des plants) est très importante. C'est une étape où aucun poste ne peut être négligé de façon à mettre toutes les chances de son côté compte tenu du prix d'achat des plants mycorhizés. Le travail du sol devra être soigné et adapté à l'antécédent cultural. C'est à minima un potet travaillé à la mini-pelle pour chaque plant truffier.

Pour résumer, l'installation par une entreprise d'une plantation à double fin, truffes et bois, sur 1 hectare (hors éventuel semis d'une culture ou d'herbacées) représente un investissement os-

Tableau 2 : Coût d'installation d'un peuplement et frais d'entretien

Installation du peuplement	Coût en 2023 en euros HT/ha	
	Minimum	Maximum
Analyse de sol	100	à 150
Sous solage	400	à 550
Arrachage ou broyage des souches + mise en andain ou exportation	0	à 800 / 2000
Travail du sol en plein (conseillé)	0	à 1000 / 1500
Installation de l'irrigation	0	à 4500
Clôture avec pose 20 à 40 € / m (400 m)	0	à 8000 / 16000
Potets travaillés à la mini pelle 900 plants (1,5 à 2,5 € / plant)	1300	à 2 250
Griffonnage/hersage/rotovator sur la ligne	0	à 200 / 400
Piquetage	200	à 350
787 Plants mycorhizés (10 € à 20 € / plant)	7900	à 16000
113 Plants non-mycorhizés (2 à 4 € / plant)	200	à 450
Plantation 1,5 à 2,5 € / plant	1350	à 2 250
Paillage : fourniture et pose (dalle 50 x 50 cm) 2,5 à 3,5 € pièce)	0	à 2200 / 3100
Protection individuelle : fourniture et pose (gaine filet et piquet(s) 2,5 à 3,5 / plant	2250	à 3 150
1 caméra	0	à 100 / 400
Regarnis (env. 2 % des plants) en non mycorhizés (10 € / plant) ou en mycorhizés (20 € / plant)	0	à 200 / 400
<b>Total</b>	<b>13300</b>	<b>à 53500</b>

cillant entre 13 et 53 000 € HT. Il faut en outre prévoir des impôts et taxes, mais dans la mesure où la première vocation de la parcelle est de produire du bois, ce sont d'abord les règles forestières qui s'appliquent avec une exonéra-

<sup>5</sup> Le cavage est un terme qui désigne le fait de rechercher des truffes. Le verbe « caver » est l'action de creuser afin de ramasser la truffe en s'aidant pour cela d'un chien truffier préalablement dressé pour la recherche de ce champignon.



Tableau 3 : Les différentes essences à envisager selon le type de station

Stations très favorables à la sylvitrufficulture et stations intermédiaires	Stations possibles pour la sylvitrufficulture	Stations de montagne (≥ 850 m)
Zone de plateaux calcaires favorables (sol profond, fond de vallon, exposition fraîche...)	Zone de plateaux calcaires possibles (sol léger, peu profond...)	Sol calcaire et altitude d'environ 850 m et au-delà
25 % de chênes (sessile, pubescent...)	37,5 % de résineux (pin, cèdre)	37,5 % de hêtre et tilleul
25 % de résineux (cèdre, pin...)	25 % de chênes (dont la moitié de chêne vert)	12,5 % de résineux (pin et sapin ou mélèze d'Europe si mycorhizés à la truffe de Bourgogne)
12,5 % d'essences diverses*	12,5 % d'essences diverses*	12,5 % d'essences diverses** dont chêne sessile
12,5 % de fruitiers forestiers, érables (champêtre...)	12,5 % de fruitiers forestiers, érables (à feuilles d'obier...)	12,5 % de fruitiers forestiers, érables (sycomore, plane ...)
25 % de noisetier commun	12,5 % de noisetier commun	25 % de noisetier commun
Eventuellement des arbustes***	Eventuellement des arbustes***	Eventuellement des arbustes***

En bleu les essences compagnes endomycorhiziennes (arbre non truffier) en jaune essences ectomycorhiziennes (arbre truffier)

\*charme, tilleul, charme houblon, noisetier de Byzance, bouleau, hêtre

\*\* chêne, charme, charme houblon, noisetier de Byzance, bouleau

\*\*\* groseillers, cornouiller mâle, viornes, fusain, cerisier de sainte-Lucie, aubépines, amélanchier, nerpruns...

tion de 50 ans pour la taxe foncière. De plus, dans certaines régions, ce type de projet peut être éligible à certaines aides.

### Adapter les essences à la station

Adapté au contexte local de croissance, le mélange d'essences sera composé d'essences truffières à double vocation mais aussi à la seule vocation bois, à base d'essence à endomycorhizes<sup>3</sup> afin d'éviter la concurrence entre champignons (fruitiers forestiers, érables) ce qui apporte une plus-value forestière et trufficole à l'investissement.

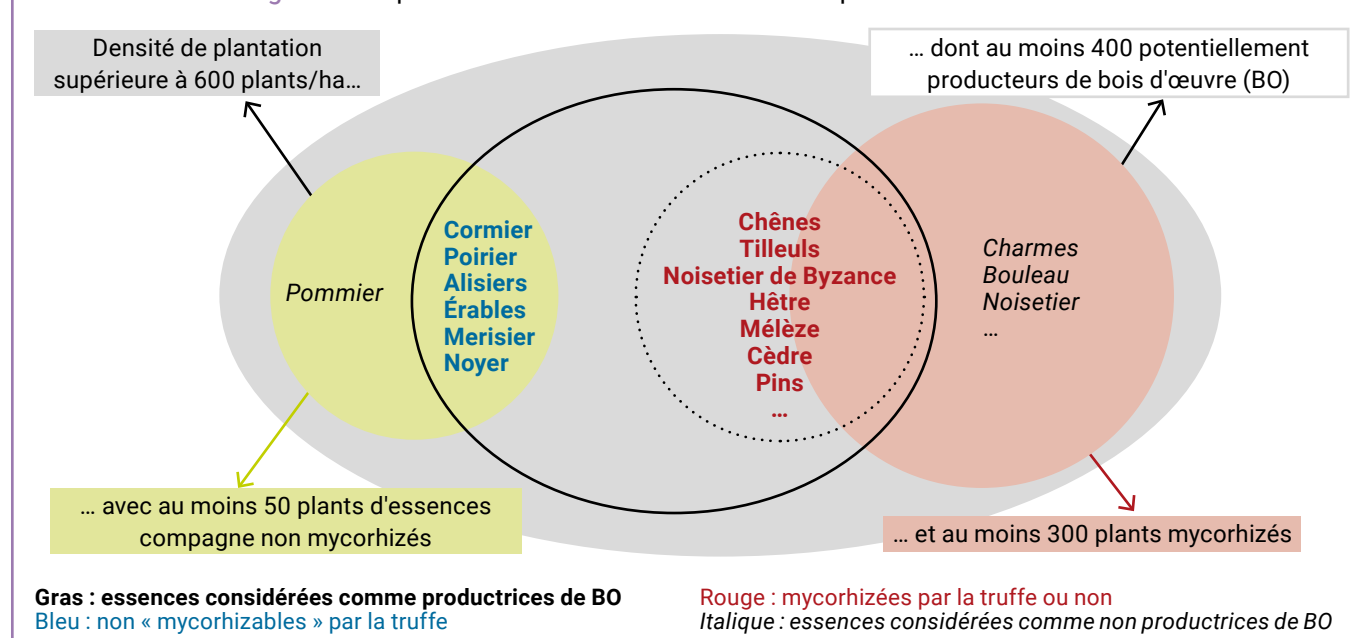
Les essences mycorhizées<sup>1</sup> avec de la truffe représenteront 75 à 90 % des plants mis en place, toutes catégories confondues (arbres objec-

tifs ou essences de bourrages). Il convient de réserver les plants auprès d'un pépiniériste certifié et qualifié pour la production de plants mycorhizés en les plantant ensuite en fin d'automne ou d'hiver, hors période de gel.

### Entretiens de l'année zéro aux premières truffes

Les plants mycorhizés sont nettement plus chers que ceux utilisés pour une plantation forestière classique. Des soins particuliers pour la préparation du sol sont nécessaires. Il convient également de réaliser des tailles adaptées à chacun des deux objectifs de production. Des entretiens du sol spécifiques, sans tassement, et même des arrosages pour la reprise des

Figure 1 : Répartition entre les différentes essences potentiellement utilisables



plants sont également à prévoir. La coupe des branches (taille de formation, voire élagage) restera prudente afin de ménager un ombrage nécessaire à la production truffière.

Une fois le peuplement installé et en pleine croissance, les techniques conseillées en sylvitrufficulture sont quasi identiques à une sylviculture d'arbre classique (désignation des arbres de place, dernières tailles de formation, élagage des tiges les plus rémunératrices, éclaircies prudentes, récolte et renouvellement). Seuls quelques travaux du sol prudents et un contrôle vigilant de l'ombrage sont à envisager en plus si l'on souhaite prolonger la vocation truffière. Toutes les interventions se font sur sol sec afin de ne pas endommager les arbres et le mycélium truffier.

### Coûts des entretiens après plantation

En sylvitrufficulture, les interventions sont (quasi) annuelles, au moins jusqu'au fléchissement de la production truffière et/ou jusqu'à la fermeture du peuplement, soit plusieurs décennies ! Le tableau ci-joint récapitule le coût des différentes interventions à prévoir dans le cas de travaux entièrement réalisés par des prestataires extérieurs.

Entretien chaque année	Coût 2023 en € HT / ha
Gyrobroyage, fauche, tonte	275
Travail du sol en plein ou travail au pied des plants à la mini pelle ou à la bineuse	300
Taille / élagage	200
Total	755

Il faut aussi prévoir du temps pour l'extraction des protections gibier et des paillages non biodégradables. Un travail à réaliser 12 à 30 ans après la plantation selon le type de protection et la vitesse de croissance des arbres. L'arrosage (0 à 500 €/ha) n'est pas pris en compte (eau + temps d'arrosage + temps de contrôle de l'installation + amortissement du matériel). Il faut aussi ajouter :

- l'élagage à 4 m de hauteur et la taille de formation à 8/10 m des 100 à 300 plus belles tiges/ha vers 17 ans (700 à 1800 €/ha)
- l'élagage à 6 m des 50 à 280 tiges devant constituer le peuplement final entre 22 et 27 ans selon la fertilité et les essences (1000 €/ha).

Une fois le peuplement fermé, l'élagage et

surtout l'émondage se font plus ou moins naturellement.

En résumé, il faut compter 500 à 1500 €/ha/an de 0 à 30 ans pour l'entretien de la truffière et la formation des arbres forestiers, si toutes ces tâches sont réalisées par de la main d'œuvre salariée.

### Adapter les itinéraires techniques à la station

Une fois les entretiens terminés, on part du principe que les premières tiges coupées le seront ponctuellement lors des travaux de taille/élagage de la truffière sous forme de dépressage pour éclairer prudemment les meilleurs producteurs de truffes, hors noisetier, il reste alors environ 500 tiges/ha à 35 ans.

La rotation de coupe et les prélèvements seront adaptés au potentiel de production de la station. Dans les stations très contraignantes incluant la plantation d'une part de résineux, l'essentiel du bois d'œuvre sorti le sera grâce à ces résineux. Une part importante des feuillus sera généralement destinée au bois de chauffage.

### Perspectives de production de truffe

On peut espérer récolter les premières truffes environ 7 ans après la plantation. Ce délai est susceptible de varier selon la station. La production de truffe sera à son maximum pendant 20 ans environ, mais les quantités produites dépendront énormément de la météo.

La production va augmenter au fil des ans pour atteindre un pic 20 à 25 ans après la plantation. Ce délai est influencé par la dynamique de la végétation et les différents travaux réalisés. Ce pic de production décroît ensuite progressivement. Il avoisinera alors le plus souvent celui des forêts environnantes dans lesquelles il n'y a pas eu de mise en place de plants mycorhizés. Pour l'exercice théorique, on estime raisonnable de ne rien récolter les premières années de production afin d'ensemencer le terrain. Par la suite, la récolte pourrait s'établir autour de 2 kg/ha à 11 et 12 ans puis 7 kg/ha pendant 20 ans avant de redescendre à 2 kg pendant 10 ans puis 150 g ensuite. Dans le nord-est, pour la truffe de Bourgogne, il est courant de chiffrer la récolte en pesant la sacoche au retour du cavage alors que dans le sud, il semble que l'on ne parle que de ce qui est réellement vendu pour quantifier la récolte.

Ces dernières années, le prix des truffes était



Tableau : Caractéristiques des différentes éclaircies successives  
(estimations des âges, volumes, prix, densités après éclaircie) en fonction des stations

	Stations très favorables à la sylvitrufficulture	Stations intermédiaires pour la sylvitrufficulture	Stations possibles pour la sylvitrufficulture*	Stations de montagne
La 1 <sup>re</sup> éclaircie enlève	20 % des tiges à 45 ans soit 100 tiges pour 50 stères, environ 500 € il reste 400 tiges/ha	20 % des tiges à 50 ans soit 100 tiges pour 50 stères, environ 500 € il reste 400 tiges/ha	20 % des tiges à 55 ans soit 100 tiges pour 50 stères, environ 500 € il reste 400 tiges/ha	23 % des tiges à 45 ans soit 115 tiges pour 50 stères, environ 500 € il reste 385 tiges/ha
La 2 <sup>e</sup> éclaircie enlève	20 % des tiges à 53 ans soit 80 tiges pour 45 m <sup>3</sup> , environ 1000 € il reste 320 tiges/ha	20 % des tiges à 62 ans soit 80 tiges pour 45 m <sup>3</sup> , environ 1000 € il reste 320 tiges/ha	20 % des tiges à 70 ans soit 80 tiges pour 40 m <sup>3</sup> , environ 1000 € il reste 320 tiges/ha	23 % des tiges à 53 ans soit 85 tiges pour 40 m <sup>3</sup> , environ 1000 € il reste 300 tiges/ha
La 3 <sup>e</sup> et éventuellement dernière éclaircie sur les stations les plus sèches, enlève	20 % des tiges à 61 ans soit 65 tiges pour 50 m <sup>3</sup> , environ 1200 € il reste 255 tiges/ha	20 % des tiges à 74 ans soit 65 tiges pour 50 m <sup>3</sup> , environ 1200 € il reste 255 tiges/ha	20 % des tiges à 85 ans soit 65 tiges pour 50 m <sup>3</sup> , environ 1500 € il reste 255 tiges/ha	23 % des tiges à 61 ans soit 70 tiges pour 45 m <sup>3</sup> , environ 1200 € il reste 230 tiges/ha
La 4 <sup>e</sup> et éventuellement dernière éclaircie enlève	20 % des tiges à 69 ans soit 50 tiges pour 50 m <sup>3</sup> , environ 1500 € il reste 200 tiges/ha	20 % des tiges à 86 ans soit 50 tiges pour 50 m <sup>3</sup> , environ 1500 € il reste 200 tiges/ha		23 % des tiges à 69 ans soit 55 tiges pour 50 m <sup>3</sup> , environ 1500 € il reste 175 tiges/ha
La 5 <sup>e</sup> et éventuellement dernière éclaircie sur les meilleures stations enlève	20 % des tiges à 77 ans soit 40 tiges pour 50 m <sup>3</sup> , environ 2000 € il reste 160 tiges/ha			23 % des tiges à 77 ans soit 40 tiges pour 50 m <sup>3</sup> , environ 2000 € il reste 135 tiges/ha

d'environ 600 €/kg au détail, mais il ne faut pas oublier que seule environ la moitié de la récolte est commercialisable à ce prix. Une bonne partie des truffes récoltées sont nettement moins bien valorisées, et parfois ne sont même pas commercialisables (maturité de la truffe, liodes<sup>6</sup>, larves de mouches, dégâts de limace, pourriture, gel...). Le pourcentage de truffes cavées<sup>4</sup> non vendables oscille entre 20 et 50 % selon les auteurs, les dires des caveurs, les parcelles, les années... et les aptitudes et le flair du chien utilisé ! L'hypothèse de calcul se base sur une pesée sortie de sacoche et un prix moyen de 300 €/kg.

### ■ Perspectives de production de bois

Les revenus liés à la vente de bois arrivent lorsque les revenus liés aux truffes déclinent. Si on se base sur la production donnée par l'IGN (3 à 6 m<sup>3</sup>/ha/an selon la fertilité de la station) pour la Bourgogne-Franche-Comté et pour les peuplements mélangés, on peut sans trop se tromper donner un ordre de grandeur de la production de bois à attendre de la sylvitrufficulture. Les hypothèses ci-dessous se calent sur ces valeurs en prenant une marge de prudence eu égard aux évolutions climatiques attendues.

Néanmoins, il est évidemment très difficile d'estimer un revenu sur la vente de bois : il faut prendre en compte les prix du marché (qui fluctuent énormément), le coût d'une exploitation particulièrement soignée afin de ménager la production de truffe, la qualité des bois, les différents produits (bois d'œuvre, bois de chauffage, trituration), l'essence...

### Approche d'un bilan global

Le bilan global, sur la base de toutes les hypothèses TRÈS THÉORIQUES de calcul évoquées ci-dessus, pour les stations de plateaux calcaires favorables à la sylvitrufficulture en matière de productivité forestière, n'est qu'indicatif. Ces chiffres peuvent probablement être transposés à d'autres zones calcaires du quart nord-est.

Au regard des observations faites dans les truffières installées, les hypothèses de récoltes sont faibles. Il ne faut pas sous-estimer les évolutions peu favorables du climat et bien avoir en tête que la récolte de truffes peut être nulle certaines années sèches ou sous forme de truffes d'été, moins rémunératrices.

Ce bilan est dressé pour une parcelle accessible de 1 ha, en € constants 2022.

<sup>6</sup> Les liodes sont de petits coléoptères se nourrissant de truffes dans lesquelles ils creusent des galeries, et diminuent de ce fait la valeur marchande de ce champignon.

Tableau : Récolte finale de bois attendue selon le type de stations retenues

	Stations très favorables à sylvitrufficulture	Stations intermédiaires pour la sylvitrufficulture	Stations possibles pour la sylvitrufficulture	Stations de montagne
Age d'exploitation	100 ans	120 ans	100 ans	100 ans
Chênes caducifoliés	50 tiges/ha 55 cm de diamètre 1,5 m <sup>3</sup> unitaire <b>75 m<sup>3</sup></b>	50 tiges/ha 50 cm de diamètre 1,2 m <sup>3</sup> unitaire <b>60 m<sup>3</sup></b>	50 tiges/ha 35 cm de diamètre 0,4 m <sup>3</sup> unitaire <b>20 m<sup>3</sup></b>	10 tiges/ha 30 cm de diamètre 0,25 m <sup>3</sup> unitaire <b>10 stères</b>
Résineux	100 tiges/ha 60 cm de diamètre 2,5 m <sup>3</sup> unitaire <b>250 m<sup>3</sup></b>	135 tiges / ha 50 cm de diamètre 1,5 m <sup>3</sup> unitaire <b>200 m<sup>3</sup></b>	180 tiges / ha 35 cm de diamètre 0,83 m <sup>3</sup> unitaire <b>150 m<sup>3</sup></b>	50 tiges/ha 35 cm de diamètre 0,83 m <sup>3</sup> unitaire <b>40 m<sup>3</sup></b>
Feuillus divers	10 tiges/ha 45 cm de diamètre 0,8 m <sup>3</sup> unitaire <b>8 m<sup>3</sup></b>	15 tiges/ha 40 cm de diamètre 0,6 m <sup>3</sup> unitaire <b>9 m<sup>3</sup></b>	25 tiges/ha 30 cm de diamètre 0,3 m <sup>3</sup> unitaire <b>7,5 m<sup>3</sup></b>	75 tiges/ha 50 cm de diamètre 1,2 m <sup>3</sup> unitaire <b>90 m<sup>3</sup></b>
Bois de trituration ou chauffage	100 stères	100 stères	50 stères	100 stères
Revenus de la coupe* finale	<b>17400 €</b>	<b>13000 €</b>	<b>7000 €</b>	<b>6250 €</b>
Volume exploité (coupe finale + éclaircies)	6,03 m <sup>3</sup> /ha/an	4,89 m <sup>3</sup> /ha/an	3,17 m <sup>3</sup> /ha/an	3,9 m <sup>3</sup> /ha/an

\*Hypothèses sur les prix de vente à la coupe finale pour une parcelle d'au moins 1 hectare facilement accessible :

Chêne : 120, 100, 80 euros/m<sup>3</sup> selon la fertilité décroissance des stations

Résineux : 30 euros/ m<sup>3</sup>

Divers : 50 euros/m<sup>3</sup>

Trituration : 10 euros/tonne

On peut schématiquement distinguer six phases dans l'itinéraire technique :

- La plantation (année 0) ;
- Les entretiens de la plantation (avant 15 ans) ;
- La période de récolte maximale de truffes ;
- Le moment des éclaircies ;
- Une phase d'attente (dernier tiers de la vie du peuplement).

Ces calculs (voir page 58) montrent que l'objectif de double production est atteignable avec des revenus en début de période assurés par la récolte des truffes et en seconde partie de la vie du peuplement par la récolte du bois. Les revenus de la truffe compensent donc très rapidement les coûts d'installation du peuplement alors que le décalage entre l'investissement et les revenus à attendre sont souvent de nature à décourager les propriétaires de petites surfaces.

On remarque surtout, sur ces stations et avec ces hypothèses, qu'avec un peu moins de 2 kg/ha/an de truffe récoltées en moyenne pendant la durée de vie du peuplement, les « revenus brut truffes » sont 2 à 5 fois supérieurs aux « revenus brut bois » avec 3 à 6 m<sup>3</sup>/ha/an vendus !

**Tout en sachant qu'elle peut varier et être très aléatoire, la récolte des truffes dans les premières décennies de la vie d'un peuplement est beaucoup plus rémunératrice que les classiques éclaircies au profit des plus beaux**

**arbres, pour qui veut bien y prêter attention !**

**Les revenus liés à la vente de bois arrivent lorsque les revenus truffes déclinent.**

Entre autres productions, la sylvitrufficulture semble particulièrement vertueuse en termes de bilan carbone ! Si on :

- plante des ligneux sur un terrain nu, on stocke du carbone ;
- utilise le bois d'œuvre produit, on séquestre du carbone ;
- se chauffe avec les petits bois, sous-produits de la sylvitrufficulture, on évite d'émettre du carbone par substitution aux énergies fossiles ;
- utilise le bois lors de la récolte finale, on stocke le carbone et on le substitue à d'autres matériaux.

Ainsi, valoriser ces plantations au regard du carbone est certainement une source probable de financement pour les planteurs.

Encore peu connue et eu égard aux bénéfices qu'elle produit, la sylvitrufficulture mérite toute l'attention des sylviculteurs des plateaux calcaires.

Il faut cependant poursuivre les travaux, des chercheurs aux forestiers en passant par les pépiniéristes, afin d'améliorer les connaissances et offrir plus de sécurité aux investisseurs. ■

## La récolte du bois (100/120 ans)

## Estimation du bilan financier par ha pour les stations très favorables

Période	Age du peuplement	Récolte de truffe (kg)	Revenu truffe à 300 €/kg	Volume de bois vendu (m³)	Revenu bois (€)	Revenu total (€)	Coût des travaux (€)	Recettes – dépenses (€)
Plantation	0	0	0	0	0	0	20000	-20000
Entretien	1 à 12 ans	4	1200	0	0	1200	8380	-7180
Récolte truffes	13 à 44 ans	161	48300	0	0	48300	18245	30055
Eclaircies	45 à 77 ans	16,5	4950	220	6200	11150	3300	7850
Attente	78 à 99 ans	11	3300	0	0	3300	0	3300
Récolte bois	100	0,5	150	383	17400	17550	0	17550
TOTAL		193	57900	603	23600	81500	49925	31575

## Estimation du bilan financier par ha pour les stations intermédiaires

Période	Age du peuplement	Récolte de truffe (kg)	Revenu truffe à 300 €/kg	Volume de bois vendu (m³)	Revenu bois (€)	Revenu total (€)	Coût des travaux (€)	Recettes – dépenses (€)
Plantation	0	0	0	0	0	0	20 000	-20000
Entretien	1 à 12 ans	4	1 200	0	0	1200	8 380	-7180
Récolte truffes	13 à 49 ans	163,5	49050	0	0	4 050	19070	29980
Eclaircies	50 à 86 ans	18,5	5550	170	4200	9750	2475	7275
Attente	87 à 119	16,5	4950	0	0	4950	0	4950
Récolte bois	120 ans	0,5	150	319	13000	13150	0	13150
TOTAL		203	60900	489	17200	78100	49925	28175

## Estimation du bilan financier par ha pour les stations dites possibles

Période	Age du peuplement	Récolte de truffe (kg)	Revenu truffe à 300 €/kg	Volume de bois vendu (m³)	Revenu bois (€)	Revenu total (€)	Coût des travaux (€)	Recettes – dépenses (€)
Plantation	0	0	0	0	0	0	20000	-20000
Entretien	1 à 12 ans	4	1200	0	0	1200	8380	-7180
Récolte truffes	13 à 54 ans	166	49800	0	0	49800	17420	32380
Eclaircies	55 à 85 ans	15,5	4650	115	3000	7650	1650	6000
Attente	86 à 99 ans	7	2100	0	0	2100	0	2100
Récolte bois	120 ans	0,5	150	202	7000	7150	0	7150
TOTAL		193	57900	317	10000	67900	47450	20450

## Estimation du bilan financier par ha pour les stations dites de montagnes

Période	Age du peuplement	Récolte de truffe (kg)	Revenu truffe à 300 €/kg	Volume de bois vendu (m³)	Revenu bois (€)	Revenu total (€)	Coût des travaux (€)	Recettes – dépenses (€)
Plantation	0	0	0	0	0	0	20000	-20000
Entretien	1 à 12 ans	4	1200	0	0	1200	8380	-7180
Récolte truffes	13 à 44 ans	161	48300	0	0	48300	18245	30055
Eclaircies	45 à 77 ans	16,5	4950	200	6200	11150	3300	7850
Attente	78 à 99 ans	11	3300	0	0	3300	0	3300
Récolte bois	100	0,5	150	185	6250	6400	0	6400
TOTAL		193	57900	385	12450	70350	49925	20425



# La vision de l'arbre, au centre du débat sociétal sur la gestion forestière

## Première partie : L'arbre dans son écosystème

La forêt satisfait au besoin de nature d'un nombre croissant de nos concitoyens, de plus en plus urbains, et c'est une bonne chose. Certains ouvrages auxquels ils se réfèrent présentent les arbres comme des êtres sensibles, susceptibles de souffrir : une vision anthropocentriste très éloignée de la réalité. L'arbre n'est pas conscient et il ne vit pas dans un monde enchanté ! Il a cependant développé un fonctionnement performant et étonnant, bien différent de celui du règne animal.

Philippe Riou-Nivert, CNPF-IDF

### L'écosystème forestier, un jardin d'Eden ?

81 % de la population française est citadine, c'est un fait. Le besoin de nature chez les citoyens qui en sont privés est de plus en plus évident et c'est bien normal. Plus que l'océan trop éloigné ou la campagne trop artificialisée, c'est la forêt qui remporte tous les suffrages. Elle constitue la dernière ressource naturelle accessible, support de promenades, sport, chasse et maintenant de sylvothérapie : les bains de forêt soignent tous les maux !

### Un écosystème de mieux en mieux connu

Botanistes et écologues font aujourd'hui découvrir au grand public dans de multiples publications le monde de la forêt. Nous retiendrons à titre d'exemple, parmi bien d'autres, le superbe livre de Jacques Tassin « Le chêne »<sup>1</sup> (et le film du même nom), qui présente dans un langage accessible, à la fois scientifique et poétique, un milieu fascinant. Nous en tirons les quelques informations suivantes, parmi tant d'autres.

L'arbre – ici le chêne – est le pivot de cet écosystème qui déborde de vie à tous les étages : 40 % des oiseaux forestiers nichent dans ses cavités, qu'ils disputent aux chauves-souris, écureuils, martres... Le tronc héberge une multitude d'insectes, de mousses, de lichens, de champignons. Plus bas, on rencontre à la

tombée du jour les sangliers, les cervidés, les mulots sylvestres cachés dans les racines. Geais, écureuils et mulots prélèvent leur quota de glands et en dispersent une partie permettant ainsi au chêne immobile de se disséminer. Plus bas encore, le bois mort tombé au sol héberge 20 % de la faune forestière dont 2000 espèces d'insectes parmi lesquels les célèbres et si indispensables saproxylophages, ainsi que 85 % des champignons, des vers, des bactéries etc. Ces décomposeurs donnent une seconde

<sup>1</sup> En vente à la librairie de l'IDF (librairie.cnpf.fr).

## La vision de l'arbre, au centre du débat sociétal sur la gestion forestière

L'arbre et la forêt bénéficient d'un capital affectif grandissant auprès du public. Les raisons de cet engouement sont compréhensibles mais le résultat est souvent le rejet de l'homme comme perturbateur d'un décor idéalisé. Le sylviculteur a pourtant une certaine légitimité pour s'insérer dans cet écosystème... avec toutes les précautions nécessaires. Cet article prolonge le dossier « Forestiers et société » de Forêt entreprise N° 257 de 2021.

Sa première partie s'intéresse à l'arbre et la seconde (à paraître dans le prochain numéro) à sa gestion au sein d'un peuplement.

vie au bois qu'ils désagrègent en éléments directement assimilables par les végétaux, bouclant ainsi le cycle de la vie. De même pour les feuilles qui s'accumulent à terre et enseveliraient l'arbre avec les années si elles n'étaient, elles aussi, transformées en humus. Toujours plus bas, on découvre le monde secret des racines qui participent à la formation du sol, associées aux filaments des champignons qui multiplient par 1000 leur longueur et échangent notamment des composés azotés et phosphorés contre des sucres produits par l'arbre.

Outre cette Arche de Noé foisonnante, l'arbre est aussi le pivot des **cycles du carbone et de l'eau**. Un arbre adulte puise en moyenne dans le sol une tonne d'eau par jour, la filtre et en rejette 98 % dans l'air, qui retombe sous forme de précipitations. Il capte le  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère, comme toutes les plantes vertes, et le transforme par la photosynthèse en sucres, premières briques de la matière vivante et base de toute vie animale. On croit souvent que la matière de l'arbre est issue du sol dans lequel il est solidement ancré par ses racines. En fait, plus de 95 % de sa masse vient de l'air. Le bois

est composé de 49,5 % de carbone, 42 % d'oxygène, 6,5 % d'hydrogène, 1 % d'azote et 1 % d'éléments minéraux. 1 ha de forêt avec son sol stockent environ 100 tonnes de carbone.

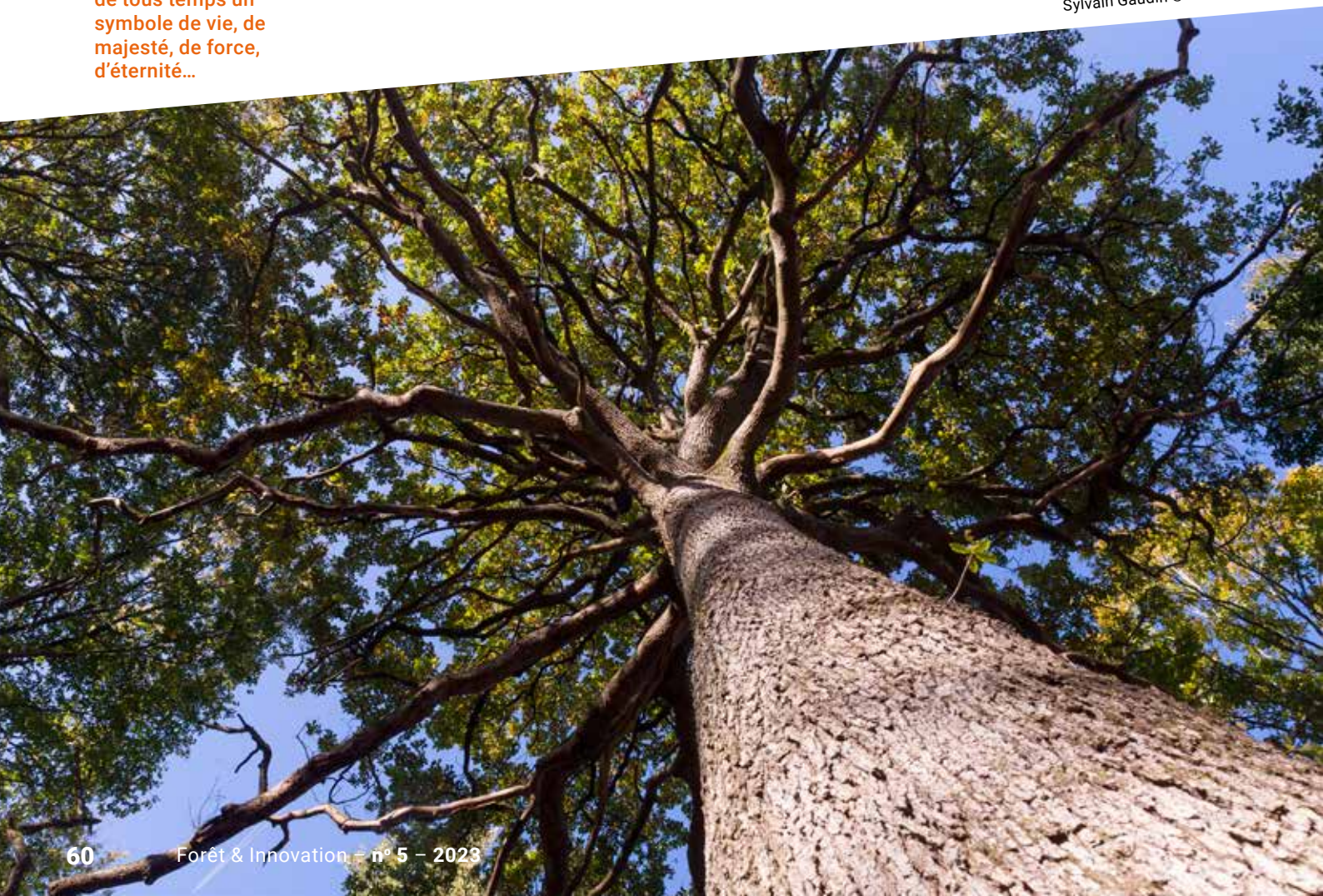
## Les dérives de l'anthropocentrisme

Tous ces points sont vrais et l'arbre est bien un élément fondamental de la vie sur terre. Cette place centrale et sa très grande longévité en ont d'ailleurs fait le support de bon nombre de croyances ancestrales ou religieuses. Ainsi, dans la mythologie germano scandinave, Yggdrasil, l'arbre monde, était représenté chez les Saxons par un gigantesque frêne sacré et réputé immortel. Charlemagne, après 30 ans de guerre, n'a pu venir à bout de ce peuple rebelle qu'en faisant abattre ce symbole.

Une étape supplémentaire a cependant été franchie par certains en lui prêtant des caractéristiques animales voire humaines. Ainsi, Peter Wohlleben (2017) dans son best-seller « La vie secrète des arbres » (plus d'un million d'exemplaires vendus) en fait un être sensible, susceptible de souffrir lorsqu'on le coupe, capable d'empathie, d'apprentissage et d'entraide vis-à-vis

À l'image de ce chêne, l'arbre est de tous temps un symbole de vie, de majesté, de force, d'éternité...

Sylvain Gaudin © CNPF





de ses congénères, qui protège et « allaite » ses petits, communique avec ses voisins par son réseau internet mycorhizien. Bref, un être intelligent. Comment ne pas penser alors qu'abattre un arbre est commettre un crime ? Comment ne pas faire le parallèle entre une souffrance animale réelle contre laquelle il faut lutter et une supposée souffrance végétale ? C'est ce que pensent sans doute une partie des personnes qui agressent des forestiers ou brûlent des machines d'exploitation, phénomène récent et inédit.

Cette vision anthropocentriste ne résiste pas à l'examen des données scientifiques actuelles comme le démontrent Fournier et Moulia (2018) de façon très détaillée. L'arbre est bien un être vivant à part, mais ce n'est en aucun cas un animal, comme nous allons le voir.

## ■ L'arbre n'est pas un animal

Nous nous appuyerons sur les recherches et théories du célèbre botaniste Francis Hallé (1999) dont sont issues une bonne partie des informations qui suivent. Son postulat est que le végétal, l'arbre en particulier, est un être vivant très différent des animaux. Bien que tous soient constitués de cellules vivantes, les deux règnes, végétal et animal, ont un fonctionnement diamétralement opposé. L'arbre n'a pas de système nerveux central, de cerveau, d'organes internes, d'organes vitaux. Il présente par contre des spécificités fondamentales par rapport à la plupart des animaux, dont voici les principales :

### L'arbre est fixé et l'animal est mobile

Empêché de fuir, l'arbre doit développer des moyens de résister aux agressions et aux variations de son milieu extérieur.

Grâce au phénomène de **réitération** (apparition d'axes secondaires reproduisant l'axe principal et aujourd'hui appelés « suppléants ») l'arbre se transforme vite en une **colonie d'individus** plus ou moins autonomes. Des mutations apparaissant à un rythme élevé dans les méristèmes. N'étant pas éliminées comme chez les animaux, elles confèrent aux axes secondaires un génome légèrement différent de celui de l'axe principal. Cette diversité génétique, transmise à la descendance, est un atout adaptatif. Un autre secours contre l'immobilité est sa grande capacité de **multiplication végétative**. Chaque cellule est dotée de pouvoirs très étendus (to-



Nathalie Chourrout © CNPF

Un seul individu peut donner naissance à une forêt par multiplication végétative. Ici marcottage du thuya géant du jardin botanique de Vitré (Ille-et-Vilaine).

tipotence). Ainsi une racine peut redonner une tige (drageonnage) et une tige une racine (marcottage). L'arbre peut donc être amputé d'une partie sans mourir. Chez l'arbre, diviser c'est multiplier alors que chez l'animal, diviser c'est détruire. Par ailleurs, les soudures racinaires entre arbres (anastomoses) sont fréquentes et permettent des échanges nutritifs et une véritable coopération.

La cellule végétale, enfermée derrière le mur d'une paroi cellulosique solide est très différente de la cellule animale souple et mobile. Cette rigidité est encore renforcée par la lignine, déchet toxique du métabolisme qui n'est pas excrété vers l'extérieur mais recyclé pour tapisser les cellules moribondes. Cela permet à l'arbre d'atteindre des hauteurs de plus de 100 mètres et de dominer le monde qui l'entoure.

La **reproduction sexuée** met en jeu des cellules mâles et femelles mais il n'y a pas comme chez les animaux, de différenciation entre une lignée germinale immortelle (le germen) et le reste des cellules du corps destinées à disparaître (le soma). Les fleurs, assurant cette reproduction, peuvent apparaître à différents endroits et la mise en contact des cellules reproductrices, seule phase libre du cycle, doit utiliser des facteurs physiques (vent) ou la mobilité d'autres êtres vivants (animaux). L'hybridation entre espèces est beaucoup plus fréquente que chez les animaux, ce qui est un autre facteur adaptatif important.



### L'arbre a une croissance indéfinie

Tourné vers l'extérieur, l'arbre a une prospection ininterrompue qui s'ajuste à son environnement, lequel influe sur sa taille et sa forme. L'animal au contraire, renfermé sur lui-même, a une croissance prédéterminée qui s'achève à l'âge adulte (longévité maximum de 500 ans pour un bivalve de l'Atlantique nord). Cette croissance continue par des méristèmes renouvelés en permanence et sa propension à la multiplication végétative confère à l'arbre une **potentielle immortalité**. Si l'arbre isolé peut atteindre des âges record (5000 ans pour un pin bristelcone du Nevada ou un alerce récemment découvert au Chili), un individu est bien évidemment mortel, soumis à la compétition, à la prédation, au climat et aux accidents divers. Par contre une colonie d'individus de patrimoine génétique similaire et qui se reproduit par marcottage peut vivre quasi indéfiniment. Ainsi, un groupe de trembles de l'Utah surnommé Pando, constitué de 40 000 arbres et couvrant 43 hectares aurait 80 000 ans, ce qui en fait le plus grand et plus vieux organisme vivant de la planète.

### L'arbre est un mort-vivant

Contrairement à l'animal qui rejette à l'extérieur ses tissus morts ou malades, l'arbre les interiorise. Chaque couche de cellules de bois produite à une durée de vie limitée à quelques années. Elles meurent ensuite, se différencient et servent de canaux pour conduire la sève, ou de fibres pour rigidifier le tronc. Plus de 95 % des tissus de l'arbre sont morts (le bois de cœur et la plus grande partie de l'aubier), enveloppés par quelques centimètres de cellules vivantes récemment formées à partir du cambium. C'est heureux car même si l'arbre est un être frugal qui a besoin de peu pour vivre : de la lumière, du CO<sub>2</sub>, de l'eau et quelques sels minéraux, tous disponibles autour de lui, il serait difficile de nourrir en continu les 2000 tonnes d'un séquoia géant s'il était composé de tissus vivants. Rien à voir avec le régime alimentaire complexe des animaux qui les oblige à courir en tous sens pour trouver leur pitance qu'ils ne savent pas produire (herbivores), ou à chasser sans cesse (carnivores).

### L'arbre n'est pas conscient

Si la science a certainement encore beaucoup à apprendre sur la communication entre les arbres, aucun résultat actuel ne permet de dire

qu'ils pourraient ressentir, comme le laisse entendre Peter Wohlleben, des émotions, de la douleur ou du plaisir. Ils n'ont pas d'empathie, d'intentionnalité, de volonté, de projets et c'est sans doute ce qui les différencie le plus des animaux (Provost, 2023). Ils ne disposent pas d'organes des sens, de vue, de parole mais leurs cellules sont parsemées de multiples capteurs qui les renseignent sur leur environnement (vent, humidité, lumière, chaleur, agressions animales) et leur permet de s'y adapter en continu, avec une vitesse étonnante.

Les mécanismes adaptatifs des arbres, pour importants qu'ils soient, sont cependant beaucoup plus sommaires que ceux de certaines plantes comme les lianes volubiles qui étranglent leur support, les plantes à fleurs qui assurent leur reproduction en mimant la forme des femelles d'insectes pour attirer les mâles ou les plantes carnivores qui vont jusqu'à « dévorer » des insectes, ce qui est le comble du dévoiement des fonctions primaires pour un végétal. Ces plantes sont-elles plus « intelligentes » que les arbres ? Il semble que ces adaptations soient simplement le résultat des mécanismes de l'évolution et de la sélection naturelle sur des millions d'années, qui donne des résultats parfois surprenants.

Toujours est-il que les différences entre règne animal et végétal sont fondamentales et sur beaucoup de points, comme le dit Francis Hallé, les deux mondes sont diamétralement opposés. L'observation de cette merveilleuse mécanique ne nous empêche pourtant pas d'offrir des fleurs à la fête des mères en amputant les plantes de leurs organes reproducteurs, ou de manger des salades vivantes. Devrait-elle nous empêcher de couper des arbres pour en faire des meubles ?

### L'arbre ne vit pas dans un monde enchanté

Qu'en est-il exactement de cet écosystème forêt décrit par certains comme un paradis, dernier refuge de la nature vierge ? Bien sûr, les coopérations ou symbioses autour de l'arbre sont réelles et indispensables, mais il ne faut pas qu'elles occultent le combat permanent qu'il doit mener pour sa survie.

### Une concurrence juvénile féroce

Prenons à nouveau le chêne, notre principale essence forestière et la plus emblématique



Jérôme Rosa © CNPF

(40 % des arbres des forêts françaises). Au départ, une pluie de glands (600 kg/ha les bonnes années) est livrée à la prédation, des sangliers notamment (qui en font la moitié de leur régime alimentaire annuel). Mais avec de la chance, on pourra voir lever un tapis de semis (plusieurs dizaines de milliers à l'hectare). Ces semis sont alors soumis à une compétition intense. Si le CO<sub>2</sub> et les sels minéraux sont disponibles en abondance en général, il n'en est pas de même pour l'eau et la lumière. Les semis disparaîtront tous, **tués par l'ombre d'une mère** « ingrate » (qualifiée pourtant de « semencier »), si celle-ci ne disparaît pas, abattue par le vent ou par l'homme. Certaines autres espèces comme le sapin ou le noyer, encore plus « cruelles » (mais ne cédon pas à l'anthropomorphisme...) éliminent leurs propres semis par excrétion de substances toxiques dites allélopathiques, permettant de favoriser l'alternance d'essences. Les semis sont ensuite soumis à la concurrence herbacée et à **la dent du gibier**, chevreuil et cerf, dont la surabondance actuelle compromet totalement la régénération dans certaines régions. Dans une tache de semis rescapée, **la lutte est sans pitié** au stade gaulis puis perchis, souvent denses et impénétrables. L'arbre n'ayant toujours aucun moyen de fuir, la compétition fait beaucoup de morts. C'est le phénomène de sélection, parfaitement naturel

mais loin de l'entraide parfois évoquée. On parle aujourd'hui pudiquement « **d'automation biologique** ».

#### Des agressions permanentes

Arrivé à l'âge adulte, notre chêne, devenu support d'une riche biodiversité, nous l'avons vu, devra affronter au sein de celle-ci de **nombreux ennemis** (Saintonge et al., 2023). La guildes des insectes de la feuille du chêne par exemple, compte plusieurs dizaines de prédateurs ou parasites dont le moindre n'est pas la chenille processionnaire, capable de défeuiller un arbre au cours d'un printemps, le hanneton forestier, qui s'attaque aux feuilles comme aux racines ou le balanin qui utilise son rostre pour percer les glands et y déposer un œuf. Il rencontrera aussi les champignons lignivores qui profiteront d'une branche cassée ou d'une blessure du tronc pour s'immiscer dans le bois et créer une pourriture. **L'arbre ne soigne pas ses tissus malades**. Comme pour le bois de cœur, il les enferme en lui-même grâce à un mécanisme de défense propre aux êtres immobiles : **la compartimentation**. Tel un paquebot atteint par une voie d'eau, il abaisse des parois étanches autour de la blessure, les « zones de barrage », en remplissant ses cellules de tanins et produits toxiques et en créant du bois sain à la périphérie. C'est ainsi que l'agent pathogène ne pourra

Brosse de semis : entre la dent du gibier, la lutte pour accéder à la lumière et l'ombre des semenciers, la probabilité de voir ces jeunes chênes remplacer un jour leur géniteur est bien modeste.





Joël Perrin © CNPF

Un arbre peut mourir par morceaux. Ici le vieux châtaignier de Lambert dans la forêt domaniale des Maures (Var) qui aurait 1200 ans.

coloniser que le bois formé avant l'attaque et le faire disparaître. C'est l'origine des arbres à cavités ou des arbres creux : **l'arbre peut ainsi mourir par morceaux**, ce qui fait le bonheur de toute une faune et flore spécialisée qui va profiter des « dendromicrohabitats » ainsi créés.

Le combat de l'arbre contre les agressions extérieures est continu. Il doit souvent affronter des **réactions en chaîne**. Une forte sécheresse sur un sol filtrant, une attaque sévère de défoliateurs, l'infiltration insidieuse de champignons racinaires comme la collybie, vont épuiser progressivement ses défenses et le rendre encore plus vulnérable. La production de substances chimiques antiseptiques dans le bois ou émises à l'extérieur en réponse aux différentes invasions se fait aux dépens de ses réserves carbonées et l'affaiblit. Comme en économie de guerre, le budget de la défense prend le pas sur celui de la croissance. C'est ainsi que le bel édifice est parfois mis en défaut et que l'on assiste à des **dépérissements** qui peuvent atteindre des régions entières. C'est le cas malheureusement depuis quelques temps sous l'effet du changement climatique et des sécheresses estivales récurrentes. D'après l'Inventaire forestier de l'IGN (2022), la mortalité a augmenté de 50 % dans la dernière décennie et la production biologique nette des forêts est en baisse de 10 %. Tout n'est donc pas rose dans le monde de la forêt. ■

**REMERCIEMENTS À THOMAS BRUSTEN ET CHRISTOPHE DRÉNOU POUR LEUR RELECTURE.**

## En savoir +

Fournier M., Moulia B., 2018. Sensibilité et communication des arbres : entre faits scientifiques et gentil conte de fée. Forêt-entreprise N° 243, nov.-déc. 2018, p. 7-15.

Hallé F., 1999. Éloge de la plante, pour une nouvelle biologie. Éditions du Seuil, 325 p.

Hallé F., 2021. Ne prenons plus les plantations d'arbres pour des forêts. Tribune, Le Monde, 15 août 2021. « Ne prenons plus les plantations d'arbres pour des forêts ». [https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/08/15/ne-prenons-plus-les-plantations-d-arbres-pour-des-forets\\_6049004\\_3232.html](https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/08/15/ne-prenons-plus-les-plantations-d-arbres-pour-des-forets_6049004_3232.html)

IGN, Inventaire forestier national, 2022. Mémento 2022, 35 p.

Jactel H., 2021. « Les forêts de plantations possèdent la plupart des attributs des forêts dites naturelles ». Tribune, Le Monde. [https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/08/29/herve-jactel-les-forets-de-plantations-possedent-la-plupart-des-attributs-des-forets-dites-naturelles\\_6050283\\_3232.html](https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/08/29/herve-jactel-les-forets-de-plantations-possedent-la-plupart-des-attributs-des-forets-dites-naturelles_6050283_3232.html)

Saintonge F.-X., Nageleisen L.-M. (coord.), Boutte B., Goudet M., Husson C., Piou D., Riou-Nivert P., 2023. La santé des forêts. Diagnostic, prévention et gestion. 2<sup>e</sup> édition. IDF éd., 639 p.

Provost D., 2023. Entre écologistes et forestiers : une querelle d'éthiques ? Forêt & Innovation N°1, p. 62-64.

Riou-Nivert P., 2021. Les critiques socio-environnementales de la gestion forestière s'accroissent. Qu'en penser ? Tiré à part du Forêt-entreprise N°257, p. 3-23.

Tassin J., 2022. Le chêne. Belin éd., 225 p.

Wohlleben P., 2017. La vie secrète des arbres, ce qu'ils ressentent, comment ils communiquent. Éditions les Arènes, 260 p., et le film documentaire « L'intelligence des arbres » qui en est issu.

NB : Suite de cet article (Quelle place pour l'homme dans l'écosystème forêt ?) dans le prochain numéro.



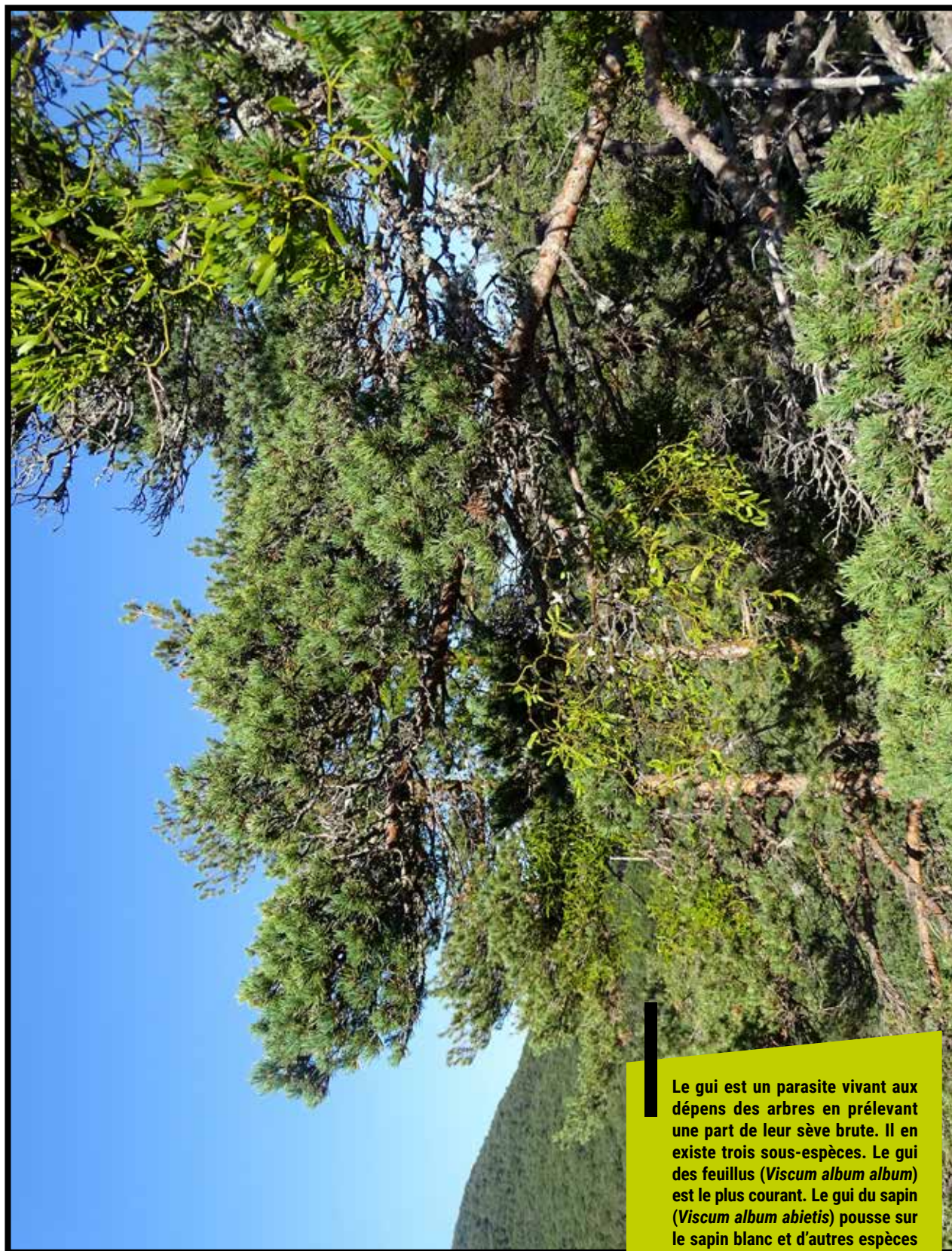
# Un gui spécifique des pins



Auteur : **Joël Perrin**

Technicien forestier à la délégation  
Provence Alpes Côte d'Azur du CNPF

Le gui est très présent sur le Pin sylvestre du Haut-Var et accentue probablement ses problèmes sanitaires dans le contexte du changement climatique. La photo a été prise à l'occasion d'une visite de terrain en tant que correspondant observateur du Département Santé des Forêts. Depuis 2015, passé du Limousin à la Provence, je me suis mis à la photographie, encouragé par mes collègues de Paca et par la lumière... Sans technique, juste avec le souci du cadre et du sujet, je me suis vite pris au jeu.

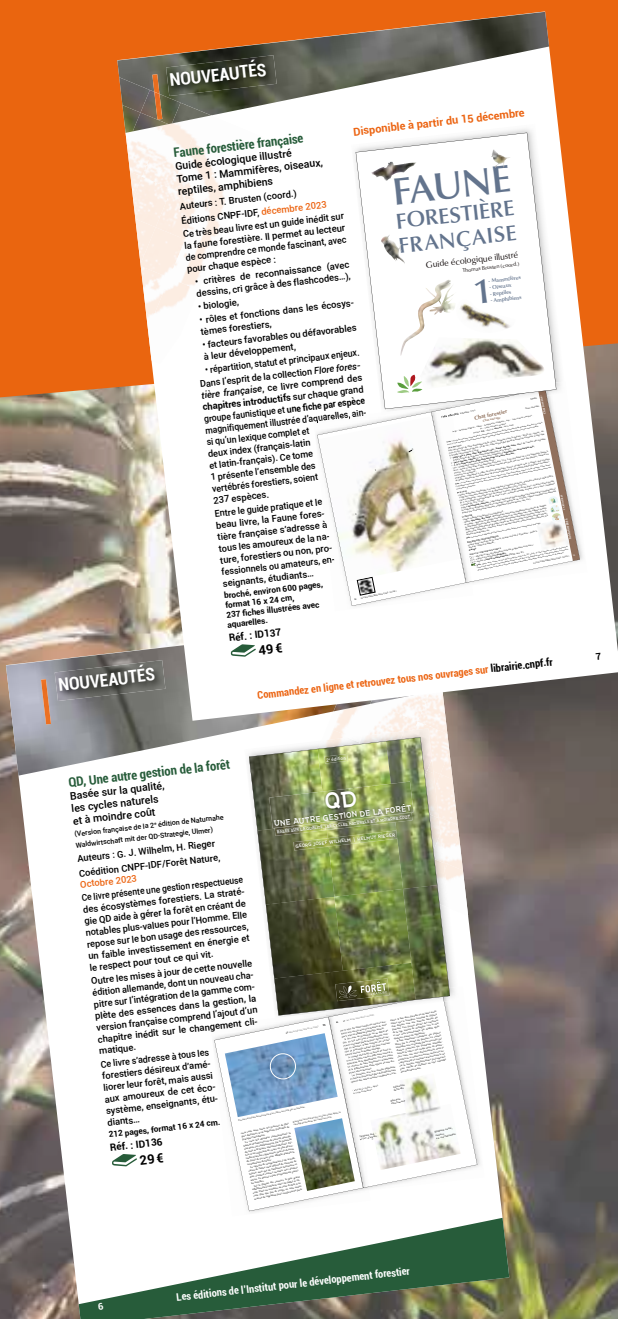


Le gui est un parasite vivant aux dépens des arbres en prélevant une part de leur sève brute. Il en existe trois sous-espèces. Le gui des feuillus (*Viscum album album*) est le plus courant. Le gui du sapin (*Viscum album abietis*) pousse sur le sapin blanc et d'autres espèces de sapin introduites. Enfin le gui du pin (*Viscum album pini*) présenté sur cette photo, est un hôte spécifique des pins sylvestre, noirs, à crochets et plus rarement de l'épicéa. Il est d'usage en Europe du nord, de s'embrasser sous une boule de gui, symbole de prospérité et de longue vie au moment des fêtes de Noël et du jour de l'an : à minuit précisément ! Bonne année à tous.



# Le catalogue des publications 2023 est paru !

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



Envoi du catalogue sur simple demande

