

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

« Se défier du ton d'assurance qu'il est si facile de prendre et si dangereux d'écouter »
Charles Coquebert, Journal des mines n°1, Vendémiaire An III (septembre 1794)



Les forêts dans le changement climatique : nouveaux enjeux



N°115
JUILLET 2024

Publiées avec le soutien
de l'Institut Mines Télécom

UNE SÉRIE DES
**ANNALES
DES MINES**
FONDÉES EN 1794

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

ISSN 2271-8052 (en ligne)

ISSN 1268-4783 (imprimé)

Série trimestrielle - N°115 - Juillet 2024

Rédaction

Conseil général de l'Économie (CGE)
Ministère de l'Économie, des Finances
et de la Souveraineté industrielle et numérique
120, rue de Bercy - Télédock 797
75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68
<http://www.annales.org>

Grégoire Postel-Vinay
Rédacteur en chef

Alexia Kappelmann
Secrétaire générale

Daniel Boula
Secrétaire général adjoint

Magali Gimon
Assistante de rédaction et Maquettiste

Frédérique Linque
Webmestre et Maquettiste

Publication

Photo de couverture
Photo libre de droit téléchargée
sur le site Pixabay
(<https://pixabay.com/fr/photos/des-arbres-for%C3%AAt-chemin-forestier-3410836/>)

Iconographie
Daniel Boula

Mise en page
Magali Gimon

Impression
Dupliprint Mayenne

Membres du Comité de rédaction

Pierre Couveinhes
Président du Comité de rédaction

Paul-Henri Bourrelier

Mireille Campana

Fabrice Dambrine

Dominique Dron

Jean-Luc Laurent

Richard Lavergne

Philippe Merle

Michel Pascal

Didier Pillet

Grégoire Postel-Vinay

Anne-Cécile Sigwalt

Claire Tutenuit

Benjamin Vignard

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. » correspond à des documents ou photographies pour lesquels nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées infructueuses.

Le contenu des articles n'engage que la seule responsabilité de leurs auteurs.

Les forêts dans le changement climatique : nouveaux enjeux

05

Préface

Marc FESNEAU

07

Introduction

Bérolde Costa de BEAUREGARD
et Jean-Luc DUNOYER

La forêt face au changement climatique : adaptation, gestion et renouvellement

10

Aux origines de la gestion durable des forêts

Michel HERMELINE

14

Le carbone forestier : un équilibre à trouver entre la préservation des stocks et le maintien d'une pompe à carbone

Christine DELEUZE, Salomé FOURNIER,
Antoine BILLARD, Emila AKROUME,
Antoine COLIN, Claire BASTICK,
Henri CUNY, Estelle VIAL,
Mélanie JUILLARD, Meriem FOURNIER
et Jean-François DHÔTE

22

Projections des stocks et flux de carbone du secteur forêt-bois français dans un contexte de changement climatique

Claire BASTICK, Antoine COLIN,
Henri CUNY, Marin CHAUMET,
Gérard DEROUBAIX, Mouchira LAHIANI,
Lucile SAVAGNER et Estelle VIAL

30

Évolution de la santé des forêts, zoom sur les crises récentes

Fabien CAROULLE

34

Observer, adapter, renouveler les forêts

Albert MAILLET

37

La forêt privée et les modes de gestion dynamique

Roland de LARY
et Laurent de BERTIER

41

Les Communes forestières, engagées pour la défense des forêts françaises

Philippe CANOT

46

Migration assistée
des essences forestières :
un levier d'adaptation
parmi d'autres

Brigitte MUSCH
et Éric PAILLASSA

51

Évolution adaptative des chênes
et changement climatique

Antoine KREMER

Les usages du bois : répondre aux besoins des hommes et contribuer à la transition vers une économie bas carbone

56

Proposition d'un scénario
de convergence offre-demande
de la filière bois

Hughes-Marie AULANIER
et Gabriel FOLLIN-ARBELET
avec Maxime CHAUMET
et Jean-Luc DUNOYER

64

Construire et rénover l'habitat
avec le bois

Dominique COTTINEAU
et Nicolas DOUZAIN-DIDIER

68

La construction bois :
bas carbone, sûre et efficiente

Michel VEILLON

75

Le bois dans les bâtiments et
équipements des Jeux Olympiques
de Paris 2024

Georges-Henri FLORENTIN

80

Vers une économie
de la fonctionnalité :
réemploi et recyclage

Jean-Louis LOUVEL

85

Meubler et aménager en bois :
un modèle souhaitable
pour concilier décarbonation
et réindustrialisation
en France

Cathy DUFOUR

90

L'industrie papetière :
un convertisseur de carbone
biogénique contribuant à la lutte
contre le changement climatique

Paul-Antoine LACOUR

95

Le bois énergie, une énergie
renouvelable incontournable
à la transition énergétique

Émilie MACHEFAUX, Nicolas TONNET
et Jérôme MOUSSET

99

Investir dans les outils
de production et la captation
de valeur ajoutée en France

Sylvain BORDEBEURE
et Dominique WEBER

L'utilité sociale de la filière forêt-bois

102

Forêt, territoire et société

Anne-Catherine LOISIER

106

Le Grand Site de France
de Bibracte – Morvan des Sommets :
une expérience de dialogue territorial
en contexte de conflit forestier

Jean CACOT, Vincent GUICHARD,
Marieke BLONDET, Éric LACOMBE,
Philippe BARRET et Nicolas LE MÉHAUTÉ

111

Les chiffres clés de la Veille
économique mutualisée (VEM)
de la filière forêt-bois

Éric TOPPAN
et Mouchira LAHIANI

117

Les forêts et la filière bois dans
le Grand Est face aux conséquences
des changements climatiques :
menaces et perspectives

Jean-Pierre RENAUD

Conclusion

124

La feuille de route forêt-bois
dans la planification écologique

Antoine PELLION
et Vincent HULIN

130

Traductions des résumés

136

Biographies des auteurs

Ce numéro a été coordonné
par Bérold Costa de BEAUREGARD
et Jean-Luc DUNOYER

Préface

Par Marc FESNEAU

Ministre de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

Quatrième surface forestière en Europe, la forêt française constitue pour notre pays un patrimoine d'avenir. À la fois pompe à carbone et réserve de biodiversité, elle est aussi un espace de développement économique créateur d'emplois et un lieu de reconnexion des citoyens avec la nature. Plus que jamais, la forêt est un élément clef de nos ambitions climatiques, de lutte contre la perte de biodiversité et de réconciliation de la société française avec la ruralité.

La capacité de stockage du carbone de nos forêts est essentielle pour répondre aux objectifs de neutralité climatique de demain. Or, depuis quelques années, sous l'effet du réchauffement climatique, la forêt française fait face à des risques naturels et sanitaires sévères qui provoquent le dépérissement de nombreux massifs.

Adapter la gestion des forêts aux évolutions du climat pour leur permettre d'être plus résilientes devient une nécessité absolue. Reconstituer des peuplements en capacité de résister aux évolutions du climat permettra de protéger la biodiversité mais aussi d'assurer la production de bois nécessaire à la décarbonation de nombreux autres secteurs de l'économie comme la construction ou l'emballage.

Le rapport « Objectif forêt », qui m'a été remis le 26 juillet 2023, conclut que 10 % de la forêt métropolitaine pourrait réellement faire l'objet d'actions de renouvellement ou d'enrichissement dans les dix prochaines années. Cet effort se traduit par 10 milliards d'euros d'investissements pour les propriétaires forestiers, privés et publics (notamment les communes), avec le soutien de l'État. Il s'inscrit désormais dans la Politique Prioritaire du Gouvernement (PPG) « Planter un milliard d'arbres » annoncée par le président de la République.

Le plan France Relance, en 2021, a initié la dynamique d'investissements des propriétaires dans leurs forêts, avec 58 millions d'arbres plantés et 46 000 hectares de forêts renouvelées grâce à 210 millions d'euros d'aide. La dynamique se poursuit avec France 2030 et sera pérennisée dès l'automne prochain avec l'ouverture du fonds pérenne de renouvellement forestier. Cette ambition forestière du Gouvernement, inédite depuis 25 ans, est globale puisqu'elle vise à soutenir l'ensemble des maillons de la filière de l'amont à l'aval face à ces crises qui vont se multiplier dans les années qui viennent du fait du changement climatique.

Il convient de planter des arbres adaptés aux défis du futur mais aussi de valoriser les arbres existants qui dépérissent ou qui sont victimes d'attaques parasitaires pour éviter qu'ils ne perdent leur valeur et se retrouvent uniquement employables pour du bois énergie alors que l'enjeu est bien de stocker sur le long terme dans des produits durables pouvant se substituer à d'autres matériaux polluants et émetteurs de gaz à effet de serre : les émissions évitées par la forêt ne sont pas à négliger.

C'est pourquoi le 15 avril dernier j'ai lancé le plan national d'actions « bois de crise ». Il est indispensable de changer de posture et faire preuve d'inventivité et d'audace pour trouver collectivement des solutions. Avec ce plan, l'État apporte des solutions concrètes à l'amont et à l'aval de la filière forêt-bois. Le plan veut mobiliser tous les acteurs de la filière : du renouvellement forestier des peuplements malades à la mise sur le marché des produits du bois valorisés au mieux au regard de l'état de la ressource. Les débouchés conditionnent la capacité des propriétaires à investir dans des replantations diversifiées et adaptées.

Pour réussir le défi d'une transition écologique durable, il n'existe pas de solution unique et évidente mais le renforcement de la compétitivité des entreprises forestières et des industries du bois constitue une étape incontournable. La réussite de la politique forestière du Gouvernement résultera d'une conjonction d'initiatives et de projets, prises ou portées par une pluralité d'acteurs, au niveau national mais également à l'échelle des territoires où sont implantées les entreprises.

Dans le cadre de France 2030, le Gouvernement a accompagné les entreprises de transformation pour créer de nouvelles unités ou étendre et moderniser les installations, afin, notamment, d'accroître la production française de matériaux de construction en bois et générer de l'innovation.

Notre feuille de route est claire pour la forêt et le bois avec la mise en œuvre des mesures issues des Assises de la forêt et du bois, qui se déclinent aujourd'hui opérationnellement et les travaux lancés par le Gouvernement dans le cadre de la planification écologique.

La loi de finance de 2024 a permis d'inscrire, au titre de la planification écologique, les budgets nécessaires et inédits au sein de mon ministère pour poursuivre les efforts d'investissements. En cohérence avec le contrat stratégique de la filière bois 2023-2026, les appels à projets à destination des entreprises et des industries du bois trouvent égale-

ment un nouveau souffle, ils permettront de renforcer la compétitivité des entreprises de transformation du bois tout en valorisant, dans le cadre d'une gestion durable, la ressource forestière française.

De nombreuses autres actions sont en cours de développement en application de la feuille de route forêt-bois, en particulier en lien avec la prévention des risques et la lutte contre les incendies, le développement de la connaissance au travers des programmes de recherche, la restauration et la préservation de la biodiversité et des sols, la remise en gestion des forêts non gérées, ou encore le développement des usages du bois dans la construction. Une attention particulière sera consacrée aux forêts d'outre-mer et à leurs spécificités.

Nous avons une ambition pour cette filière forêt-bois, au cœur des défis du changement climatique et de souveraineté. Nous devons pour cela lui donner de la visibilité et de la cohérence dans l'action publique et l'accompagner dans ses efforts de développement et de structuration.

Le sujet de la forêt revient dans le débat public et c'est une formidable opportunité pour ce milieu trop longtemps oublié des politiques publiques et pourtant indispensable pour la transition écologique et énergétique de notre pays. Et face aux caricatures qui sont faites par certains activistes, nous avons aussi le devoir d'expliquer ce qu'est la forêt, la gestion forestière, la valorisation des produits du bois et les métiers de la forêt.

La mise sous cloche, le fixisme et le conservatisme ne sont pas des solutions. Ce sont des écueils. Dans un monde dynamique, avec un climat en profonde évolution du fait des activités humaines, la forêt doit aussi être pensée et gérée de manière proactive. Nous avons besoin de gestion et d'adaptation. Nous avons besoin des scientifiques, des forestiers, des industriels et des élus locaux. La forêt est un formidable outil de projection dans le temps long qui parfois nous échappe.

Nous travaillons aujourd'hui les forêts plantées hier par nos prédécesseurs pour les adapter et les transmettre à nos enfants et petits-enfants. Le développement durable est une solidarité intergénérationnelle, « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ». La forêt est au cœur de ce défi que nous devons collectivement relever.

Introduction

Par **Bérolde Costa de BEAUREGARD**

Élu municipal et exploitant forestier

Et **Jean-Luc DUNOYER**

Directeur de projet du Comité Stratégique de Filière Bois

On attend beaucoup de la forêt, tant par les agréments que par les produits qu'elle fournit. Sa gestion soutenable entre les générations, dont le maintien à long terme du puits carbone forestier, demande que la forêt soit vigoureuse, gérée de façon dynamique et que son produit soit pour l'essentiel orienté vers des usages durables. Et l'agrément suppose que la forêt reste belle.

La forêt hexagonale s'est remarquablement développée, en surface et en qualité au siècle dernier.

Depuis, les dérèglements climatiques plus rapides que l'adaptation naturelle des forêts questionnent la vitalité à terme de nombreux massifs, une tendance aggravée par l'occurrence de crises telles que des incendies ou des attaques d'insectes ravageurs qui modifient brutalement le paysage forestier local.

La qualité de produits susceptibles d'entrer dans des usages du bois s'en trouve elle-même modifiée avec une part attendue croissante de « bois de crise ». D'un point de vue social et économique, le renforcement d'une souveraineté industrielle pour la valorisation et transformation du bois issu de cette récolte française est prioritaire, pour la balance commerciale, pour le maintien d'un tissu industriel diffus autant que pour la réduction d'importantes émissions carbone « logistiques ».

Ces sujets prennent leur juste place dans la définition de politiques publiques de transition écologique et de transition vers une économie bas carbone.

Politiques pour lesquelles il faudra pouvoir projeter et intégrer un scénario de bouclage en temps long entre gestion des forêts, offre de produits et demandes de consommation, avec une vision systémique des équilibres à conserver et une complémentarité maintenue entre de multiples usages pour le bois.

Tous nous plébiscitons le bois dans toutes ses formes : pour se loger, se meubler, écrire, se chauffer... Il nous apporte un cadre de vie perçu comme plus chaleureux, plus naturel.

Tous nous sommes également attachés à une gestion patrimoniale de la forêt, « en bon père de famille », pouvant maintenir sur la durée un ensemble de fonctions et services rendus, tant économiques, écologiques que sociétaux.

Ce double attachement nous rend très sensibles à tout ce qui pourrait perturber l'apparente stabilité de la forêt, si grandiose et immuable à l'aune de nos vies.

Et pourtant la forêt change comme jamais, de notre fait justement.

Après un minimum autour de la révolution, la surface forestière hexagonale a depuis doublé pour retrouver une extension proche de ce qu'elle était à lors de la construction de Notre-Dame (voir la Figure 1). L'usage des éner-

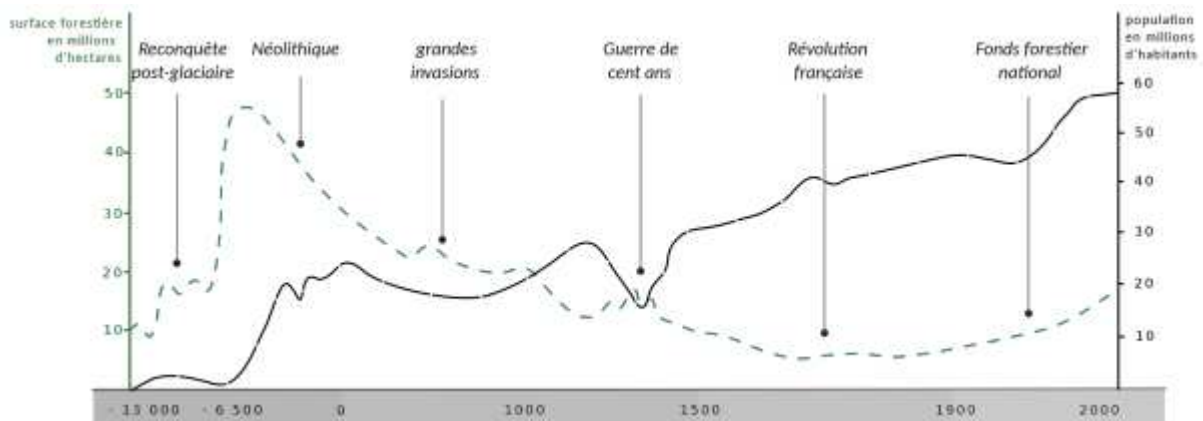


Figure 1 : Évolution de très long terme de la population et de la forêt française
(Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Forets_habitants_France2.svg).

gies fossiles a participé à ce renouveau, en libérant la forêt de son rôle de premier fournisseur de combustible. Le capital forestier sur pied s'est ainsi trouvé multiplié par sept en deux siècles. Mais, ironiquement, cet usage constitue aujourd'hui la principale menace de ce capital, l'accélération du changement climatique mettant la forêt au défi de s'ajuster naturellement.

Ce défi est aussi le nôtre, puisque qu'on attend d'une gestion efficace de la forêt et de ses produits un levier puissant de captation du CO₂ et de lutte contre le réchauffement climatique.

Ce défi organise ce numéro des *Annales des Mines* que Marc Fesneau, ministre de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire a bien voulu préfacer.

La forêt face au changement climatique

Dans une première partie, nous nous intéresserons à la santé de la forêt et à sa contribution à la lutte contre le réchauffement climatique.

Michel Hermeline, du Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et de l'espace rural nous rappelle que la préoccupation d'une gestion durable de la forêt est documentée dès le haut Moyen Âge, d'abord par crainte d'épuisement des ressources, avant qu'à la fin du XIX^e s'y ajoute le souci de préserver d'autres bénéfices, dont, avec Victor Hugo, les paysages.

Christine Deleuze, directrice du Projet Carbone à l'ONF, et ses coauteurs, nous explique, « histoires de baignoires » à l'appui, comment l'optimisation du stockage du carbone par les forêts passe par un compromis dynamique entre exploitation du bois pour des usages durables et maintien de peuplements équilibrés.

Claire Bastick et ses coauteurs de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) et l'Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA) résument leur étude publiée en mai 2024. Face à l'ampleur de l'incertitude créée par le réchauffement climatique sur le stockage carbone par les forêts, différents scénarios d'exploitation, de stockage en produits durables et renouvellement des forêts conduisent au mieux à un maintien du bilan actuel dans un scénario optimiste et plus probablement à une réduction sensible de la captation de CO₂.

Fabien Carouille, chef du Département de la santé des forêts au ministère de l'Agriculture, détaille comment 2015 a constitué un tournant dans la perception des aléas climatiques, d'entiers peuplements se trouvant attaqués voire détruits par la sécheresse, la canicule, l'incendie ou le nouveau développement de ravageurs.

Albert Maillet, directeur forêts et risques naturels à l'ONF, présente les outils d'observation de la santé des forêts développés par l'ONF et leurs principaux résultats, conduisant à une politique dynamique d'entretien des forêts domaniales.

Roland de Lary, directeur général du Centre National de la Propriété Forestière (CNPF), et Laurent de Bertier, directeur général de Fransylva, présentent les outils de gestion qui permettent de coordonner la gestion des forêts privés avec des objectifs nationaux.

Philippe Canot, président de la Fédération nationale des Communes forestières, montre comment le cadre communal est propice à un voisinage réussi des humains et de la forêt, s'agissant tant de la valorisation qualitative des produits de la forêt, que la sensibilisation à la nature et la préservation de son capital.

Brigitte Musch de l'ONF et Éric Paillasa du CNPF nous présentent les débuts expérimentaux de la migration assistée des essences forestières comme moyen d'accélérer leur déplacement géographique à mesure de l'évolution climatique.

Antoine Kremer de l'INRAE/Université de Bordeaux s'intéresse tout particulièrement aux chênes dont la richesse génétique et la capacité d'hybridation entre espèces pourraient expliquer leur remarquable résilience au cours des précédentes variations climatiques.

Les usages du bois

Dans une seconde partie, nous examinerons comment l'usage durable du bois produit par la forêt participe aussi à la lutte contre le réchauffement climatique, par le stockage du CO₂ et par la substitution à d'autres matériaux.

Hughes-Marie Aulanier et Gabriel Follin-Arbelet (Carbone 4), et en qualité de représentants du « groupe noyau » coordinateur de la filière bois : Maxime Chaumet, délégué général de France Bois Forêt et Jean-Luc Dunoyer exposent un scénario de filière articulant l'offre et la demande « bois-biomasse » pour la France métropolitaine à horizon 2050.

Dominique Cottineau (UICB) et Nicolas Douzain-Didier (FNB) examinent pour nous les défis de la popularisation de l'usage du bois dans la construction et la rénovation de logements, entre souplesse et confort d'une part, normes et coûts de revient d'autre part.

Michel Veillon (Ossabois), un industriel, nous fait entrer dans le vécu de la construction en bois. Partant de l'exemplarité de belles réalisations, il nous montre comment le bois fait son chemin dans la construction, avec des solutions techniques valorisant les particularités du matériau bois en réponse aux enjeux de coûts et de normes, y compris concernant le risque incendie.

Plus particulièrement, Georges-Henri Florentin, président de France Bois 2024, nous fait découvrir le travail qui a permis de faire entrer massivement le bois dans la création de bâtiments et d'équipements pour le déroulement des Jeux Olympiques de Paris 2024. Tirant les leçons de cette expérience, il montre comment de nouvelles solutions techniques se sont montrées prometteuses et il ouvre des pistes sur la traçabilité du matériau bois.

Jean-Louis Louvel (PGS) nous partage sa passion d'industriel pour l'humble palette. Qui sait que, standardisée mondialement au début des Trente Glorieuses, elle porte aujourd'hui 95 % du commerce mondial et s'associe aux technologies numériques pour prolonger sa durabilité ?

Cathy Dufour, déléguée générale de l'Ameublement français, ne cache pas les difficultés d'une filière dont la répartition en petites unités participe à la cohésion des territoires, et dont la production réduit le déficit commercial du pays, mais dont le devenir se pose en termes de lutte face à des importations à bas coût. La course à l'innovation est son arme principale, et aussi sa principale contribution à la réduction des émissions : matières recyclées, produits plus légers, et réduction des importations, celles-ci émettant moitié plus de CO₂ que les fabrications sur le marché national.

Comme l'explique Paul-Antoine Lacour (Copacel), le papier et le carton sont constitués d'un polymère, la cellulose, naturellement produit par le bois. C'est d'abord par la substitution à des matériaux de synthèse polluants que leur usage contribue à la lutte contre le changement climatique. Une seconde piste s'ouvre avec l'utilisation des déchets de bois comme source d'énergie de production.

Émilie Machefaux et ses collaborateurs de l'ADEME insiste pour que le bois énergie soit utilisé au mieux des alternatives renouvelables, compte tenu de sa ressource limitée. Le bois, de préférence d'origine locale, devient prioritaire lorsqu'il s'agit d'obtenir de hautes températures ou d'optimiser les transports en usage local.

Sylvain Bordebeure, référent filière bois à l'ADEME, et Dominique Weber, président du Comité Stratégique de la Filière Bois, rappellent que malgré le potentiel forestier hexagonal, le commerce extérieur de la filière bois reste très déficitaire. Ils présentent certains investissements récemment soutenus par France 2030 et s'interrogent sur les moyens d'amplifier cette action, au-delà des processus d'appel de projets.

L'utilité sociétale de la filière forêt-bois

La troisième partie aborde l'aspect sociétal de la filière bois, tous, à un titre ou à un autre, nous sentant concernés par le devenir et l'usage de la forêt.

Anne Catherine Loisier, sénatrice de la Côte d'Or, constate que les déséquilibres croissants de l'écosystème forestier, les difficultés persistantes de la filière bois, la méconnaissance du public justifieraient un engagement des pouvoirs publics à la mesure de celui qui a dynamisé la sylviculture française pendant la seconde moitié du XX^e siècle.

Vincent Guichard, directeur de l'EPCC Bibracte, site archéologique et touristique majeur en Bourgogne, est confronté à la nécessaire régénération de larges pans de la forêt propre au site, ainsi qu'à la difficile acceptabilité par les visiteurs des techniques forestières mobilisées. Un laboratoire forestier propre au site, mobilisant AgroParisTech, l'Université de Lorraine et DialTer expérimentent en particulier de nouvelles méthodes de concertation avec le public.

Éric Toppan (France Bois Forêt) et Mouchira Lahiani (FCBA) présentent le tableau de bord de la filière forêt-bois et sa place dans l'économie nationale en termes d'emploi, de valeur ajoutée et de commerce extérieur en particulier.

Jean-Pierre Renaud, président de FiBois Grand-Est, rappelle comment de riche région forestière, le Grand-Est est devenu le théâtre d'une crise sans précédent, le dépérissement progressif des forêts la conduisant à devenir émettrice nette de CO₂ depuis 1990, tout en affectant gravement la ressource en bois des entreprises régionales, une situation qui ne peut que s'aggraver sans plan d'action majeur.

Conclusion

En conclusion, Antoine Peillon, secrétaire général à la Planification Écologique, et Vincent Hulin, directeur de programme Biodiversité, rappellent la place de la forêt dans la planification écologique nationale et ses particularités en matière de pilotage et de ressources.

Aux origines de la gestion durable des forêts

Par Michel HERMELINE

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts

Le concept de gestion durable est né du développement démographique et économique qui a puisé dans les ressources forestières jusqu'à menacer leur existence. Les principes de gestion durable, tels qu'ils sont définis aujourd'hui, sont apparus depuis plusieurs siècles en Europe. Cette gestion durable s'est construite au fur et à mesure que des limites étaient atteintes, sous la pression des conséquences de la disparition, de la dégradation et de la surexploitation des forêts. Progressivement, le souci du renouvellement des forêts – et des revenus, des biens et des services qu'elles procuraient –, de la programmation sur le temps long et de la préservation même du couvert forestier ont forgé le droit forestier mais aussi un corpus technique, mis en œuvre par une administration dédiée : les « Eaux et Forêts ». La notion de développement durable, consacrée au niveau mondial depuis 1987, est une généralisation à l'ensemble des ressources de la planète d'une prise de conscience que nous avons eue à l'échelle nationale avec nos forêts.

La « gestion durable » : une référence plébiscitée aujourd'hui pour les forêts françaises

La notion de développement durable a été consacrée en 1987 par la publication du « rapport Brundtland » de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations unies, Notre avenir à tous¹. Ce concept a émergé suite à la prise de conscience des limites planétaires des ressources comme l'air, l'eau, l'océan, les forêts, les sols et les matières premières.

Dans la foulée, s'agissant des forêts, le qualificatif de « gestion durable » s'est répandu. Le code forestier y fait ainsi référence une soixantaine de fois², y consacrant même le Titre II : « Politique forestière et gestion durable ».

Mais de quoi parle-t-on véritablement ? Les « garanties de gestion durable » (C.for. article L.124-1) reposent sur l'existence d'un document de gestion durable (DGD) approuvé par l'État. Ces DGD sont encadrés par le programme national de la forêt et du bois (L.121-2-2) qui « détermine des objectifs économiques, environnementaux et sociaux fondés sur des indicateurs de gestion durable conformément aux principes énoncés à l'article

L.121-1³ », lui-même décliné en programmes régionaux de la forêt et du bois qui doivent définir (L.122-1) « des critères de gestion durable et multifonctionnelle et des indicateurs associés ». L'imprécision demeure.

Le concept a été défini par la Conférence ministérielle sur la protection des forêts en Europe, reprise ensuite par l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture des Nations unies (FAO) : « La gestion durable des forêts signifie la gestion et l'utilisation des forêts et des terrains boisés d'une manière et à une intensité telle qu'elles maintiennent leur diversité biologique, leur productivité, leur capacité de régénération, leur vitalité et leur capacité à satisfaire, actuellement et pour le futur, les fonctions écologiques, économiques et sociales pertinentes aux niveaux local, national et mondial, et qu'elles ne causent pas de préjudices à d'autres écosystèmes »⁴.

Il s'agit ainsi d'orienter une gestion multifonctionnelle des forêts pour satisfaire un certain nombre de besoins, actuels et futurs, tout en préservant le bon fonctionnement biologique des écosystèmes forestiers. Pour employer des concepts récents, l'objectif est de maintenir dans la durée tous les services écosystémiques des forêts⁵, que ce soit les services de soutien (biodiversité, fonctionnement biologique...), d'approvisionnement (récolte de bois notamment), de régulation (cycle de l'eau, érosion, stockage de carbone, air, santé...), culturels ou récréatifs.

¹ « Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».

² L'un des premiers articles (L.112-1) dispose que « Tout propriétaire exerce sur ses bois et forêts tous les droits résultant de la propriété dans les limites spécifiées par le présent code et par la loi, afin de contribuer, par une gestion durable, à l'équilibre biologique et à la satisfaction des besoins en bois et autres produits forestiers. Il en réalise le boisement, l'aménagement et l'entretien conformément à une gestion durable et multifonctionnelle ».

³ Ces onze principes sont un peu hétéroclites, reflet des débats parlementaires et des compromis.

⁴ La loi d'orientation sur la forêt de 2001 avait introduit cette définition dans le code forestier, en tout premier article L.1. Mais cette mention a été supprimée en 2014 lors de la recodification « à droit constant ».

⁵ Sur cette notion de services écosystémiques voir les travaux du Millennium Ecosystem Assessment (2005) au niveau international et de l'EFESE (première phase de 2012 à 2019) en France.

Jusqu'au XIX^e siècle, le déclin des forêts françaises sous la pression du développement démographique et économique

En France, la diminution des ressources forestières est ancienne. Sur un territoire naturellement boisé après les dernières glaciations, l'évolution de la surface forestière et du volume de bois sur pied a décliné avec le développement démographique et économique fondé sur une agriculture prédatrice d'espaces boisés, symbolisée dans l'inconscient collectif par l'image des moines défricheurs du Moyen-âge.

Au-delà des champs cultivés, les forêts ont longtemps constitué une ressource vitale pour les populations à travers le pacage des animaux et les usages multiples du matériau bois et des menus produits. Les nombreux droits d'usage, dont certains perdurent encore aujourd'hui comme l'affouage, témoignent de ces multiples services d'approvisionnement indispensables à la vie de tous.

Pour leurs propriétaires, au premier rang desquels le Roi de France, les forêts constituaient une source de revenus importante⁶, par les ventes de bois, mais aussi les redevances ou les amendes. Toutefois, même si le principe d'inaliénabilité des forêts royales est apparu très tôt dans le droit et a traversé les siècles⁷, l'histoire de France témoigne de nombreuses périodes où la vente de forêts s'est imposée pour faire face à des dépenses exceptionnelles, en cas de guerre notamment.

Face à ces multiples pressions foncière ou d'exploitation, il n'est pas étonnant que les forêts aient atteint un minimum de surface vers le milieu du XIX^e siècle et présentaient alors un état globalement assez dégradé.

L'arrivée des énergies fossiles, l'augmentation des rendements agricoles, mais aussi l'utilisation d'autres matériaux comme l'acier ou le béton, a ensuite changé la donne. Ces nouvelles énergies ou ces nouveaux matériaux n'ont pas systématiquement remplacé les usages du bois⁸, mais les pressions qui n'avaient cessé d'augmenter se sont relâchées, permettant à la forêt de se reconstituer progressivement.

Ainsi, la surface des forêts est passée d'environ 9 Mha à 17 Mha aujourd'hui⁹, sous l'effet de programmes

de reboisement, notamment ceux du Fonds Forestier National (1946), mais surtout de la déprise agricole qui s'est accentuée à partir du milieu du XX^e siècle jusqu'à atteindre plusieurs dizaines de milliers d'hectares par an¹⁰. Au-delà de l'augmentation en surface, les forêts françaises ont également connu une remarquable croissance du capital du pied, aujourd'hui estimé de 173 m³/ha contre 25 m³/ha au milieu du XIX^e siècle.

Dès le Moyen-âge, des tensions sur les services d'approvisionnement fournis par les forêts conduisent aux prémices de la gestion durable¹¹

L'intérêt stratégique et financier des forêts a conduit très tôt le pouvoir royal, d'une part à réglementer, d'autre part à faire respecter cette réglementation par des personnels dédiés – le corps ou l'Administration des Eaux et Forêts¹².

Il s'agissait alors prioritairement de surveiller et protéger les forêts royales contre les utilisations abusives (empiétements, vols de bois, non-paiement des redevances, braconnage...) et par là même préserver les revenus de la Couronne.

Mais parallèlement à cette approche économique répressive, s'est affirmé le souci de maintenir la capacité des forêts à fournir de multiples produits. Les limites d'une exploitation quasi « minière » sont apparues. Cette préoccupation se traduit très tôt dans les textes. On peut citer dès l'an 800, le Capitulaire de Villis qui précise « Que nos bois et forêts soient bien gardés. [...] Que, là où il doit y avoir des bois, ils ne souffrent pas qu'on les coupe trop ni qu'on les gâte ». Mais c'est surtout l'ordonnance de Brunoy de 1346 qui est souvent citée, en écho au « sustainable development » de 1987. Philippe VI y ordonne en effet que « les mestres des forez, selon ce qu'ils sont ordonnez, enqueront et visiteront toutes les forez et bois qui y sont, et feront les ventes, qui y sont à faire, eü regard à ce que lesdites forez et bois se puissent perpetuellement soustenir en bon estat ». Les textes font clairement référence à deux notions clés : le temps long et le maintien en « bon état » des forêts – pour qu'elles puissent continuer à fournir des biens, services et revenus.

Outre l'analogie avec le développement durable, ces formulations du XIV^e siècle semblent trouver écho dans celles des directives européennes d'aujourd'hui. Ainsi la directive cadre sur l'eau du 23 octobre 2000 oblige les États membres à « retrouver un bon état écologique des eaux » et la directive Habitats-Faune-Flore

⁶ Sous le règne de Saint-Louis (XIII^e siècle), les forêts feuillues de plaine lui appartenant (200 000 ha en 170 massifs) apportaient le quart des revenus de la Couronne.

⁷ Pour éviter que la baisse de revenus due aux ventes ne soit compensée par une hausse des impôts.

⁸ Voir à ce sujet : FRESSOZ J.-B. (2024), *Sans transition : une nouvelle histoire de l'énergie*, Éditions du Seuil, Janvier 2024.

⁹ Voir notamment : CINOTTI B. (1996), « Évolution des surfaces boisées en France : proposition de reconstitution depuis le début du XIX^e siècle », *Revue forestière française*, 1996, 48(6), pp. 547-562 ; DENARDOU-TISSERAND A. (2019), *Changements du stock de bois sur pied des forêts françaises : description, analyse et simulation sur des horizons temporels pluri-décennal (1975-2015) et séculaire à partir des données de l'inventaire forestier national et de statistiques anciennes*, thèse de doctorat - Université de Lorraine.

¹⁰ Sur ce sujet, une prospective relative aux terres agricoles délaissées à l'horizon 2050, réalisée par le CGAAER, est en cours de publication.

¹¹ Pour une vision historique, voir notamment : PERRON D. (2021), *La forêt française : Une histoire politique*, Éditions de l'Aube ; CNRS (1987), « Les Eaux et Forêts du XI^e au XX^e siècle » ; Les travaux et ouvrages d'Andrée Corvol-Dessert, Directrice de recherche au CNRS.

¹² La mention de « maîtres des Eaux et Forêts » semble remonter à une ordonnance de Philippe-le-Bel (1291).

demande d'évaluer « le bon état de conservation » des habitats.

Hier comme aujourd'hui, cet objectif vertueux de maintien en bon état doit toutefois se traduire en pratique. Dans le domaine forestier, à côté de la réglementation¹³, tout un corpus technique va progressivement se bâtir pour asseoir une gestion sur le long terme permettant de s'assurer du renouvellement des forêts et de leurs ressources.

Des prescriptions de gestion apparaissent ainsi dans les ordonnances forestières. Dès le XIV^e siècle, des arbres de réserve doivent être laissés sur les coupes vendues : « ordonnons qu'en toutes ventes qui seront faites, sera entendue la retenue de baliveaux ou estalions, à savoir de dix ou huit en l'arpent, et seront tenus les maîtres de mettre par écrit, afin que les marchands ne puissent trouver excusation... »¹⁴. L'ordonnance de Charles IX à Paris en 1573 enjoint « de ne laisser entrer dans les lieux labourés et semés de gland aucun bétail de quinze ou vingt ans ou plus longtemps selon la qualité du fond et la nature du bois. Les bois ainsi labourés, semés, fossoyés et refermés pour revenir en haute futaie seront considéré comme notre propre fond et Domaine, sans qu'ils puissent être aucunement couper pour quelque cause que ce soit, jusqu'à ce qu'ils aient atteint l'âge de cent ans pour le moins ».

Ces quelques exemples ne sont que le reflet de pratiques de gestion qui vont s'enrichir progressivement¹⁵. Les ordonnances royales – difficilement applicable sur des terrains éloignés et extrêmement diversifiés – auront d'ailleurs l'inconvénient de vouloir imposer une seule norme, largement inspirée de la conduite des futaies feuillues de plaine.

Périodiquement les maîtres des Eaux et Forêts étaient missionnés par le Roi, en tant que « général réformateur », pour inspecter une grande forêt ou des forêts d'une région donnée¹⁶. L'application des règles et le bon fonctionnement de l'Administration étaient vérifiés, mais l'état des forêts et leur potentiel étaient analysés, donnant lieu à une programmation des coupes et travaux. Les forêts devaient être « aménagées ». Cette notion d'aménagement forestier, déjà présente dans l'ordonnance de 1669, sera consacrée par le code forestier de 1827 qui, au-delà des forêts doma-

niales, « soumet » au régime forestier les forêts des collectivités¹⁷.

Très timidement encadrées initialement, les forêts des particuliers ne seront véritablement concernées que bien plus tard, et avec précaution, en 1964, avec l'obligation de réaliser un « plan simple de gestion » au-dessus de 25 ha¹⁸.

Les services de régulation, culturels et de support, progressivement intégrés dans la gestion durable des forêts françaises

Si les pressions sur la ressource en bois ont été à l'origine des règles juridiques et techniques destinées à « maintenir en bon état » et à renouveler les forêts¹⁹, d'autres limites ont été atteintes avec la diminution des surfaces et la dégradation des peuplements.

La régression des services de régulation, notamment sur le régime des eaux, a été un révélateur et a justifié l'intervention de la puissance publique au nom de l'intérêt général de la protection des personnes et des biens. Avec le déboisement des montagnes, les catastrophes se sont en effet multipliées : inondations, crues torrentielles, glissement de terrains, etc. Plusieurs lois se succèdent de 1860 à 1882 pour organiser la restauration des terrains en montagne (RTM) par reboisement, engazonnement et génie civil, au nom de l'utilité publique, si nécessaire par expropriation, et avec des moyens publics, sous l'égide de l'Administration des Eaux et Forêts. Même si cette vaste entreprise a parfois rencontré l'opposition des populations locales, elle a profondément transformé les paysages et ces actions de RTM continuent de nos jours²⁰.

À la même époque, les services culturels des forêts s'affirment également au travers des aspects paysagers. C'est ainsi qu'en 1861 sont créées les premières « réserves artistiques » en forêt de Fontainebleau, à la suite d'intenses controverses entre les forestiers, qui s'attachaient à restaurer des espaces dégradés par plantation de pins, et les peintres de l'École de Barbizon qui voulaient conserver ces paysages qu'ils

¹³ Permettant de protéger du défrichement, de la surexploitation, des abus, mais progressivement aussi du non-respect des règles de gestion.

¹⁴ Ordonnances de Charles V, Melun 1376 – Charles VI, Paris 1402 – François I^{er}, Lyon 1515.

¹⁵ Au siècle des lumières, de grands naturalistes comme Buffon, Olivier de Serres, Réaumur, Varenne de Fenille ou Duhamel de Monceau vont formaliser et développer les connaissances sur la sylviculture et les usages du bois.

¹⁶ Les procès-verbaux de ces réformations sont encore disponibles et constituent une mine d'informations.

¹⁷ L'article 15 du code forestier de 1827 précise que « Tous les bois et forêts du domaine de l'État sont assujettis à un aménagement réglé par des ordonnances royales. » et cette disposition est aussi applicable (article 90) aux « bois taillis ou futaies appartenant aux collectivités et aux établissements publics qui auront été reconnus susceptibles d'aménagement ou d'une exploitation régulière par l'autorité administrative. ».

¹⁸ Seuil abaissé récemment à 20 ha.

¹⁹ Dans cette perspective on peut aussi citer le boisement des Landes de Gascogne, de la Sologne ou de la Champagne crayeuse au XIX^e siècle, fruit de l'initiative privée pour répondre à des demandes croissantes de bois. Plus récemment, après la Seconde Guerre mondiale, la création du Fonds Forestier National (FFN) visait à augmenter les ressources en bois résineux, dont la France était déficitaire. Le FFN, créé en 1946 et supprimé en 2000, a permis de boiser et reboiser plus de 2 Mha.

²⁰ Elles sont mises en œuvre par un service spécialisé de l'ONF dans le cadre d'une mission d'intérêt général (MIG) confiée par l'État.

représentaient « sur le motif ». Ces polémiques ont agité la société et à cette occasion Victor Hugo écrivait « Il faut absolument sauver la forêt de Fontainebleau. Dans une telle création de la nature, le bûcheron est un vandale. Un arbre est un édifice, une forêt est une cité, et entre toutes les forêts, la forêt de Fontainebleau est un monument ». En 1872, sur le même sujet, Georges Sand écrit un texte d'une douzaine de pages, prophétique, qui invoque la beauté, la poésie, l'écologie, le bien commun, la transmission entre générations... à l'appui de la préservation des forêts²¹.

C'est plus récemment que les services supports et notamment la biodiversité ont été formellement pris en compte et intégrés dans la gestion, même si le maintien de l'état boisé, le souci de régénérer les forêts et l'absence d'intensification comme a pu connaître l'espace agricole, ont contribué de longue date à préserver la biodiversité. C'est sous l'impulsion de l'Administration des Eaux et Forêt que sont nés les premiers parcs nationaux²². Plus tard, peu de temps avant la création du ministère de l'Environnement en 1971, la direction des Forêts du ministère de l'Agriculture s'est transformée en « Direction générale de la Protection de la nature ».

Encore plus récemment, le rôle de stockage de carbone dans les arbres et les sols est mis en avant, avec l'idéalisation de la notion de « puits de carbone »²³.

Aujourd'hui, tous ces services écosystémiques des forêts sont reconnus d'intérêt général²⁴ et les propriétaires sont invités à y pratiquer une gestion forestière « durable et multifonctionnelle ». *In fine*, et sans ignorer les controverses, « l'état » des forêts est plutôt meilleur que celui d'autres milieux, conséquence sans doute d'une volonté de protéger et conserver les forêts, du temps long qui se prête mal à l'intensification, mais aussi de pratiques qui s'appuient de longue date sur les processus naturels. Aujourd'hui, les principales menaces viennent du changement climatique, trop rapide, des échanges internationaux diffusant des bio-agresseurs, mais aussi des populations de grands ongulés qui se développent à l'excès et créent localement des déséquilibres biologiques empêchant notamment la bonne régénération des forêts.

Rester vigilant face aux évolutions

Dans un pays très forestier comme la France, la gestion durable remonte loin dans notre histoire²⁵. Elle s'est construite au fur et à mesure que des limites étaient atteintes, sous la pression des conséquences de la disparition, de la dégradation et de la surexploitation des forêts. Les principes en ont été définis et inscrits très tôt dans les textes. Pour autant, leur respect et leur traduction pratique n'a pas été simple, avec des hauts et des bas, les impératifs de court terme et les habitudes percutant souvent ces lignes directrices. Comment ne pas y voir une illustration de nos difficultés actuelles à contrer le réchauffement climatique ? Les constats sont là, les actions à conduire sont connues, les choix stratégiques sont affichés, et pourtant nous peinons à nous engager collectivement dans l'action, cette fois-ci à l'échelle mondiale. Le recul historique nous incite à rester humble. Nos forêts se sont améliorées, en surface et en qualité depuis l'étiage du milieu du XIX^e siècle, non seulement par des réglementations et des pratiques vertueuses, mais aussi grâce à l'arrivée des énergies fossiles et de l'intensification de l'agriculture, facteurs qui ont conduit au réchauffement climatique qui menace aujourd'hui les forêts... Ces mouvements de balancier ont été monnaie courante au cours de l'histoire. La vigilance s'impose aujourd'hui alors que nous devons relever le défi de l'adaptation et que de nouvelles pressions peuvent apparaître, la biomasse apparaissant comme le seul moyen à court et moyen termes de décarboner certains pans de notre économie.

²¹ Georges Sand, *Impressions et Souvenirs* (1873), recueil réunissant une série d'articles, initialement publiés dans *Le Temps*.

²² La loi de 1960 sur les parcs nationaux a été préparée par l'administration des Eaux et Forêts. Avant sa création officielle suite à cette loi, le parc national des Écrins a été précédé par le « parc national de la Bérarde » créé dès 1913 par le conservateur des Eaux et Forêt à Grenoble.

²³ Notion à connotation positive ambiguë car une forêt en équilibre ne stocke pas de carbone – ou très peu dans les sols – la séquestration par photosynthèse étant compensée par la dégradation du bois mort (forêt non exploitée) ou les récoltes (forêt exploitée). La forêt française est un puits de carbone du fait de son extension continue en surface, d'une proportion de forêts jeunes issues de la déprise agricole et d'une certaine sous exploitation de forêts matures (essentiellement privées).

²⁴ Dès les premiers articles du code forestier (L.112-1).

²⁵ Il en est d'ailleurs de même en Allemagne, les mêmes causes produisant les mêmes effets. Ainsi, au XVIII^e siècle, Hans Carl von Carlowitz introduit la notion de « Nachhaltigkeit » (du verbe « nachhalten », « durer ou rester plus longtemps »). Dans son ouvrage *Silvicultura oenonica* en 1713, il développe ce concept, écrivant par exemple « Par conséquent, le plus grand art/science/diligence et organisation de cette terre repose sur la manière de réaliser une bonne conservation et culture du bois afin qu'il y ait une utilisation continue, cohérente et durable car c'est une chose indispensable sans laquelle la terre ne peut pas survivre dans son essence ».

Le carbone forestier : un équilibre à trouver entre la préservation des stocks et le maintien d'une pompe à carbone

Par Christine DELEUZE

Directrice de projet stratégie carbone à l'ONF

Salomé FOURNIER, Antoine BILLARD et Emila AKROUME

Chargés de R&D à l'ONF

Antoine COLIN

Chef du département d'analyse des forêts à l'IGN

Claire BASTICK et Henri CUNY

Ingénieurs d'étude, département d'analyse des forêts à l'IGN

Estelle VIAL

Ingénieure environnement FCBA

Mélanie JUILLARD

Ingénieure d'études au CITEPA

Meriem FOURNIER

Directrice de l'unité SILVA-INRAE

Et Jean-François DHÔTE

Directeur de recherche INRAE

Avec près de 72 MtCO₂eq absorbées en 2013, la forêt de métropole représentait jusqu'à ces dernières années un puits conséquent de carbone, équivalent à la compensation d'environ 15 % des émissions de gaz à effets de serre de la France. Cette situation venait d'une progression historique de la forêt au cours du XX^e siècle, en termes de surfaces et de volume sur pied. Par rapport au temps long forestier, notre forêt était donc encore jeune et en progression.

Depuis ce puits a fortement réduit et on parle même d'effondrement de 50 % en 10 ans. La forêt est rattrapée par d'importants dépérissements, des incendies de forêt, mais aussi une réduction de sa croissance à la suite des extrêmes climatiques de ces dernières années.

Au moment de la révision des politiques publiques sur la Stratégie Nationale Bas Carbone, le rôle de la forêt est réinterrogé entre maintien d'un stock, support de production et de nombreux services environnementaux rendus par la forêt, optimisation d'une pompe à carbone, ou encore fournisseur d'un matériau renouvelable et à longue durée de vie, indispensable à la décarbonation de notre société.

Les forêts au cœur des stratégies d'atténuation

Le Global Carbon Budget publie chaque année le bilan mondial des émissions de gaz à effet de serre (GES) (Friedlingstein *et al.*, 2023) et montre que le carbone continue de s'accumuler dans l'atmosphère et même

de plus en plus vite. Sur plus de 41 milliards de tonnes de CO₂ équivalent (tCO₂eq) émises en 2022, dont 89 % par l'usage d'énergies fossiles, seulement la moitié est réabsorbée par la planète avec 26 % par les océans et 29 % par les terres, principalement les forêts.

À l'échelle de notre pays, la forêt tient de même une place conséquente puisqu'elle occupe 31 % de la

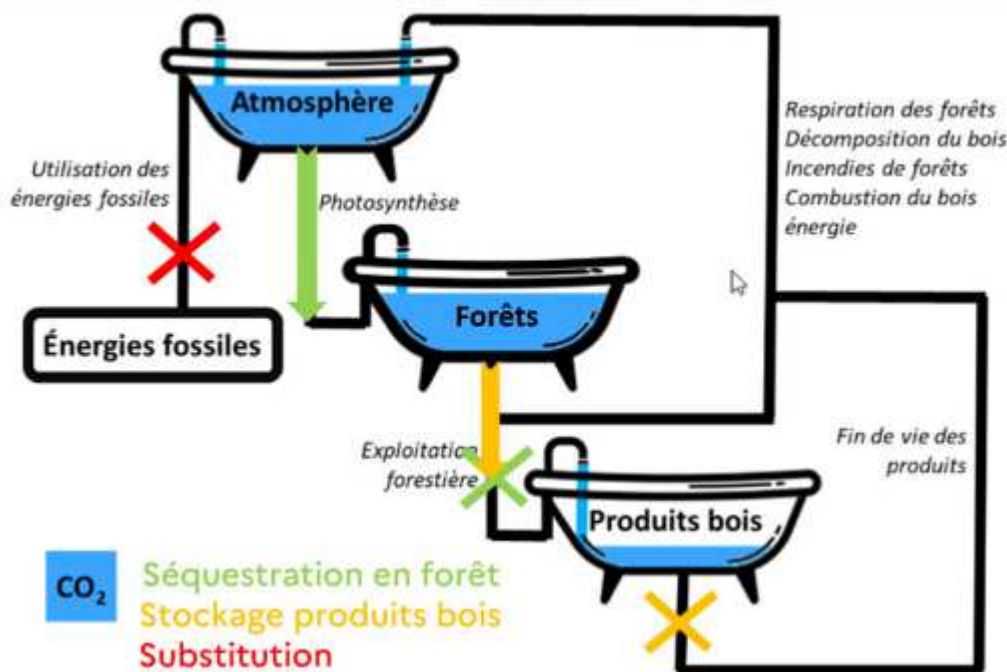


Figure 1 : Représentation schématique des stocks et flux de carbone dans le système atmosphère-forêt-filière bois, avec trois leviers d'atténuation identifiés : la séquestration de carbone en forêt par l'activité de photosynthèse qui capte le CO_2 atmosphérique ; le stockage de carbone dans les produits bois lors de la valorisation des récoltes en produits à longue durée de vie ; et enfin la substitution en économisant des émissions d'énergies fossiles par l'utilisation de bois en remplacement de matériaux plus énergivores et fossiles. La croix verte indique que la diminution de coupes en forêt permet d'augmenter à court terme la séquestration, mais limite le stockage dans les produits bois, donc demande un compromis entre ces deux leviers. La croix jaune représente le prolongement du stockage de carbone dans les produits bois qui nous entourent, soit par allongement de leur durée de vie, réemploi ou recyclage. Ce levier est cette fois toujours gagnant (© *Les Echos d'Ecofor*, n°56, janvier 2023).

surface métropolitaine et permettait d'absorber en 2013, au pic du puits forestier, près de 72 MtCO_2eq (CITEPA, 2023¹), soit 15 % des émissions brutes du pays.

C'est dans ce contexte que la France a établi en 2020 sa Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC2), reposant sur une vision que l'on peut aujourd'hui qualifier d'optimiste du puits forestier. Engagée depuis 2016 avec l'accord de Paris, puis en 2019 comme les autres pays européens dans le Green Deal² vers une neutralité carbone à 2050, c'est-à-dire avec l'ambition de baisser nos émissions au juste niveau de ce que nous sommes capables d'absorber sur le territoire national, la SNBC2 donnait une large part au secteur des terres en général, mais particulièrement à la forêt et aux produits bois, pour compenser 80 % des émissions résiduelles en 2050.

En 2023, différents rapports (IGN³, CITEPA⁴, Haut Conseil pour le Climat⁵, Académie des Sciences⁶,

France Stratégie⁷) alertaient sur l'effondrement du puits forestier, qui aurait chuté de 50 % en 10 ans.

Comment expliquer cette chute drastique ? Quelle part peuvent prendre la forêt et la filière bois dans la stratégie d'atténuation et comment ? Cet article veut faire le point sur le compromis entre stock et flux de carbone sur le temps long forestier, pour bien expliciter les choix, adapter l'ambition du puits et présenter le rôle crucial de la forêt dans les stratégies d'atténuation, à condition de bien prendre en compte son caractère vivant.

Les forêts : une pompe à carbone naturelle utilisant l'énergie du soleil

La photosynthèse est une réaction photochimique qui, en utilisant l'énergie du soleil, permet de transformer le dioxyde de carbone (CO_2) de l'atmosphère : ainsi les arbres absorbent le CO_2 pour en « extraire » le carbone et, ce faisant, libèrent de l'oxygène. Ils tirent de ce carbone l'énergie nécessaire à leur fonctionnement, mais en transformant aussi une partie en chaînes carbonées longues, composantes du matériau bois.

Ce bois constitue la plus grande partie du stock de carbone sur pied et il est évalué par l'IGN⁸ à environ

¹ <https://www.citepa.org/fr/secten/> dans le fichier de données complémentaires détaillées pour UTCATF.

² <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/green-deal/>

³ https://www.ign.fr/files/default/2023-10/memento_oct_2023.pdf

⁴ https://www.citepa.org/fr/2023_07_a02/

⁵ https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2023/10/HCC_Rapport_GP_2023_VF_cor-1.pdf

⁶ https://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/060623_foret.pdf

⁷ https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/2023-07-20-na_124-filiere_foret-bois.pdf

⁸ <https://foret.ign.fr/themes/attenuation-effet-de-serre>

1,3 milliard de tonnes de carbone en métropole (soit 4,8 milliards de tonnes en équivalent CO₂).

Le puits forestier se définit comme le bilan des flux du système forêt. Si on le simplifie au bilan de la biomasse, cela correspond à la croissance des arbres moins la mortalité et la récolte, autrement dit c'est l'augmentation du stock sur pied. La récolte peut être transformée en produits bois si bien que le stockage d'une partie du carbone est prolongé dans des matériaux à longue durée de vie (stock carbone dans les produits bois d'environ 91 millions tCO₂). Une vraie histoire de baignoires qui se remplissent et se vident (voir la Figure 1).

Il est souvent évoqué que les arbres vieux captent plus de carbone que les jeunes (Luyssaert *et al.*, 2008 ; Stephenson *et al.*, 2014). Effectivement tant qu'ils sont en bon état de santé, leur houppier (les branches et les feuilles) sont souvent plus importants que celui des petits arbres et donc la production photosynthétique est plus forte. Même si les pertes de respiration sont aussi plus fortes, à l'échelle de l'arbre, le bilan est en faveur des arbres matures. Cependant ce constat n'est plus vrai à l'échelle d'un peuplement, c'est-à-dire quand on ramène la croissance à une unité de surface : les jeunes peuplements ont une productivité nette plus forte car la densité d'arbres y est beaucoup plus élevée. « Jeune » c'est à l'échelle du temps long forestier, environ 30-40 ans pour des résineux, 50-60 ans pour des feuillus (Ryan *et al.*, 1997 ; Tang *et al.*, 2014).

Le moteur de l'absorption c'est donc aussi le stock

Le rôle central de la photosynthèse dans cette absorption du carbone atmosphérique, explique l'articulation complexe pour la forêt entre le flux, ou la « pompe à carbone » et le stock de carbone, support du processus biologique. La forêt et le bois sont bien plus qu'une ressource « naturellement renouvelable », le stock forestier est en réalité le support de sa production puisque

le taux de croissance dépend de la biomasse vivante présente (Stephenson *et al.*, 2014).

Cette constatation assez triviale pour les forestiers ne l'a pas toujours été. Le principe en remonte à l'ordonnance de Brunoy édictée par Philippe VI de Valois en 1346, qui instaure l'idée de préserver les ressources forestières dans une gestion durable : « *Les maîtres des eaux et forêts enquerrent et visiteront toutes les forez et bois et feront les ventes qui y sont, en regard de ce que lesdites forez se puissent perpétuellement soustenir en bon estat* ».

Ce principe a été réaffirmé en 1669 par la très connue ordonnance de Colbert, qui ajoutait le besoin d'orienter un quart des forêts vers des futaies pour anticiper les besoins du royaume en bois de marine.

Enfin en 1827, le Code forestier reprend ce cadrage strict des droits d'usage et est toujours de rigueur aujourd'hui. Les conditions de gestion durable sont régulièrement déclinées par l'administration au niveau régional, ce qui permet de donner ensuite des indicateurs qui cadrent les documents d'aménagement ou de gestion des forêts en tenant compte des caractéristiques et enjeux locaux.

À l'équilibre, les flux de carbone se compensent, le puits s'annule et la forêt devient neutre

Les documents de gestion durable organisent le cycle durable de la forêt en veillant à maintenir « *leur diversité biologique, leur productivité, leur capacité de régénération, leur vitalité et leur capacité à satisfaire, actuellement et pour le futur, les fonctions écologiques, économiques* » (FAO, 2012⁹ repris dans le Code forestier).

Le maintien continu de la fonction de production à l'échelle de la forêt nécessite d'organiser le cycle forestier (voir la Figure 2) pour tendre vers une forêt équilibrée, dont tous les stades de développement d'une

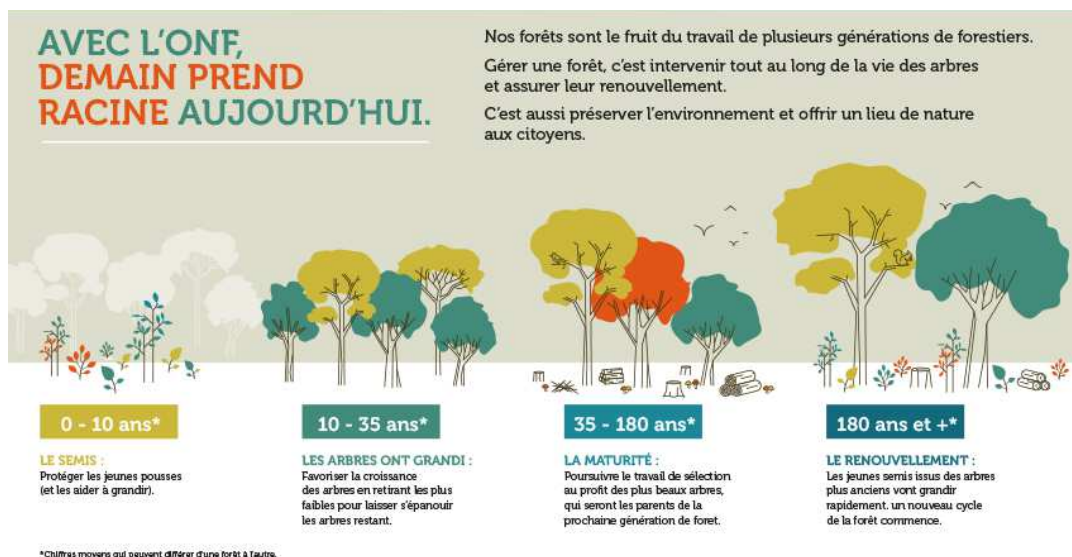


Figure 2 : Représentation du cycle de sylviculture des feuillus (exemple du chêne), site web ONF.

⁹ FAO, <https://www.fao.org/forestry-fao/nwfp/76451/fr/>

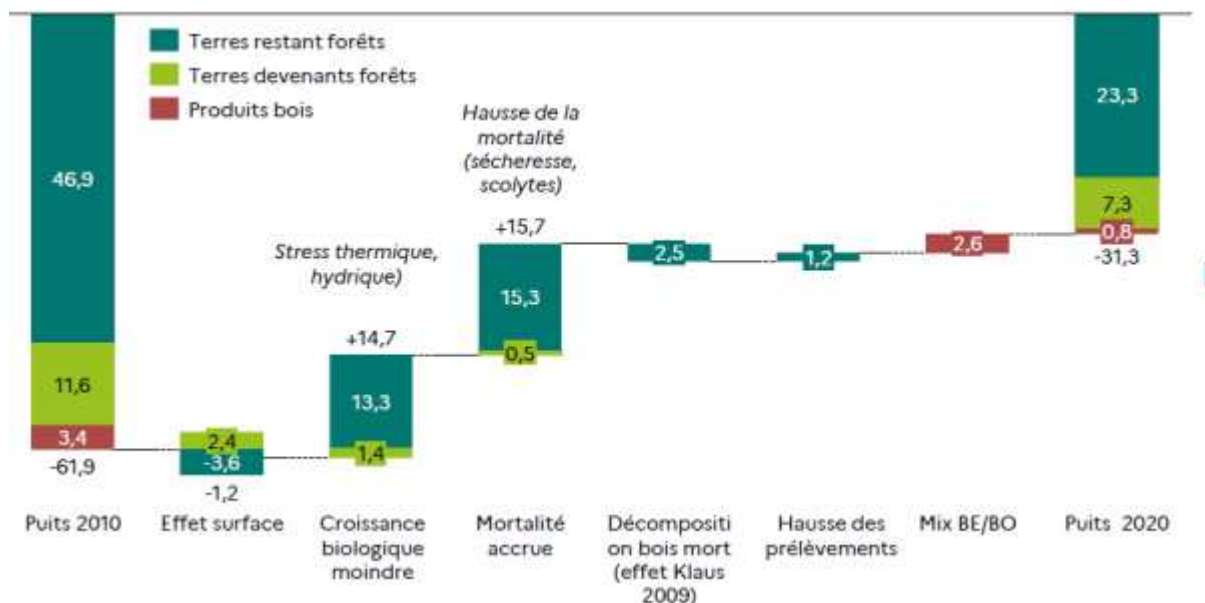


Figure 3 : Graphique issu du rapport SGPE pour la forêt sur la chute de 50 % du puits en 10 ans. Les puits sont représentés en négatif en regard des émissions positives de Gaz à effet de serre des autres secteurs non représentés ici. La décomposition du changement en 10 ans montre les origines des améliorations du puits (plus négatif) ou des aggravations (bilan positif indiquant une réduction du puits). Données CITEPA, fichiers UTCATF, LULUCF background ; <https://www.info.gouv.fr/upload/media/content/0001/06/94b5555866d658dedc6ae77125b6c8eaf7e1b835.pdf>.

essence soient répartis afin d'assurer un renouvellement régulier.

Une fois l'équilibre atteint, chaque coupe finale lors du renouvellement est équilibrée avec la croissance de tous les peuplements plus jeunes. Arrivé à ce stade d'équilibre, ce qui est actuellement observé dans certaines forêts anciennes comme les forêts domaniales, la forêt devient neutre en carbone.

Le puits d'aujourd'hui est le fruit d'une progression sans précédent de la forêt au siècle dernier

Le fait d'avoir en France un puits encore très important est le résultat de l'augmentation au XX^e siècle des forêts françaises : 50 % de surface en plus et un doublement du volume sur pied. Par rapport au minimum forestier atteint à la moitié du XIX^e siècle, la surface a même doublé et le volume triplé (Denardou *et al.*, 2017). L'augmentation de la surface forestière est surtout due à la déprise agricole à l'œuvre depuis le XIX^e siècle et plus encore suite à la Seconde Guerre mondiale, tandis que l'augmentation du volume est due à la fois à l'expansion surfacique de la forêt et à la maturation des arbres.

Le cycle forestier étant long, cette progression continue de marquer la forêt française, encore jeune et en capitalisation (voir pour plus de détail Peyron et Hervé, 2012). Le puits forestier, c'est-à-dire l'augmentation de stock, est donc une situation conjoncturelle, d'ailleurs observée dans les autres pays européens (Bontemps, 2021).

Mais la forêt est rattrapée par les changements environnementaux

Depuis quelques années, la forêt est affectée par des conditions climatiques plus difficiles : de longues sécheresses avec des canicules, des périodes de pluies intenses et d'hydromorphie. En 5 ans, le département Santé des Forêts et l'IGN ont identifié le dépérissement d'environ 670 000 ha¹⁰ auxquels s'ajoutent 72 000 ha partis dans les incendies de 2022. L'IGN a mesuré une augmentation de 80 % de la mortalité en 8 ans.

Ces crises successives expliquent pour moitié la chute du puits forestier en 10 ans (voir la Figure 3). L'autre moitié est due à une baisse à bas bruit de 4 % de la croissance, mais cet effet sur l'ensemble de la forêt agit un peu comme une tempête silencieuse.

Des régions devenues source de carbone ?

Durant l'été 2023, les dernières publications sur la chute du puits ont été largement reprises dans les médias comme une alerte sur l'effondrement de la forêt elle-même. Si le puits s'est effondré de 50 %, c'est quand même que le stock continue à progresser, moins rapidement mais de manière significative.

Le bilan est différent selon les régions (voir la Figure 4). La région la plus affectée a été le Grand-Est avec surtout une hausse très forte de la mortalité, qui a conduit à une perte de stock (la région est devenue « source »

¹⁰ <https://foret.ign.fr/themes/estimation-de-la-surface-de-forets-deperissantes>

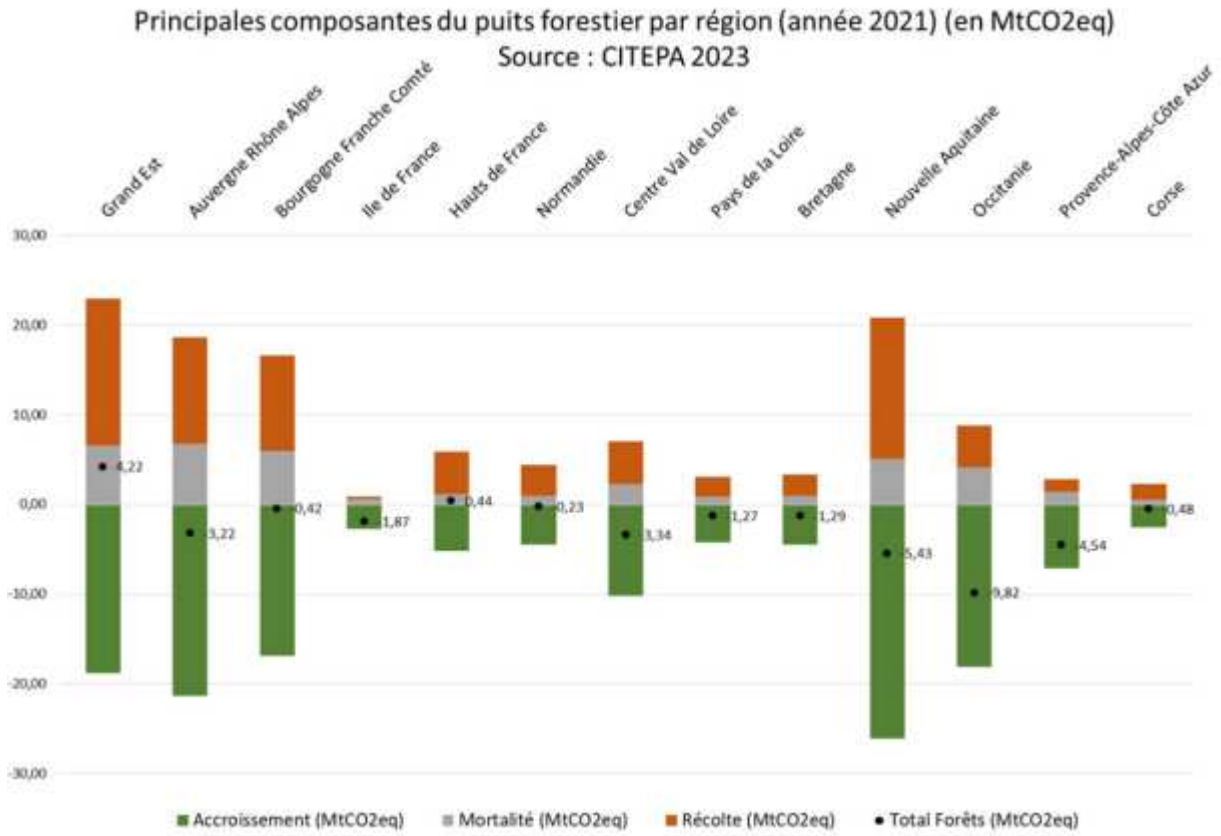


Figure 4 : Bilan des accroissements, de la mortalité et de la récolte par région en 2021, en MtCO₂eq (Sources : CITEPA 2023 ; <https://foret.ign.fr/themes/attenuation-effet-de-serre>).

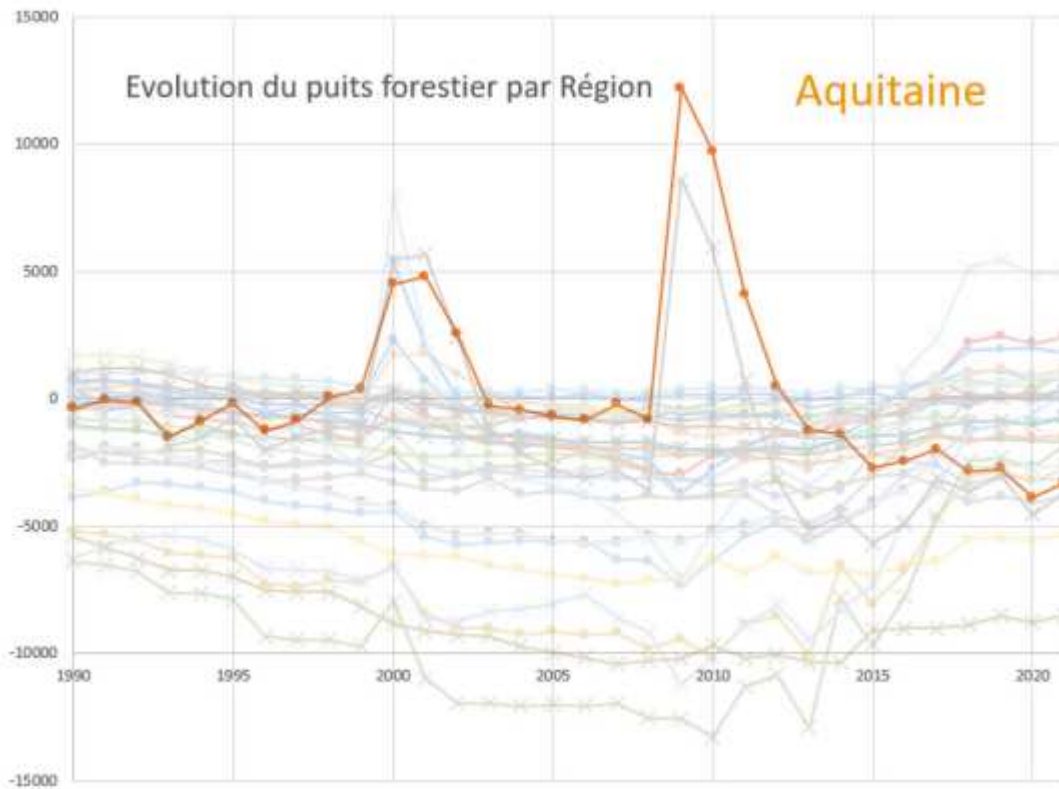


Figure 5 : Données CITEPA fichiers UTCATF, LULUCF background par région, 2023 en tCO₂e. Exemple de la région Aquitaine en bilan depuis 1990. L'ensemble des autres régions est représenté en grisé dessous.

de carbone). La Bourgogne-Franche-Comté a été très affectée aussi mais le bilan était proche de zéro. Les Hauts-de-France sont devenus une « source » de carbone mais pour un bilan très faible.

Par ailleurs la Figure 5 pour l'ancienne région Aquitaine montre comment le bilan est affecté fortement par les épisodes de crise, comme les deux tempêtes Lothar-Martin en 1999 puis Klaus en 2009. La dynamique du massif Aquitain était quasiment à l'équilibre avant 1999, ce massif a été peu affecté finalement après la première tempête. En 2009 la tempête Klaus a entraîné à nouveau une forte chute du stock en forêt, mais cette fois un important rajeunissement du massif, devenu depuis un puits plus marqué.

La forêt a besoin d'actions fortes pour aller vers plus de résilience

Dans l'articulation entre stocks et flux de carbone, la connaissance et la gestion de la vulnérabilité des forêts est un enjeu important. L'ONF évalue aujourd'hui que 30 % des surfaces qu'il gère seront en grande difficulté climatique d'ici 2050, et 50 % d'ici 2100 (Rapport d'activité ONF 2023¹¹, en utilisant l'outil ONF Climessence¹² pour les principales essences de la forêt publique).

La stratégie d'adaptation de la forêt aux nouvelles conditions climatiques va bien au-delà de la simple question du carbone, mais l'articulation entre les stocks et les flux montre combien il est important pour l'atténuation de réfléchir en même temps à la protection des stocks sur pied et au maintien d'une pompe à carbone efficace.

La protection du stock est « sans regret » par rapport au risque accru d'incendies de forêts, comme les ont vécus l'Australie en 2019 et le Canada en 2023. La perte par combustion, avec le carbone retournant directement à l'atmosphère, est l'effet le plus catastrophique sur les stocks de carbone en forêt (pour le Canada en 2023, ces émissions étaient du même ordre de grandeur que les émissions de l'ensemble des autres secteurs économiques du pays).

La protection des sols forestiers est aussi une solution sans regret car non seulement ces sols contiennent autant de carbone que la biomasse vivante mais ils sont en plus le support du bon état de santé des peuplements. En 2019, l'étude 4P1000¹³ a permis de faire un point sur les facteurs influençant le bilan carbone des sols, notamment forestiers (Augusto *et al.*, 2019). L'ADEME¹⁴ a par ailleurs publié en 2020 un guide de recommandation des pratiques respectueuses des sols

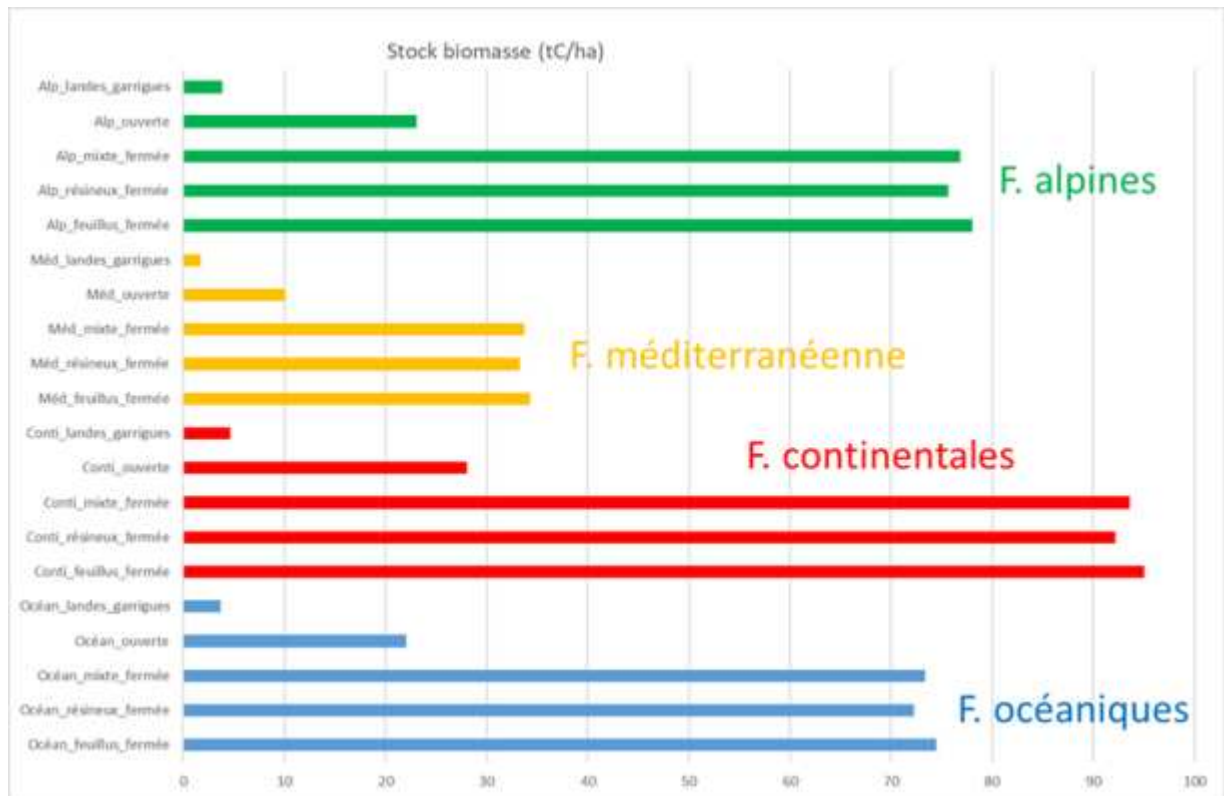


Figure 6 : Graphique issu des données du rapport EFESE, MTES, 2019 des stocks moyens de carbone à l'hectare selon les grandes régions pédoclimatiques de métropole (<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20La%20sequestration%20de%20carbone%20par%20les%20ecosysteme.pdf>).

¹¹ <https://www.onf.fr/onf/+/2141::rapport-dactivite-2023-de-onf.html>

¹² <https://climessences.fr/>

¹³ <https://www.inrae.fr/actualites/stocker-4-1-000-carbone-sols-potentiel-france>

¹⁴ <https://librairie.ademe.fr/produire-autrement/4196-recolte-durable-de-bois-pour-la-production-de-plaquettes-forestieres.html>

forestiers, aussi bien pour leur intégrité physique que chimique, liées à la fertilité.

Par rapport à des risques de dépérissement, le choix du maintien des stocks peut conduire à une augmentation de la vulnérabilité. Le forestier essaiera d'anticiper au maximum l'évolution des essences au moment des renouvellements de peuplements, parfois même en anticipant cette phase de renouvellement. Pour les peuplements à des stades plus avancés, l'enjeu sera de surveiller l'état sanitaire des arbres afin de pouvoir réagir au moment de crises et récolter les bois avant qu'ils ne se dégradent. La valorisation de ces bois subis, parfois dépréciés, devient de plus en plus cruciale pour permettre de prolonger le stockage d'une partie du carbone vers des produits bois matériau à longue durée de vie.

Enfin pour maintenir la pompe à carbone, des programmes ambitieux de plantations en plein et en enrichissement sont lancés et soutenus par France 2030 pour l'adaptation des forêts, avec une volonté de diversification des solutions, allant du brassage génétique des essences en place à l'introduction d'essences habituées à des climats plus secs et chauds.

Une adaptation des forêts vers des faciès plus du sud

Les données du GIEC et les modèles climatiques associés, nous prédisent des conditions plus chaudes et sèches au nord et à l'est du pays, avec des peuplements d'un faciès plus méditerranéen et moins hauts (Hanewinkel *et al.*, 2013). Dans une translation latitudinale des biomes, la Figure 6 interroge sur les évolutions des stocks de carbone des forêts et sur la continuation d'une augmentation encore forte des stocks. Si les forêts du nord et de l'est du pays avaient demain des stocks du type méditerranéen, le chemin vers cet état d'équilibre passerait alors par une phase de déstockage de carbone.

L'importance de prolonger le stockage de carbone dans des produits bois à longue durée de vie

Cet article se concentre sur la partie forêt du rôle d'atténuation de la filière forêt-bois, mais il convient de revenir au système plus intégré de cette filière, et au prolongement assuré du stockage de carbone dans des produits bois dans notre environnement de vie. Ces produits agissent sur les deux leviers présentés en Figure 1 que sont le stockage de carbone et la substitution. Les deux articles complémentaires du numéro (« Proposition d'un scénario de convergence offre-demande de la filière bois » et « Projections des stocks et flux de carbone du secteur forêt-bois français dans un contexte de changement climatique ») en détaillent les enjeux et donnent des pistes d'innovation pour améliorer le bilan de l'ensemble du système dans ce contexte incertain du changement climatique.

Conclusion et perspectives

La forêt n'est pas un puits magique, et le terme de puits est d'ailleurs mal choisi, puisqu'il laisse penser à un trou sans fond. Il a été montré que la forêt allait dans le temps long vers un bilan plutôt neutre, mais qu'elle pouvait même devenir rapidement une source de carbone en cas de crise, si son stock de carbone venait à diminuer.

Il convient donc d'être pleinement conscient de l'atout que représentent la forêt française et la filière bois pour la stratégie d'atténuation. L'augmentation des crises montre l'urgence d'assurer l'adaptation au changement climatique : l'adaptation des essences en forêt pour continuer de jouer un rôle de pompe à carbone et l'adaptation de la filière pour augmenter l'usage du matériau bois renouvelable, vers une société décarbonée. Le temps long forestier nous conduit à projeter nos choix à des horizons de plusieurs dizaines d'années pour mesurer pleinement leurs impacts.

La période récente montre aussi que ce puits ne doit pas être le seul indicateur des politiques publiques, tant il est influencé par les crises subies par les forêts. Les tendances récentes de baisse de la croissance et de hausse de la mortalité des arbres se sont ainsi traduites par un affaiblissement majeur d'un puits piloté depuis des décennies par une forte dynamique d'expansion forestière. Le changement climatique accélère finalement la transition vers un état plus stable, voire au-delà, conduira vers un stockage plus faible de carbone qu'actuellement. Prendre conscience de cette dynamique de long terme doit nous aider à replacer le rôle de la forêt et de la filière bois dans cette transition et dans les politiques qui visent l'atteinte de la neutralité carbone pour la France.

Plusieurs des leviers identifiés pour le carbone dans cet article sont de toute façon importants pour les autres fonctions assurées par les forêts, support de biodiversité ou du cycle de l'eau. Nous avons essayé d'expliquer la complexité des choix de leviers d'actions, qui peuvent parfois être antagonistes entre stocks et flux de carbone, mais qui doivent en plus répondre à ces autres attentes. Les choix favorables à un bon état sanitaire de la forêt et à sa meilleure résilience, comme l'adaptation des essences et la protection des sols, sont en tout cas sans regret : nous ne ferons pas d'atténuation sans réussir l'adaptation de nos forêts.

Bibliographie

- AUGUSTO L., SAINT-ANDRÉ L., BUREAU F., DERRIEN D., POUSSE N. & CÉCILLON L. (2019), « Séquestration de carbone organique dans les sols forestiers : impacts de la gestion sylvicole », *Forêt entreprise*, n°245 spécial « Le carbone forestier au cœur de notre société », pp. 62-66.
- BONTEMPS J.-D. (2021), "Inflation of wood resources in European forests: The footprints of a big-ban", Ed. Shijo Joseph, *PLoS ONE*, 16(11), e0259795, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259795>
- DENARDOU A., HERVÉ J.-C., DUPOUEY J.-L., BIR J., AUDINOT T. & BONTEMPS J.-D. (2017), « L'expansion séculaire des forêts françaises est dominée par l'accroissement du stock sur pied et ne sature pas dans le temps », *Revue*

forestière française, vol. 69, n°4-5 « Forêts anciennes », pp. 319-340, <https://doi.org/10.4267/2042/67864>

FRIEDLINGSTEIN P., O'SULLIVAN M., JONES M.-W., ANDREW R., BAKKER R., HAUCK J., LANDSCHÜTZER P. *et al.* (2023), "Global Carbon Budget 2023", *Earth System Science Data*, vol. 15, n°12, pp. 5301-5369, <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>

HANEWINKEL M., CULLMANN D.A., SCHELHAAS M.-J., NABUURS G.-J. & ZIMMERMANN N.E. (2013), "Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land", *Nature Climate Change*, n°3, pp. 203-207, <https://doi.org/10.1038/nclimate1687>

LUYSSAERT S., SCHULZE D., BÖRNER A., KNOHL A., HESSENMÖLLER D., LAW B., CIAIS P. & GRACE J. (2008), "Old-growth forests as global carbon sinks", *Nature*, vol. 455, n°7210, pp. 213-215, <https://doi.org/10.1038/nature07276>

PEYRON J.-L. & HERVÉ J.-C., (2012), « Comment apprécier le niveau d'exploitation des ressources forestières françaises ? », *Revue forestière française*, vol. 64, n°5, pp. 599-611, <https://hal.science/hal-03446879/document>

RYAN, M. G., BINKLEY D. & FOWNES J. H. (1997), "Age-Related Decline in Forest Productivity: Pattern and Process", *In Advances in Ecological Research*, édité par BEGON M. & FITTER A. H., vol. 27, pp. 213-262, Academic Press, [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60009-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60009-4)

STEPHENSON, N. L., A. J. DAS, R. CONDIT, S. E. RUSSO, P. J. BAKER, N. G. BECKMAN, D. A. COOMES *et al.* (2014), "Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size", *Nature*, vol. 507, n°7490, pp. 90-93, <https://doi.org/10.1038/nature12914>

TANG, J., LUYSSAERT S., RICHARDSON A., KUTSCH W., JANSSENSI. (2014), "Steeper declines in forest photosynthesis than respiration explain age-driven decreases in forest growth", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, n°24, pp. 8856-8860, <https://doi.org/10.1073/pnas.1320761111>

Projections des stocks et flux de carbone du secteur forêt-bois français dans un contexte de changement climatique

Par Claire BASTICK, Antoine COLIN et Henri CUNY

Institut national de l'information géographique et forestière (IGN)

Et Marin CHAUMET, Gérard DEROUBAIX, Mouchira LAHIANI,
Lucile SAVAGNER et Estelle VIAL

Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA)

Afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050, la France s'est fixé des objectifs ambitieux en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. La forêt et le bois sont des éléments clés dans la Stratégie Nationale Bas-Carbone du fait de leur capacité à séquestrer du carbone et à éviter, grâce à l'emploi du bois, des émissions de carbone fossile. Pour accompagner ces stratégies, les pouvoirs publics et les acteurs économiques s'appuient sur des informations et expertises documentées.

Cet article résume les principales conclusions de l'étude IGN-FCBA de mai 2024 sur le potentiel d'atténuation du changement climatique du secteur forêt-bois hexagonal [1].

Divers scénarios d'évolution conjointe de la ressource forestière et du bilan carbone de la filière ont été simulés aux horizons 2050 et 2080, en tenant compte d'un gradient de niveaux de récolte, d'effets du changement climatique et de stratégies de renouvellement.

Ces projections dont les hypothèses ont été validées avec des experts spécialisés, mobilisent les outils et les connaissances scientifiques et techniques les plus à jour.

Une gamme variée de scénarios d'évolution de la forêt et de la filière

Suivant une approche prospective, une large gamme de trajectoires a été simulée, illustrant l'ampleur des possibles mais aussi celle des incertitudes. Ces trajectoires sont issues du croisement de divers scénarios d'effets du climat, de mise en œuvre du plan de renouvellement gouvernemental, de gestion forestière et d'usages des bois dans la filière (cf. Figure 1).

Trois scénarios d'effets du climat représentent un gradient de sévérité des impacts des sécheresses, hors autres événements extrêmes (tempêtes, méga-feux...). Ils ont été construits à partir des tendances récentes d'évolution de la croissance et de la mortalité observées dans les données IFN [2]. Les limites des connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas de relier directement et quantitativement les évolutions de température et de précipitations des trajectoires climatiques du GIEC [3] à des changements dans les dynamiques naturelles des peuplements. La tempora-

rité des crises simulées dans ces scénarios a été fixée arbitrairement.

Deux scénarios reprennent l'objectif du milliard d'arbres du plan de renouvellement gouvernemental [4], avec une graduation dans la réussite et la rapidité de mise en œuvre. Dans tous les cas, ces scénarios ne concernent que les surfaces aidées par le plan de renouvellement, soit essentiellement des peuplements identifiés comme dépérissants ou vulnérables. Les renouvellements effectués dans le cadre de la gestion forestière courante sont intégrés dans les scénarios de gestion.

Six scénarios de gestion simulent l'offre de bois disponible à l'horizon 2050. Les niveaux de prélèvement sont définis à l'échelle nationale soit par un taux de prélèvement de l'accroissement, soit par un volume absolu de récolte. La déclinaison varie localement selon la ressource présente et les possibilités d'évolution de la mise en gestion. Trois types de récoltes viennent alimenter les disponibilités en bois nationales : les coupes des scénarios du plan de renouvellement (majoritairement de peuplements dépérissants), les coupes sanitaires subies et les coupes de gestion courante.

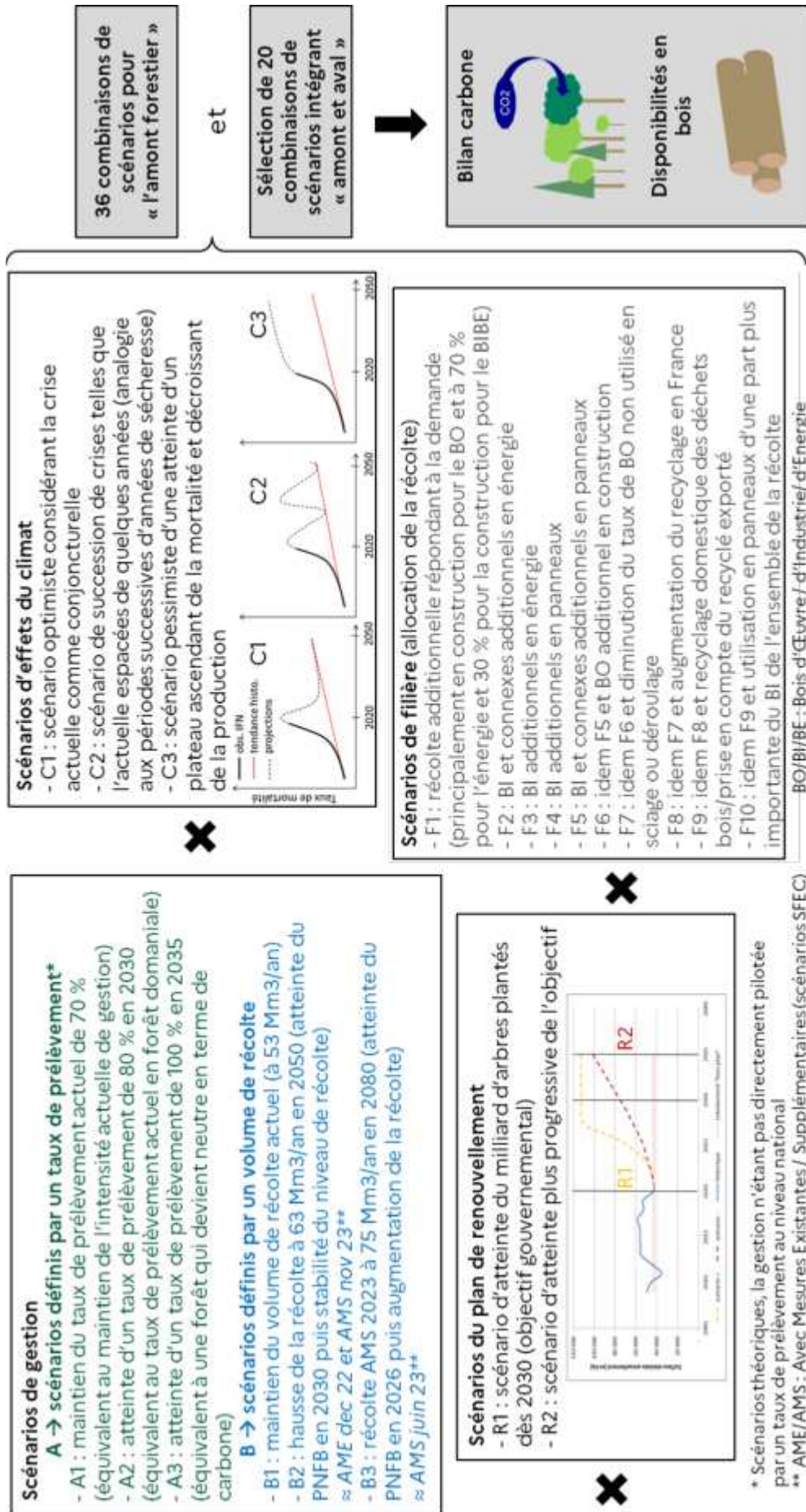


Figure 1 : Schéma des différents scénarios et combinaisons de scénarios de l'étude (Source : étude IGN-FCBA de mai 2024).

Les scénarios d'effet du climat, de renouvellement et de gestion ont été implémentés dans le modèle de projection de la ressource forestière MARGOT [5] afin de simuler l'évolution des stocks et des flux de bois. Puis les résultats ont été convertis en tonnes de carbone.

Enfin, dix scénarios de filière allouent les volumes de récolte entre différents types de produits, en favorisant plus ou moins certains usages et le recyclage par rapport aux usages observés actuellement. L'allocation est basée sur l'évolution projetée des besoins futurs en différents produits bois, issue du scénario de demande calculé dans l'étude.

Les impacts du changement climatique et de l'adaptation des forêts

Les scénarios d'effets du climat ont un impact majeur sur les résultats, avec des variations, pour le scénario B1_R1_C3 à 2050, de l'ordre de - 25 % pour la production et + 77 % pour la mortalité par rapport à l'actuel, engendrant une décapitalisation des forêts dans les trajectoires les plus pessimistes (cf. Figure 2).

Des effets par vagues de crises sont vraisemblables au moins localement avec des risques associés d'offre de bois irrégulière en quantité et/ou en qualité. Les deux crises scénarisées par hypothèse dans le scénario C2 fournissent une illustration de ce phénomène.

De fortes incertitudes demeurent sur ces scénarios, tant sur le lien avec les évolutions climatiques, que sur la capacité d'adaptation des arbres, ou sur les différences de réponses entre essences, etc.

La mise en œuvre du plan de renouvellement entraîne une inévitable phase de décapitalisation dans un premier temps, phase qui serait susceptible dans tous les cas de survenir plus ou moins rapidement compte tenu du caractère dépérissant ou vulnérable des peuplements reboisés.

À l'horizon 2050, les peuplements renouvelés dans le plan présentent un stockage de carbone à l'hectare plus de deux fois supérieur aux autres peuplements. Compte tenu du temps long de la croissance forestière, les effets du plan de renouvellement, notamment sur l'augmentation de la qualité des bois produits, ne sont visibles qu'à long terme, au-delà de 2050 (cf. Figure 3). Les conséquences positives sur le stockage de carbone et la production de bois sont conditionnées au bon ciblage des peuplements à renouveler ainsi qu'à la bonne réussite des plantations. Cette réussite dépend du choix d'essences et de sylvicultures adaptées, de l'atteinte de l'équilibre sylvo-cynégétique, de la préparation des terrains et de la réalisation des entretiens des plantations, etc.

L'évolution de l'offre et de la demande en bois

Les scénarios de gestion A, plus théoriques, font peser sur le secteur aval les effets du climat puisque le niveau de récolte est directement lié à la production biologique. Dans les scénarios de la famille B, le stockage de carbone en forêt devient une conséquence du niveau de récolte. Ces scénarios testent des orientations de gestion volontairement contrastées selon une approche prospective. Compte tenu de l'aggravation des effets du climat, le A1 entraîne une baisse des disponibilités et favorise le stockage en forêt, tandis que le B1 main-

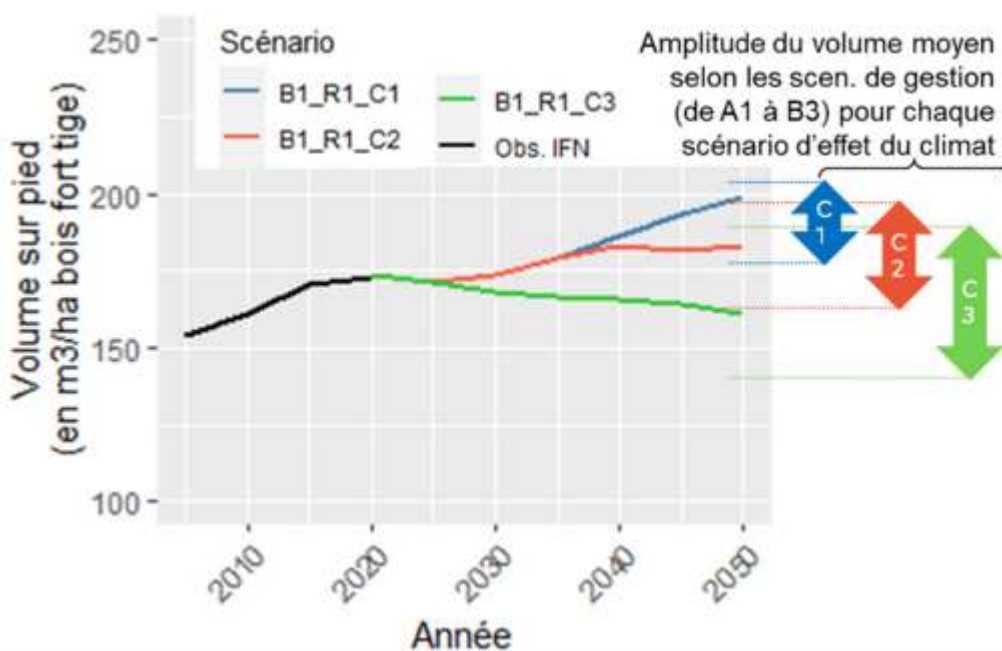


Figure 2 : Évolution du volume sur pied selon les scénarios d'effets du climat (Source : étude IGN-FCBA de mai 2024).

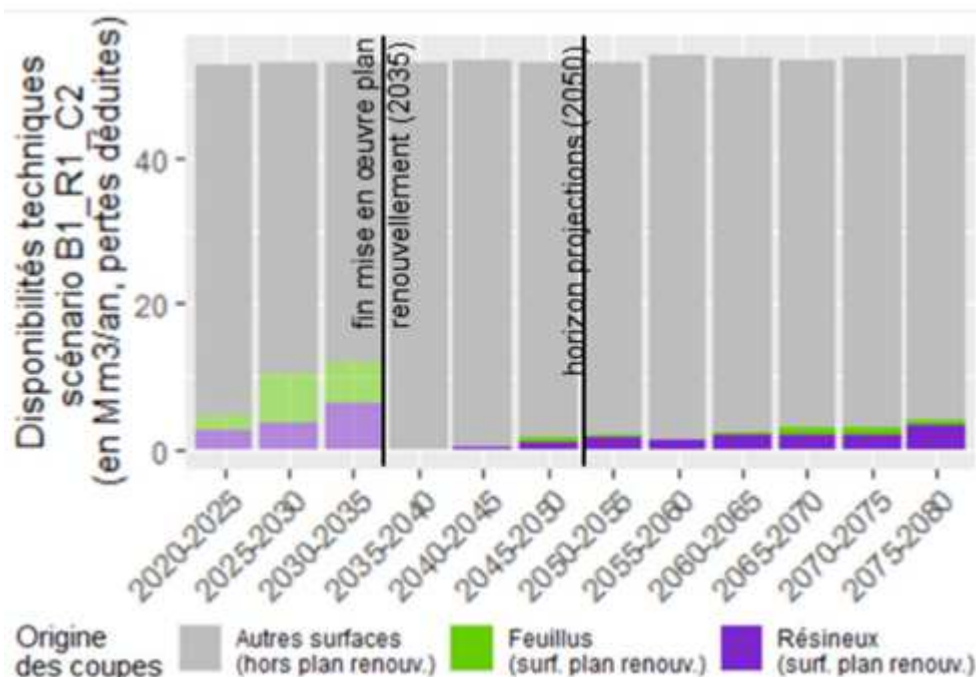


Figure 3 : Évolution des disponibilités issues des surfaces aidées dans le plan de renouvellement (Source : étude IGN-FCBA de mai 2024).

tient globalement le niveau de récolte actuel mais se traduit par le passage à une sylviculture de crise dans certains peuplements. L'augmentation de la récolte fixée dans le B2 implique une baisse du stock de bois en forêt (cf. Tableau 1).

L'activation de leviers de différentes natures est indispensable pour réussir à augmenter la récolte. Le scénario B2 nécessite par exemple le passage d'environ 20 % de la surface forestière d'une catégorie de gestion « faible » à une gestion plus « forte », supposant des évolutions majeures de l'accessibilité ou la levée de

freins sociaux-économiques. Par ailleurs, les marges de manœuvre pour une dynamisation de la gestion concerneraient principalement certaines forêts, plutôt privées et feuillues. Par ailleurs, d'autres enjeux comme la protection de la biodiversité doivent aussi être pris en compte.

L'enjeu de valorisation des produits accidentels pour maximiser le bilan carbone est majeur dans tous les scénarios. L'estimation de la part mobilisable reste très incertaine, mais elle pourrait atteindre jusqu'à 12 % de la récolte dans certaines combinaisons de scénarios

Tableau 1 : Résultats de différents scénarios de gestion en 2050 (Source : étude IGN-FCBA de mai 2024).

	Actuel (période IFN 2013-2022)	Scénario A1_R1_C2 (en 2050)	Scénario B1_R1_C2 (en 2050)	Scénario B2_R1_C2 (en 2050)
Disponibilités techniques (Mm ³ /an pertes déduites)	52,3	42,0	53,1	64,3
Taux de prélèvement (% de l'accroissement net)	69 %	70 %	89 %	107 %
Volume moyen sur pied (m ³ /ha bois fort tige)	173	198	183	169
Part de feuillus dans la récolte (% des disponibilités techniques)	49 %	55 %	55 %	58 %
Part des coupes sanitaires (% des disponibilités techniques)	Non estimé	6 %	6 %	7 %

et de périodes. Cette récolte « subie » nécessite une adaptation forte à la fois de l'amont et de l'aval.

En tenant compte des orientations stratégiques de la France, l'évolution de la demande projetée est à la hausse dans la plupart des secteurs de la filière, atteignant un total de + 14 % entre 2019 et 2050 (cf. Tableau 2). Seule l'augmentation de la récolte des scénarios B2 et B3 permettrait de satisfaire globalement cette hausse de la demande, avec toutefois des tensions sur le bois d'œuvre résineux. Mais pour éviter le recours massif aux importations, cette évolution de la demande requiert également une amélioration de la compétitivité et un développement des capacités productives du tissu industriel français, notamment dans le secteur de la construction, pour lequel les investissements du plan France 2030 [6] ouvrent des perspectives.

Tableau 2 : Scénario de demande projetée
(Source : étude IGN-FCBA de mai 2024).

Secteur	Évolution projetée de la demande entre 2019 et 2050
Bâtiment	+ 33 %
Ameublement	+ 29 %
Emballage	+ 18 %
Énergie	+ 13 %
Pâte à papier	- 5 %

Le bilan carbone de la filière forêt-bois

Dans la plupart des scénarios, la baisse amorcée il y a quelques années du stockage ou puits de carbone en forêt [7] se poursuit sur les prochaines décennies, notamment dans les cas de hausse de la récolte et d'effets sévères du climat. Mais à l'horizon 2050 jusqu'au scénario B2_C2, les écosystèmes forestiers continuent de stocker davantage de carbone chaque année (cf. Figure 4).

L'impact des crises rend le bilan carbone amont très labile, pouvant passer de puits à source suivant les périodes. Une vision carbone sur de larges fenêtres temporelles est nécessaire face à ces variations conjoncturelles et pour intégrer le temps long des dynamiques de la forêt.

Le stockage dans le bois mort ne représente pas un réservoir de long terme, bien qu'il lisse ou retarde l'effet des crises et de l'aggravation du climat. En cas de forte surmortalité, il est d'ailleurs susceptible d'entraîner des risques (exemple : accumulation de combustible).

Si le stockage dans les sols représente actuellement environ 12 MtCO₂/an, il n'est pas acquis pour l'avenir et n'a pas été intégré quantitativement en projection dans l'étude compte tenu des incertitudes sur son devenir.

La contribution de la filière aval au bilan carbone est évaluée uniquement dans les scénarios qui conduisent au maintien ou à l'augmentation de la récolte. Actuellement, les usages matériels reposent principalement sur le bois résineux. La hausse des disponibilités peut répondre à l'évolution de la demande en bois matériau, sous réserve d'une adaptation de la filière

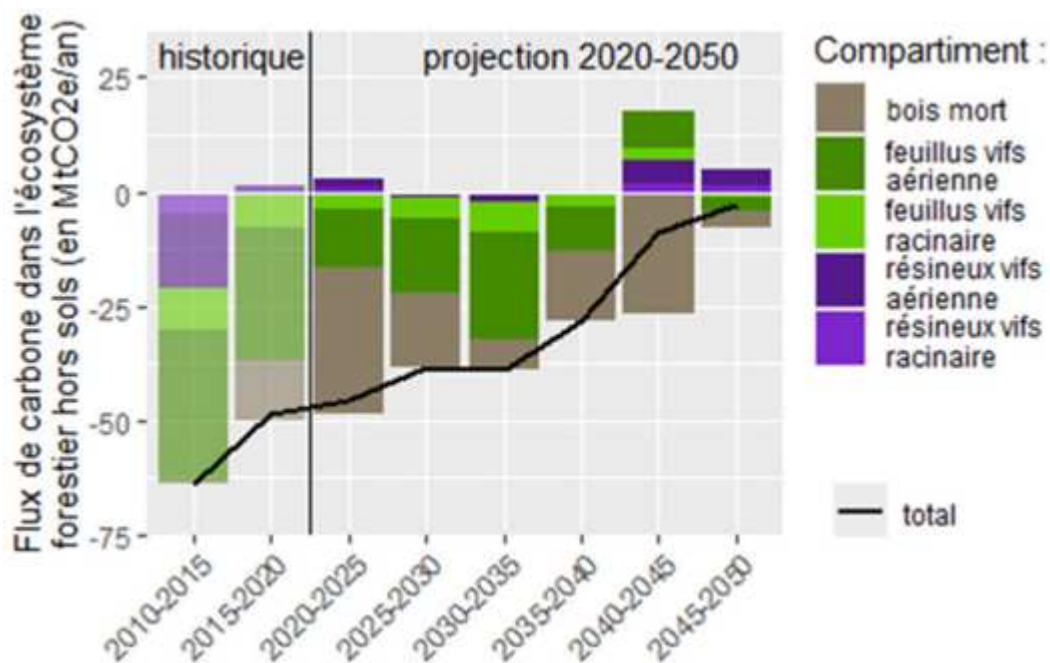


Figure 4 : Évolution du stockage carbone en forêt dans le scénario B2_R1_C2
(Source : étude IGN-FCBA de mai 2024).

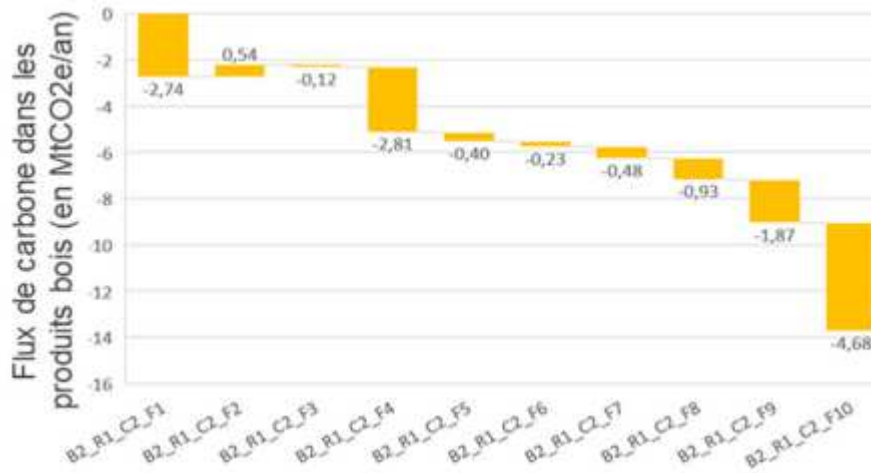


Figure 5 : Évolution du stockage carbone dans les produits bois suivant le scénario de filière (Source : étude IGN-FCBA de mai 2024).

à l'emploi des bois feuillus et des bois de crise et du maintien d'une disponibilité en résineux.

La hausse de la récolte permet une augmentation du stockage de carbone dans les produits bois et de l'effet substitution. La différence de 20 % des disponibilités entre le scénario B1 et B2 (pour la combinaison R1_C2_F1) entraîne en 2050 une augmentation du stockage annuel de carbone dans les produits bois de + 50 %, de la substitution matériaux de + 10 % et de la substitution énergie de + 40 %.

L'utilisation de la récolte additionnelle en matériaux plutôt qu'en énergie, la diminution du taux de bois d'œuvre non utilisé en sciages ou en déroulage et l'augmentation du recyclage sont des leviers majeurs

pour améliorer le bilan carbone aval, avec des gains possibles de plusieurs millions de tonnes de CO₂ entre les différents scénarios F (cf. Figure 5).

L'effet substitution est également sensible aux hypothèses retenues, notamment sur le mix énergétique que le bois remplace, et la potentielle décarbonation des autres secteurs économiques qui pourrait induire une baisse de cet effet à l'avenir [8]. Mais dans tous les cas, le comparatif avec d'autres matériaux ou énergies demeure favorable au bois.

Le jeu de balancier entre le bilan carbone amont et aval nécessite d'adopter une vision intégrée du secteur forêt-bois dans sa contribution à l'atténuation du changement climatique (cf. Figure 6).

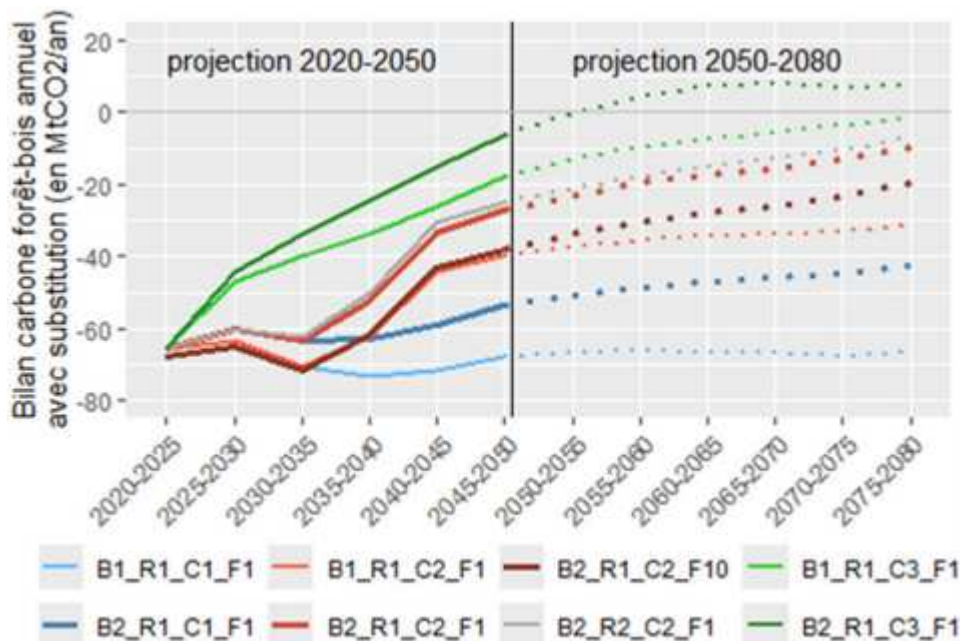


Figure 6 : Évolution des bilans annuels intégrés amont-aval par scénario (Source : étude IGN-FCBA de mai 2024).

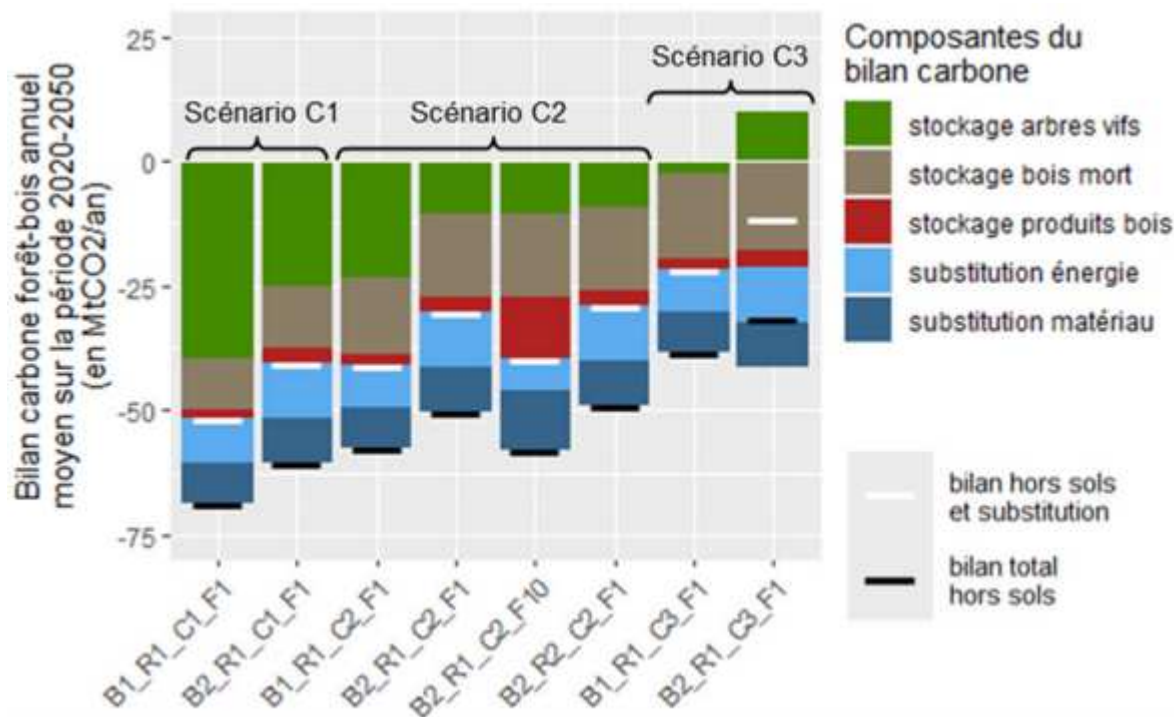


Figure 7 : Répartition par compartiment des bilans annuels moyens par scénario
(Source : étude IGN-FCBA de mai 2024).

Si le scénario B1 est globalement plus favorable que le B2, les scénarios d'effets du climat sont de loin le premier facteur de sensibilité des bilans totaux en carbone. Ainsi, plus le climat se dégrade, plus la contribution de la filière devient importante. Si dans le scénario C1, la filière représente 25 à 30 % du bilan et la gestion B1 est plus favorable que la B2, dans le scénario C3, la filière pèse 50 à 80 % du bilan et la différence entre les bilans carbone des scénarios B1 et B2 est plus faible (cf. Figure 7).

Le différentiel entre les scénarios de filière, plus ou moins favorables aux usages matériaux et au recyclage est du même ordre de grandeur que l'augmentation de la récolte entre B1 et B2. L'effet du plan de renouvellement n'est quant à lui visible qu'à plus long terme.

Conclusions et perspectives

Malgré une diminution de sa contribution dans la plupart des trajectoires projetées, le secteur forêt-bois reste un allié dans la lutte contre l'effet de serre. À surface forestière égale le puits forestier ne peut pas augmenter indéfiniment. La filière prolonge le stockage dans les produits et surtout assure l'usage d'une matière renouvelable permettant l'effet de substitution. La complémentarité entre l'amont et l'aval est primordiale dans le bilan carbone et le rôle de la filière est d'autant plus important si le climat se dégrade. L'enjeu est d'assurer un développement cohérent de la filière : d'une part en investissant dans les usages à longue durée de vie (y compris pour les feuillus et bois de crise), qui ont un effet très fort sur le bilan carbone, tout en améliorant le recyclage, la réutilisation et le réemploi ; et d'autre part en préservant une production de bois dont la quantité

comme la qualité favorise la performance de la filière. L'équilibre entre les composantes du bilan carbone requiert des choix de société et des arbitrages politiques à visée de long terme, probablement spécifiques selon les territoires, et qui pourraient amener à passer d'une logique visant une augmentation du puits à celle visant un pilotage par les stocks de carbone.

Au-delà du bilan carbone, les trajectoires simulées ont des implications plus larges, couvrant différents enjeux économiques, sociaux, environnementaux, etc. Les conséquences sur l'emploi et la vitalité des filières ou sur le stock de bois sur pied exposé au risque seraient différentes selon les scénarios. Les conditions d'une hausse de la récolte de bois reposent notamment sur une ambition forte de massification de la gestion en forêt privée. Elles nécessitent également de prendre en compte les enjeux de biodiversité tant au niveau des pratiques de gestion que des surfaces protégées. Les attentes sociétales vis-à-vis de la forêt, des coupes de bois et des modes de consommation seront des facteurs majeurs susceptibles d'influencer la trajectoire empruntée.

Si le secteur forêt-bois contribue à la lutte contre le changement climatique, il est également fragilisé par ses effets. L'adaptation devient un enjeu majeur et même la condition au stockage de carbone. L'adaptation doit concerner de façon conjointe l'amont, l'aval et la société.

La forte sensibilité du bilan carbone aux effets du climat souligne l'enjeu du développement d'une culture du risque, *via* la protection de la vitalité des forêts, l'adaptation sur le temps long, la réactivité tant de la gestion forestière que de la filière bois lors des crises. En forêt,

le renouvellement par des essences compatibles avec les conditions futures et l'évolution des pratiques sylvicoles visant à ajuster la récolte à l'état des peuplements ou à abaisser le risque sont des mesures d'adaptation essentielles. Les réponses doivent être diversifiées et parfois expérimentales, selon les situations rencontrées. Leur mise en œuvre doit tenir compte du temps long des dynamiques forestières et reposer sur un système de monitoring régulier et précis. L'évolution des modalités de production et des comportements de consommation constitue aussi un levier dans l'adaptation, notamment pour développer l'usage des bois de crise, des feuillus en tant que matériaux, le recyclage, etc.

Cette étude prospective embarque un certain nombre d'incertitudes, d'ampleurs variables mais souvent cumulatives. La gamme de trajectoires étudiées et les analyses de sensibilité illustrent ces limites, qui appuient la nécessité de poursuivre les travaux de recherche, de partage de connaissances entre les organismes de l'amont et de l'aval, d'expertises pluridisciplinaires, et aussi d'acquisition de données complémentaires, notamment sur les effets du changement climatique.

Bibliographie

- [1] BASTICK C. *et al.* (2024), « Projections des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français », mai 2024, [En ligne], disponible sur : www.ign.fr/projections-bois-carbone-foret-francaise-2023-2024
- [2] IGN (2022), « Mémento - Inventaire Forestier National - édition 2022 », [En ligne], disponible sur : https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/memento_2022.pdf
- [3] MTECT (2023), « La trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) », [En ligne], disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/document-reference-TRACC.pdf>
- [4] MASA (2023), « Objectif forêt : rapport du comité spécialisé "gestion durable des forêts" en vue de l'élaboration du plan national de renouvellement forestier - Annexes », [En ligne], disponible sur : <https://agriculture.gouv.fr/rapport-objectif-foret>
- [5] AUDINOT T. (2021), « Développement d'un modèle de dynamique forestière à grande échelle pour simuler les forêts françaises dans un contexte non-stationnaire », Université de Lorraine, [En ligne], disponible sur : <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-03587619>
- [6] MTECT (2023), « France 2030 et les ambitions en matière de transition écologique », [En ligne], disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/france-2030-et-ambitions-en-matiere-transition-ecologique>
- [7] IGN (2021), « Indicateurs de gestion durable », [En ligne], disponible sur : <https://foret.ign.fr/IGD/fr/indicateurs/1.4>
- [8] FBF, COPACEL, CODIFAB & CARBONE 4 (2024), « Filière forêt-bois : Scénario de convergence du bouclage bois-biomasse à l'horizon 2050 », [En ligne], disponible sur : <https://franceboisforet.fr/2024/02/12/communique-de-presse-2030-2050-quel-scenario-carbone-pour-la-filiere-foret-bois>

Évolution de la santé des forêts, zoom sur les crises récentes

Par Fabien CAROULLE

Département de la santé des forêts du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

Depuis 2015, les conditions générales ont brutalement changé dans le suivi de la santé des forêts. L'exception qu'avaient constitué la sécheresse et la canicule estivales de 2003 est devenue presque chaque année la règle, impliquant des réactions fortes et variées du milieu forestier, sur le court comme sur le long terme.

Durcissement du climat, multiplication des introductions

Depuis 2015, le territoire métropolitain de la France 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, l'été 2023 sur la façade atlantique...), 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 des forêts. En outre, en toutes saisons, les températures moyennes s'établissent régulièrement au-dessus des valeurs normales passées.

Les conséquences de cette évolution sur les peuplements forestiers sont nombreuses : les incendies de 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 l'été 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 en 2022, la surface de peuplements ayant subi des dégâts de grêle a été du même ordre de grandeur que celle ayant été incendiée, avec des suites sanitaires à peine moins douloureuses.

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 de la végétation plus précoce que par le passé. Ces anomalies sont susceptibles d'être cruellement rattrapées par les gelées de 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 conjuguée à des gelées marquées au cours de la nuit peut aboutir en fin d'hiver 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, certains excès climatiques du « monde d'avant » se manifestent toujours au détriment de la santé des peuplements forestiers : les précipitations surabondantes du printemps 2016 ont causé 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* ou *X. compactus*...), d'autres ont massivement modifié le paysage forestier, vraisemblablement pour de nombreuses années : la chalarose déjà introduite depuis 2008 est à l'origine de la mort ou de la destruction de la majorité des frênes ; la pyrale du buis a ravagé en quelques années l'essentiel de la buxaie française, laissant planer le risque d'un déséquilibre du milieu forestier. Sur un périmètre beaucoup plus restreint, le pathogène *Phytophthora ramorum*, qui a causé de lourds dégâts dans les plantations de mélèze en Angleterre, a été découvert très localement en Bretagne en 2017 et 2018. Les peuplements de mélèzes ciblés ont été détruits et malgré son absence de détection depuis, la difficulté de son éradication en milieu naturel fait toujours peser une menace sourde sur les peuplements artificiels de mélèzes sur l'ensemble du territoire. 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 (DSF) en a 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 douglaie française, ou le sera à brève échéance, il faut toutefois 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 signalé comme étant dommageable en forêt, dans la mesure où il est désormais régulé par son antagoniste spécifique, *Torymus sinensis*.

Trajectoire des principales essences

La mortalité d'arbres dominants, ayant accès à la pleine lumière, est un événement heureusement encore rare, mais dont la survenue donne un indice de la vitalité du peuplement forestier où il se produit. Cette mortalité de tige dominante est un des paramètres suivis par le Département de la santé des forêts depuis 1989 sur un réseau de placettes forestières permanentes réparties de façon systématique sur la forêt métropolitaine. Or, si on regarde la fréquence d'apparition de ces mortalités au cours du temps, on constate sa hausse significative depuis le milieu des années 2010, quelles que soient les essences : c'est là un signe des changements environnementaux majeurs décrits précédemment. Cependant, il faut apporter à ce constat des nuances pour les principales essences de la forêt métropolitaine.

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, l'extension de la processionnaire du chêne 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 sessile ou pédonculé, comme dans les chênaies de l'Allier ou du Val de Saône. Il s'agit de l'essence principale de la forêt française, sa surveillance fait donc l'objet d'un soin tout particulier de l'ensemble des acteurs du milieu forestier.

Au contraire, le hêtre connaît une dégradation franche et 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. Ils se sont généralisés ensuite à l'Est de la France à des degrés divers : absence de débourrement, mortalités de tiges ou de branches, microphyllie... des parasites de faiblesse (insectes et champignons) sont associés au diagnostic. 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 biotiques qui les concernent (chalarose pour le frêne, encre et chancre pour le châtaignier).

En ce qui concerne les essences résineuses, c'est incontestablement l'épicéa qui a le plus souffert : après des premières attaques de scolytes (typographe) apparues en 2015 et une accélération du phénomène en 2017, les pullulations ont explosé de 2018 à 2020, ce qui s'est traduit par plusieurs dizaines de millions de

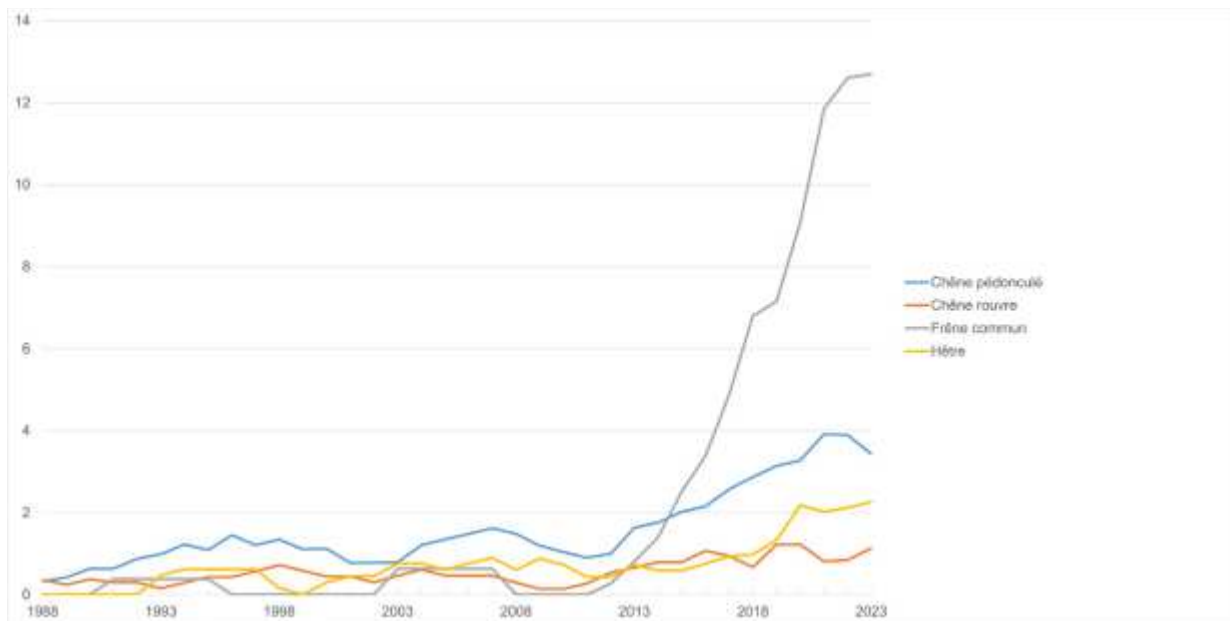


Figure 1 : Moyenne glissante sur 5 ans du taux de placettes du réseau systématique dont au moins un arbre de l'essence est mort - essences feuillues (Source : DSF).

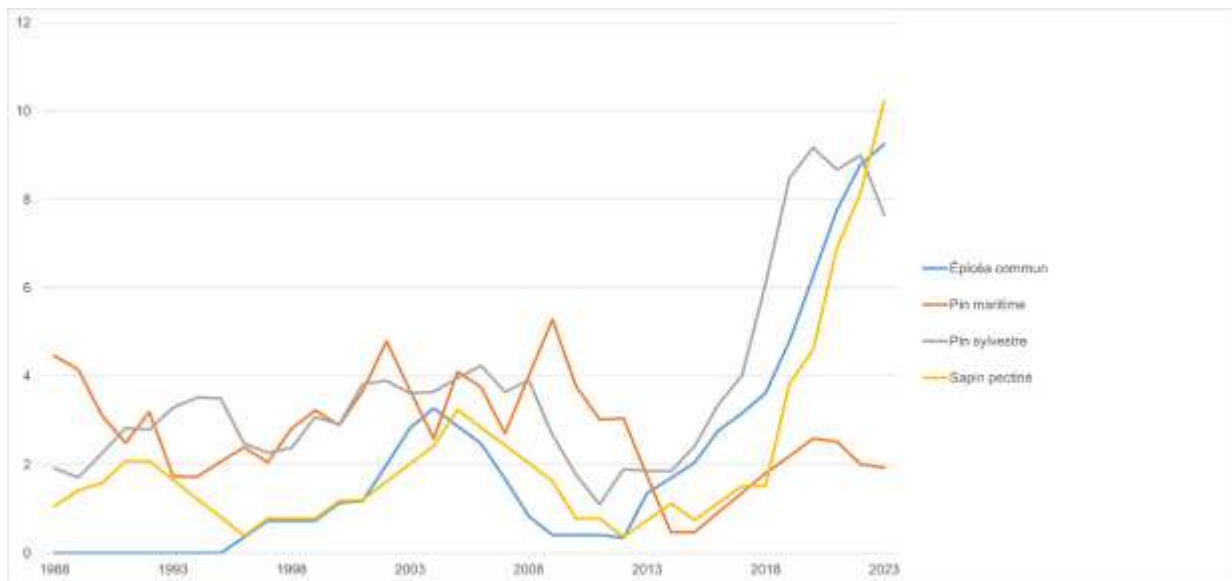


Figure 2 : Moyenne glissante sur 5 ans du taux de placettes du réseau systématique dont au moins un arbre de l'essence est mort - essences résineuses (Source : DSF).

m³ d'arbres scolytés, essentiellement dans les peuplements artificiels de plaine du nord-est, ainsi que dans le Morvan et les Ardennes. À partir de 2023, l'insecte s'est attaqué de façon plus marquée aux peuplements naturels de montagne. Comme pour le hêtre, la pause de début 2022, due à l'année clémente de 2021, n'a été que de courte durée.

Les pullulations de scolytes ont de la même façon lourdement atteint le sapin, mais à la différence des scolytes de l'épicéa, ces insectes 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 la sécheresse 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 étés 2018 à 2023 (sauf 2021) 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 » ou le rougissement physiologique sont vraisemblablement associés aux modifications du climat.

La mauvaise surprise est venue en fait 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, *Sphæroopsis* des pins...) l'origine est clairement identifiée : il s'agit des sécheresses et surtout des canicules estivales subies 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 et 2023, mais reste présent, en particulier dans l'Est de la France.

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.

Des pathogènes déjà connus 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 les plus fréquents.

Ainsi va l'encre du châtaignier : ce pathogène a d'abord profité d'étés bien arrosés en 2013 et 2014 pour se

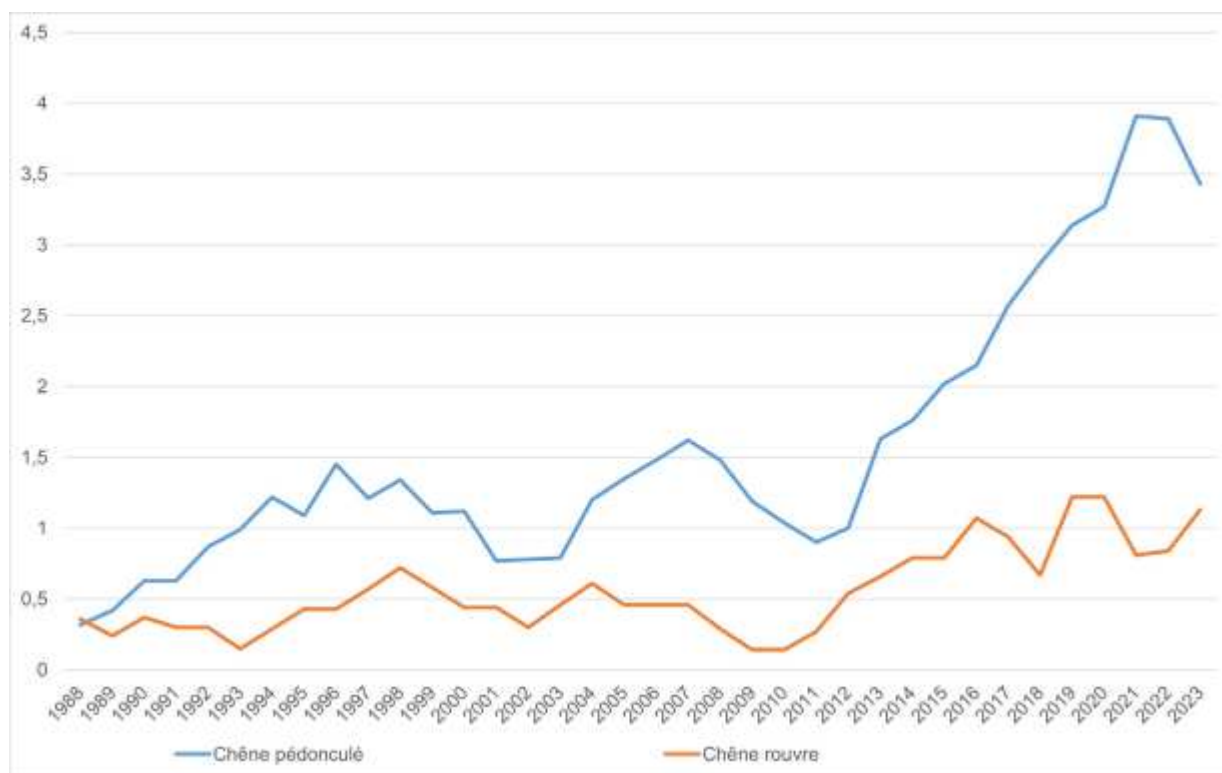


Figure 3 : Moyenne glissante de mortalité pour le chêne pédonculé et le chêne rouvre (Source : DSF).

développer à bas bruit sur le système racinaire des châtaigniers. Puis, la douceur des hivers suivants a permis la survie de ce pathogène subtropical. Or, quand la sécheresse est survenue par la suite, l'état de détresse des arbres s'est alors révélé : nantis d'un système racinaire atrophié, ils meurent en masse. L'extension de la présence de ce pathogène dans la partie Nord-Ouest de la France a ainsi mis à mal la dernière poche de survie du châtaignier, déjà ravagé par le passé par un champignon, le chancre du châtaignier. 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, les manifestations du *Sphæroopsis* des pins, un champignon au comportement endophyte¹, se faisait généralement après de fortes averses de grêle, dont les blessures affaiblissent l'arbre. Or désormais, même si ce processus est toujours constaté, il s'avère que les attaques se développent beaucoup plus à la faveur des sécheresses intenses, et par conséquent sur des surfaces beaucoup plus vastes que lors des orages de grêle.

D'autres pathogènes ont néanmoins pâti des changements météorologiques récents : la maladie des bandes rouges ou les rouilles foliaires du peuplier, favorisées par les saisons de végétation humides apparaissent en régression significative.

La remontée vers le nord d'insectes méridionaux, dont les ravageurs de la forêt cultivée, font également partie

de ce tableau : la processionnaire du pin en est l'emblème évident, mais pourrait bien en cacher d'autres parfois plus problématiques, comme la cicadelle des pins ou le bupreste du chêne.

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 persistent, tandis que d'autres apparaissent, ou se fortifient.

Références bibliographiques

- CAROLLE F. (2019-2023), « Lettre du DSF », n°s 59 (<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/136242>), 58 (<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/129683>), 57 (<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/125559>), 55 (<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/107611>), 53 (<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/93733>).
- DERRIERE N. *et al.* (2024), « État dégradé des forêts de France : proposition d'une méthodologie d'estimation des surfaces concernées », <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/141302>
- GILLETTE M. *et al.* (2023), « Crise scolyte sur épicéas et sapins, bilan mi-2023 », <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/138464>
- GOUDET M. (2022), « Réseau systématique de suivi des dommages forestiers, campagne 2021 », <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/131828>

¹ Organisme effectuant tout ou partie de son cycle à l'intérieur d'un végétal.

Observer, adapter, renouveler les forêts

Par Albert MAILLET

Direction générale de l'Office national des forêts (ONF)

La forêt française est confrontée au défi du changement climatique et elle souffre. Le choix d'une stratégie suppose un diagnostic amont pertinent. L'inventaire forestier national fournit un premier socle de données régulièrement mis à jour. La mission LIDAR HD complète cette vision de la ressource ligneuse. Le Département santé des forêts nous renseigne, quant à lui, sur l'état sanitaire des forêts. Enfin le réseau RENECOFOR détecte les tendances de fond. Les outils de simulation pour des scénarios climatiques futurs, tels que CLIMESSENCES et ZOOM 50 permettent de vérifier le degré de compatibilité climatique d'une essence, donc de déterminer à quel moment et à quel endroit cette espèce pourrait basculer en inconfort climatique. On peut ainsi bâtir une stratégie de réponse graduelle, proportionnée au risque, diversifiée, et soutenue par une mobilisation volontariste des ressources génétiques forestières disponibles, le tout dans le cadre du concept de forêt mosaïque.

Introduction

Le changement climatique, avec l'élévation des températures, la recrudescence des épisodes caniculaires et la multiplication des périodes de sécheresse sévère, fragilise fortement les peuplements forestiers qui deviennent ainsi plus sensibles et vulnérables aux attaques sanitaires. L'hypothèse de trajectoire climatique retenue comme référence par le Gouvernement est de + 4 degrés de moyenne annuelle à horizon 2100. Une telle évolution thermique, si elle était naturelle au lieu d'être liée aux gaz à effet de serre (GES) émis par les activités humaines, s'installerait progressivement sur une période de l'ordre de 100 000 ans, alors qu'elle va se produire en moins d'un siècle. Il appartient donc à l'ONF de faire tous ses efforts pour atténuer l'impact de ce choc climatique sur les forêts, de manière à préserver au mieux l'ensemble des services qu'elles apportent à la société. C'est dans ce contexte que l'Office national des forêts (ONF) a conçu une stratégie de réponse articulée autour de trois axes de travail : observer la situation, adapter les espaces forestiers à ces évolutions climatiques et enfin garantir le renouvellement du patrimoine forestier pour les générations futures.

Observer

La démarche d'observation présente des volets multiples.

En premier lieu, il convient de valoriser au maximum les riches données fournies très régulièrement par l'Inventaire Forestier National (IFN) qui offre une vision statistique des stocks, des flux, des accroissements et des mortalités, par essences, à des échelles nationale ou régionale. Ainsi l'IFN, dans son communiqué de presse du 12 octobre 2023, évoque, sur une période de

10 ans, une mortalité en hausse de 80 %, une baisse de croissance de 4 % et une diminution d'un tiers du puits de carbone forestier.

En second lieu, d'autres observations de même nature peuvent venir compléter et préciser les choses aux échelles plus fines de la forêt et de l'unité de gestion. L'État a en effet financé à hauteur de 60 millions d'euros une couverture LIDAR HD (haute densité) du territoire national. Il s'agit là d'une technologie laser embarquée par avion qui fournit des nuages de points à partir desquels on peut générer des modèles numériques de terrain (MNT) et plus généralement des modèles numériques de surface (MNS), par exemple le modelé de la cime des peuplements. Le MNS couplé au MNT donne en produit dérivé un modèle numérique de hauteur (MNH) des arbres. On dispose donc ainsi du premier paramètre de calcul des stocks de bois sur pied, le tout avec une très forte résolution spatiale sur de vastes territoires. Par ailleurs, la mise en place d'un réseau de placettes de calibration terrain à raison d'une placette pour 100 à 150 ha permet d'établir des modèles statistiques d'interprétation des nuages de points, et accéder ainsi à l'autre paramètre de calcul des volumes de bois sur pied, à savoir le diamètre (ou la surface terrière) ou de manière plus générale à un certain nombre de données dendrométriques. En répétant cette analyse avec du LIDAR ou avec d'autres méthodes comme la photogrammétrie, tous les 5 ans, on disposera en outre de l'évolution dans le temps de ce capital boisé.

Ces observations quantitatives du patrimoine ligneux sont complétées par des approches plus qualitatives de l'état sanitaire des forêts. Le Département santé des forêts (le DSF) pilote cette mission en s'appuyant sur un réseau de 270 correspondants qui notent régulièrement l'état sanitaire des forêts. Ils utilisent le protocole standard DEPERIS tenant compte de deux facteurs : la

mortalité de branches et le manque de ramification. En appui à ces prospections de terrain a été développé, à titre expérimental, sur peuplements résineux de l'Est de la France, une approche par télédétection SENTINEL dont le passage fréquent permet de suivre des évolutions sanitaires rapides. Cette démarche (méthode FORDEAD) exploite des indices foliaires pour détecter des anomalies du fonctionnement photosynthétique du feuillage, interprétées *a priori* comme preuves de stress sanitaire. C'est une voie très prometteuse qui mérite encore d'être fiabilisée (car la détection de faux positifs est encore trop fréquente) avant d'être étendue à tous les types de peuplements.

Au-delà de cette approche d'observation directe, des outils ont été déployés permettant de produire des simulations / projections de gestion dans des contextes climatiques futurs. Ainsi l'outil CLIMESSENCES permet d'analyser à la maille kilométrique, la compatibilité climatique actuelle et future de chaque essence sur la base de ses caractéristiques autécologiques. On en déduit les zones et horizons temporels d'apparition des conditions d'inconfort climatique pour chacune des essences de nos forêts. On constate alors que 30 % de nos forêts seraient en difficulté à horizon de 30 ans et 50 % en fin de ce siècle. On peut également raisonner par « analogie climatique » pour identifier les zones où se trouvent les espèces adaptées aux conditions climatiques de demain. Pour passer de l'échelle kilométrique de CLIMESSENCE à la parcelle, un outil complémentaire ZOOM 50 a été mis en place qui permet de raisonner à maille de 50 m, en intégrant en outre des informations stationnelles complémentaires, notamment la réserve utile (RU) en eau des sols.

Enfin l'ONF dispose d'un réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers RENECOFOR. Ce réseau permet d'aller au-delà de la simple observation vers une bonne compréhension des évolutions à l'œuvre dans le fonctionnement global de l'écosystème forestier. Ce réseau créé en 1992 et composé de 102 placettes de mesures a permis d'accumuler une masse considérable d'informations sur une longue période sur des critères très divers : dendrométrie, écologie des sols, phénologie, santé des végétaux, pollutions, chimie des litières et des sols. Compte tenu de son intérêt scientifique RENECOFOR sera renforcé dès 2024 par des sites en zone méditerranéenne et par des mesures plus poussées du cycle de l'eau dans le sol.

Adapter

Face aux constats issus des observations précédentes, il est apparu nécessaire de jouer sur plusieurs leviers aptes à faciliter le processus d'adaptation de la forêt et de sa gestion.

En premier lieu, il s'agit de faire évoluer la conception de nos plans de gestion : ils sont actuellement établis pour une durée de l'ordre de 15 à 20 ans avec une programmation des coupes et travaux sur la même période. Face à la rapidité des changements globaux, un décalage apparaît au bout de quelques années entre le contenu prévisionnel du plan de gestion et les

besoins réels ; le plan de gestion devient alors inapplicable. Aussi, plutôt que de refaire très fréquemment ces plans de gestion, des expérimentations sont en cours pour rendre ces plans de gestion plus flexibles et agiles, en identifiant mieux ce qui relève d'objectifs de long terme ou de programmes d'actions à établir et réviser sur des durées plus courtes, et en optimisant le choix des échelles d'analyse (analyse à la forêt ou mutualisée pour un groupe de forêts).

En second lieu, on confirme l'importance à accorder au capital sols forestiers. Un plan national vient d'ailleurs d'être lancé par l'État et des discussions sont en cours au niveau européen sur le sujet. Le sol n'est pas uniquement le support physique d'implantation des forêts. Il en est également la réserve alimentaire en eau et sels minéraux et assure à ce titre la santé et la productivité primaire de l'écosystème. Le sol contribue en outre au puits de carbone forestier pour plus de 50 % et abrite 60 % de la biodiversité forestière. C'est donc un atout majeur pour la capacité de résilience et d'adaptation des forêts. D'où les règles de gestion consistant à limiter l'export des menus bois et feuilles (maintien de la richesse chimique du sol), à éviter les tassements (cloisonnements d'exploitation, choix des périodes de portance des sols, utilisation du câble pour débarquer les bois...), à proscrire les produits phytopharmaceutiques (politique « Zéro Phyto ») et enfin à limiter le travail du sol et sa mise à nu (préservation du stock de carbone du sol).

En troisième lieu, il convient d'intégrer pleinement dans le processus de gestion forestière, l'accroissement des risques et aléas, notamment en matière d'incendies de forêts, de crues torrentielles ou de risques glaciaires et périglaciaires. Ces aléas vont en effet s'aggraver en fréquence, en intensité, en durée des périodes d'occurrence. Dans le cas particulier de l'incendie, il faut également tenir compte d'une extension géographique forte et rapide (le bilan de l'été 2022 en a été la preuve). En outre, les peuplements dunaires littoraux ne seront pas épargnés face à la perspective du recul du trait de côte.

En quatrième lieu, l'adaptation restera hors de portée si la question du déséquilibre forêt/grands ongulés n'est pas rapidement réglée. La situation actuelle est préoccupante avec 40 % des lots domaniaux de chasse et 50 % des surfaces de ces lots considérés comme en déséquilibre sérieux (avec une évolution récente défavorable puisque 3 ans auparavant on avait 7 % de moins de lots à problèmes.) Ces surdensités localisées de gibier obèrent la réussite des régénérations naturelles et des plantations et appauvrissent la biodiversité des milieux par une consommation sélective de la flore.

Renouveler

Face à la perspective d'un changement climatique rapide d'origine anthropique l'ONF a fait le choix d'intervenir activement en accompagnement des dynamiques d'évolution spontanée. En effet les peuplements forestiers ont certes des capacités très importantes d'adaptation naturelle par brassage génétique lors des régénérations, mais ce processus est pris de vitesse par les trajectoires climatiques des scénarios du GIEC.

Cet accompagnement se veut néanmoins graduel et proportionné à la gravité des risques encourus. L'outil CLIMESSENCES évoqué précédemment a permis de distinguer quatre cas de figures possibles :

Cas 1 : La forêt actuelle devrait pouvoir s'accommoder du climat futur : 50 % de la surface serait dans cette situation. L'ONF opte alors pour le renouvellement à l'identique par régénération naturelle, donc pour un scénario de « reconduction de l'existant ».

Cas 2 : Les essences objectives principales sont jugées vulnérables, mais pas les essences secondaires d'accompagnement. L'ONF opère par régénération naturelle, mais en modifiant fortement le dosage du « cocktail » d'essences vers un mélange plus résilient. C'est un scénario de « redistribution entre essences déjà en place ».

Cas 3 : Toutes les essences présentes sont jugées vulnérables ; il va donc falloir apporter du « sang neuf » par plantation cette fois-ci. Et on va initier un flux de gènes issus de provenances ou essences présentes dans notre pays dans des secteurs plus chauds et secs (essences de tempérament plus méditerranéen). C'est un scénario de « transformation avec des essences autochtones ou anciennement acclimatées ».

Cas 4 : Si le climat futur sort de l'épure des climats actuels connus dans notre pays pour évoluer vers des climats uniquement présents aujourd'hui à l'étranger, ce sont dans ces pays étrangers qu'on trouvera des espèces adaptées au climat futur. Compte tenu du caractère exotique de ces essences leur introduction se fera de manière très prudente et maîtrisée, *via* des essais de faible surface, avec suivi scientifique associé.

Cette stratégie différenciée s'accompagne en outre d'une démarche de diversification générale des essences, structures de peuplements, et traitements sylvicoles, gage de résilience accrue face aux divers aléas : l'ambition est de créer ainsi une forêt mosaïque aux capacités adaptatives renforcées.

Cette stratégie reposant en partie sur des plantations, la question de la disponibilité amont de graines et plants diversifiés et adaptés aux évolutions climatiques devient un enjeu crucial. Pour cela plusieurs leviers sont mobilisés par l'ONF : l'optimisation de la récolte de graines en forêt sur les 1 300 peuplements classés dont la majorité sont en forêt publique, l'exploitation des vergers à graines existants (62 à ce jour sur 650 ha) et le développement de nouveaux vergers à graine, la valorisation de ressources génétiques plus rares ou d'origine étrangère *via* des conservatoires et banques de graines.

Dans le cadre du programme France Relance financé par l'État, cette stratégie de renouvellement a conduit à ce jour à des réalisations très significatives.

En forêt domaniale (520 forêts concernées) l'objectif initial de 10 100 ha traités a été atteint et même dépassé, pour plus de 8 millions de plants installés, pour moitié feuillus et moitié résineux. Une grande diversité d'essences a été mobilisée, soit 84 essences dont une dizaine représente les trois quarts des plants installés. Les motivations à l'origine des chantiers sont

pour 55 % des surfaces des interventions curatives sur peuplements dépérissants (25 % de dépérissement climatique et 30 % de dépérissement sanitaire) les 45 % de surfaces restantes relevant d'opérations d'anticipation préventive. Quant aux formes de plantations retenues 26 % des surfaces sont à des densités supérieures à 1 200 plants par ha (reboisement en plein), 37 % avec des densités d'enrichissements par placeaux comprises entre 400 et 1 200 plants par ha, et 38 % en enrichissement diffus à densité inférieure à 400 plants par ha.

En forêt communale le calendrier d'exécution est décalé et les opérations sont toujours en cours, mais globalement on a un programme de 939 dossiers pour 4 679 ha, les peuplements scolytés représentant 65 % du total, les autres peuplements sinistrés 27 %, et les 8 % restants relèvent de démarches plus préventives sur peuplements vulnérables ou pauvres.

La forêt privée et les modes de gestion dynamique

Par Roland de LARY

Directeur général du Centre National de la Propriété Forestière (CNPF)

Et Laurent de BERTIER

Directeur général de Fransylva

La forêt privée française appartient à 3,5 millions de propriétaires. Sa gestion sur 12,5 millions d'hectares est encadrée par différents documents de gestion durable plus ou moins obligatoires et/ou recommandés. Le Centre National de la Propriété Forestière (CNPF) est le garant de ces efforts qui permettent une réactivité face aux aléas du climat. Fransylva agit pour les forestiers privés en France et en Europe, aux côtés de ses partenaires de la filière forêt-bois. La fédération rassemble des femmes et des hommes engagés pour les générations futures en adaptant les forêts françaises aux changements climatiques.

La forêt privée tient une place centrale au sein de notre société, puisqu'elle représente 75 % du couvert forestier français et appartient à plus de 3,3 millions de citoyens. Au quotidien, plusieurs dizaines de milliers de Français sont réellement engagés dans la gestion de la forêt qui se situe à l'amont d'une filière employant plus de 400 000 personnes, souvent sur des territoires ruraux où l'emploi est crucial.

Comme le souligne Antoine d'Amécourt, président de Fransylva, la fédération des syndicats des propriétaires forestiers¹ :

« La forêt française est une chance pour notre pays ! Pompe à carbone stratégique pour notre territoire, elle tiendra une place de plus en plus importante dans les décennies à venir, compte tenu du bouleversement climatique. Il faut l'aider à s'adapter car on compte aussi sur elle pour jouer un rôle d'atténuation de l'effet de serre, responsable du réchauffement observé.

Les attentes vis-à-vis de la forêt sont donc nombreuses, exigeantes et stratégiques. On lui demande d'abriter la biodiversité, purifier l'air et l'eau, fournir du bois, un matériau écologique aux multiples usages, structurer nos paysages... Bonne nouvelle : elle a les atouts pour y répondre, à condition de donner aux forestiers les moyens de la gérer durablement.

L'économie forestière reste fragile malgré l'accroissement de la récolte dans le cadre des documents de gestion durable qui assurent que les prélèvements opérés donnent lieu à des actions de renouvellement de la forêt. Sans cet équilibre économique, c'est l'ensemble des défis sociaux et environnementaux qui souffrent également. »

Au cœur de l'activité du Centre National de la Propriété Forestière (CNPF), les documents de gestion durable jouent un rôle essentiel face aux effets des bouleversements climatiques.

Les documents de gestion durable des forêts (Plan Simple de Gestion – PSG ; Code des Bonnes Pratiques Sylvicoles – CBPS ; Règlements Types de Gestion – RTG) constituent une garantie de gestion durable, sous réserve de la mise en œuvre effective de leurs programmes de coupes et travaux. Ces documents sont exigés par les services de l'État en contrepartie de demandes d'aides ou d'aménagements fiscaux. Ils sont encadrés par le code forestier.

Les Schémas Régionaux de Gestion Sylvicole (SRGS), documents cadres de la gestion durable

En France, la politique forestière relève de la compétence de l'État qui en assure la cohérence nationale. Elle est traduite dans la Loi d'Orientation sur la Forêt du 9 juillet 2001, qui insiste sur les notions de gestion durable et multifonctionnelle. La mise en œuvre des objectifs définis par la loi passe par la rédaction de documents cadres, qui permettent de traduire ces objectifs au niveau régional. Pour ce qui concerne la forêt privée française, ce sont les Schémas Régionaux de Gestion Sylvicole (SRGS).

Les SRGS exposent les grandes règles de gestion des forêts privées, en prenant en compte les spécificités humaines, géographiques, naturelles, etc. de chaque région. Ils détaillent les objectifs qu'il est possible d'assigner aux forêts, les différentes méthodes de gestion préconisées par type de peuplement, et l'indi-

¹ COLL (2021), « Les chiffres clefs de la forêt privée françaises », Paris, Fransylva CNPF.

cation des essences recommandées. Ils évaluent l'état d'équilibre forêt-gibier et les risques d'incendies.

Les SRGS sont approuvés par le ministre chargé des Forêts, après avis de la Commission Régionale de la Forêt et du Bois et du Centre National de la Propriété Forestière (CNPF). À ce titre, ils constituent les documents de référence pour la rédaction, l'examen et l'agrément des plans simples de gestion, et pour l'approbation des codes de bonnes pratiques sylvicoles et règlements types de gestion.

Un document de gestion durable, à quoi ça sert ?

Les documents de gestion durable apportent aux propriétaires les avantages suivants :

- être dispensé de la plupart des formalités administratives pour la réalisation de coupes et travaux ;
- pouvoir obtenir des subventions et bénéficier d'aménagements fiscaux ;
- pouvoir certifier la gestion durable de sa forêt.

Dès que l'on veut s'occuper de ses bois, un document de gestion durable est utile pour s'y retrouver, faire un état des lieux, et prévoir les opérations à entreprendre.

Quels sont les différents documents de gestion durable ?

Les documents de gestion durables constituent une garantie de gestion durable, sous réserve de la mise en œuvre effective de leurs programmes de coupes et travaux. Ces documents, nécessaires pour une bonne gestion de son patrimoine forestier, sont exigés par les services de l'État en contrepartie d'une demande d'aides ou d'aménagements fiscaux :

- le Plan Simple de Gestion (PSG) est un document spécifique à sa forêt : il est indispensable pour les

forêts de plus de 20 ha ou pour toute propriété de plus de 10 ha ayant obtenu une aide de l'État ;

- le Code de Bonnes Pratiques Sylvicoles (CBPS) est un moyen simple de gérer de petites surfaces ;
- le Règlement Type de Gestion (RTG) s'adresse aux propriétaires ne rentrant pas dans le cadre d'une obligation de PSG et qui font gérer leur bois par un organisme de gestion (coopérative...) ou un expert.

La Certification forestière est un engagement fort de gestion durable, complémentaire aux documents de gestion.

Les Dispositifs d'Encouragement Fiscaux aux Investissements (DEFI) permettent l'obtention de crédits ou de réductions d'impôts, en contrepartie là aussi de certaines garanties de gestion durable. Cependant, ces dispositifs ne sont pas forcément très pérennes, et leurs cahiers des charges peuvent changer : c'est pourquoi ils ne sont pas détaillés dans ce tableau. Des informations sur ces dispositifs figurent dans les fiches pratiques du Service juridique du CNPF en page Fiscalité forestière.

Le Plan Simple de Gestion (PSG)

Le Plan Simple de Gestion (PSG) est un document permettant aux propriétaires forestiers de planifier la gestion de leur forêt en se fixant des objectifs économiques, patrimoniaux ou encore environnementaux, en tenant compte du potentiel et des contraintes existants :

- il est obligatoire pour toute propriété de 20 ha ou plus située sur une même commune ou sur des communes limitrophes ;
- il peut être volontaire, pour toute propriété d'au moins 10 ha, éventuellement en plusieurs parcelles, ou concerté, avec plusieurs propriétaires voisins, du

Tableau 1 : Type de document devant être présenté par le propriétaire en fonction des engagements pris (source : CNPF).

Engagement \ Surface de la propriété	Plus de 20 ha : soumise à PSG obligatoire	Entre 10 et 20 ha : non soumise à PSG obligatoire	Moins de 10 ha
Aucun engagement	PSG	CBPS, PSG ou RTG facultatifs	CBPS ou RTG facultatif
Exonérations fiscales ISF ou Monichon (successions, donations)	PSG pendant 30 ans	CBPS, PSG ou RTG pendant 30 ans	CBPS ou RTG pendant 30 ans
Aides publiques à l'investissement forestier	PSG pendant 15 ans	CBPS, PSG ou RTG pendant 15 ans	CBPS ou RTG
Adhésion à PEFC (certification complémentaire)	PSG pendant la durée de l'adhésion	CBPS, PSG ou RTG	CBPS ou RTG si surface > 4 ha CBPS ou RTG si surface < 4 ha facultatif

moment que la surface mise en commun soit supérieure au seuil de 10 ha.

Le Plan Simple de Gestion (PSG) est un outil pratique pour :

- mieux connaître son bois ou sa forêt ;
- définir des objectifs et faciliter les choix et décisions à prendre ;
- prévoir un programme précis de coupes et travaux ;
- établir un bilan périodique ;
- intéresser ses héritiers au patrimoine forestier familial.

Ce document constitue ainsi la « mémoire » de la forêt. Sa réalisation est aussi pour le propriétaire l'occasion d'échanger avec des professionnels de la forêt.

Quel est le cadre légal du Plan Simple de Gestion ?

Obligation : Le code forestier (CF) (art. L.312-1) prévoit que les bois et forêts de plus de 20 ha situés sur une même commune ou des communes limitrophes, doivent être gérés conformément à un Plan Simple de Gestion (PSG) agréé. Leurs propriétaires doivent ainsi établir ce plan et le présenter à l'agrément du CRPF.

À défaut de ce PSG, la forêt est placée sous Régime d'Autorisation Administrative (RAA) (art. L.312-9 du code forestier). Toute coupe est alors soumise à autorisation de la direction départementale des territoires (DDT) et de la mer (DDTM), sauf celles qui relèvent de la consommation rurale et domestique, hors bois d'œuvre, du propriétaire. En outre, en cas d'événements fortuits, accidents, maladies ou sinistres, impliquant des mesures d'urgence, le propriétaire peut procéder aux coupes nécessaires, ceci à la condition d'en aviser le CRPF au préalable, ce dernier disposant de quinze jours pour s'y opposer (art. L.312-10 du CF).

PSG volontaires : un propriétaire de moins de 20 ha de bois et forêts peut déposer volontairement un PSG, s'il possède au moins 10 ha de bois et forêts sur un territoire géographique cohérent d'un point de vue sylvicole, économique, et écologique. De même, un PSG concerté portant sur un tel ensemble d'au moins 10 ha peut être présenté par plusieurs propriétaires (art. L.122-4 du CF).

Pourquoi disposer d'un Plan Simple de Gestion agréé ?

Un PSG agréé répond à une obligation légale pour les propriétés boisées de plus de 20 ha, permettant ainsi d'être dispensé des autorisations de coupe au titre du Régime d'Autorisation Administrative (RAA).

Il constitue une garantie de gestion durable, sous réserve de la mise en œuvre effective de son programme de coupes et travaux (article L.124-1 du code forestier), indispensable pour :

- bénéficier d'aménagements fiscaux ;
- accéder aux aides publiques ;

- obtenir la certification PEFC² de gestion durable des forêts.

Il permet d'organiser dans le temps et l'espace la gestion durable de la forêt, c'est-à-dire les coupes et les travaux sur 10 à 20 ans. C'est un véritable guide de gestion, ainsi qu'une mémoire au fil des générations.

Il permet de simplifier les autorisations administratives liées à des zonages réglementaires (forêt de protection, Natura 2000, sites classés et inscrits, monuments historiques) s'il est agréé au titre de l'article L.122-7 du code forestier.

Il dispense de déclaration les coupes situées dans les Espaces Boisés Classés (EBC) des PLU.

Comment déterminer la surface redevable d'un PSG ?

L'obligation du PSG est due au seul fait de posséder plus de 20 ha de bois. Seules les surfaces effectivement boisées sur le terrain comptent :

- sont susceptibles de faire l'objet d'un PSG les parcelles occupées par des arbres quels que soient leurs âges et dimensions, ayant une vocation forestière, et ceci indépendamment de la nature de culture figurant au cadastre ;
- sont concernés également les « accessoires » tels que mares, chemins d'exploitation ou équipements de défense contre les incendies, etc.

Seuls les îlots boisés d'au moins 4 ha situés sur une même commune, ou sur les communes limitrophes de celle sur laquelle le plus important îlot est localisé, sont pris en compte pour calculer la surface de la propriété boisée redevable du PSG.

Que doit contenir un PSG ?

La durée d'application du PSG est fixée par le propriétaire. Elle doit être comprise entre 10 et 20 ans.

Le document doit être composé des éléments suivants :

- la demande d'agrément et des renseignements généraux, une carte de situation de la propriété, et le tableau détaillé des parcelles cadastrales ;
- une brève analyse des enjeux économiques, environnementaux, et sociaux ;
- des informations concernant l'équilibre forêt-gibier et la chasse ;
- une brève analyse de l'application du plan précédent, en cas de renouvellement ;
- le plan de la forêt indiquant les types de peuplements, avec leur description sommaire par référence aux grandes catégories de peuplements du SRGS ;
- les objectifs assignés aux bois et forêts par le propriétaire ;

² Acronyme en anglais de *Pan European Forest Certification* - Certification paneuropéenne des forêts.

- le programme annuel des coupes et travaux, en fonction de ces objectifs et de ces enjeux.

L'arrêté du 19 juillet 2012 détermine les éléments obligatoires du contenu du Plan Simple de Gestion des forêts privées et les documents annexes à joindre.

Le Plan Simple de Gestion peut être réalisé :

- par le propriétaire lui-même ;
- ou par un rédacteur professionnel : coopérative forestière, expert forestier agréé, gestionnaire forestier professionnel...

Les Plans Simples de Gestion sont agréés par les délégations régionales du CNPF, auprès de qui vous trouverez la liste des personnes qui peuvent rédiger votre PSG, des modèles et des conseils.

Des visites et des bilans à mi-parcours sont également organisés pour vous aider à bien vous occuper de vos bois.

Le Code des Bonnes Pratiques Sylvicoles (CBPS)

Le Code des Bonnes Pratiques Sylvicoles (CBPS) est un document de gestion élaboré dans chaque région par les délégations régionales du CNPF, et approuvé par le représentant de l'État dans ces régions. Il définit les « bonnes pratiques » par grands types de peuplements, en conformité avec les Schémas Régionaux de Gestion Sylvicole.

Le CBPS permet aux propriétaires de parcelles boisées ne relevant pas obligatoirement d'un PSG de disposer d'une présomption de garantie de gestion durable adaptée à la taille de leur propriété. Il est donc destiné aux propriétaires de petites surfaces forestières, inférieures à 20 ha.

Le propriétaire adhère gratuitement au CBPS auprès du CNPF, et il s'engage à le respecter pour une durée de 10 ans pour une liste de parcelles clairement identifiées. L'engagement est accompagné :

- d'un état des propriétés précisant les références cadastrales des parcelles ;
- d'un plan de situation de ces parcelles ;
- ainsi que d'un programme de coupes et travaux.

Cet engagement n'étant pas lié à la forêt, en cas de vente, le nouvel acquéreur doit signer un nouveau CBPS pour bénéficier à son tour d'une présomption de garantie de gestion durable.

Plus d'infos dans la fiche pratique rédigée par le Service juridique du CNPF.

Le Règlement Type de Gestion (RTG)

Le Règlement Type de Gestion (RTG) est un document qui définit les modalités d'exploitation de la forêt adaptées aux grands types de peuplements forestiers identifiés au niveau régional. Il est élaboré par un ou

plusieurs organismes de gestion en commun agréés (coopératives forestières), ou par un ou plusieurs experts forestiers agréés, ou par l'Office National des Forêts. Il est approuvé par le CNPF.

Ce document comprend notamment :

- l'indication de la nature des coupes ;
- une appréciation de l'importance et du type de prélèvement proposé ;
- des indications sur les durées de rotation des coupes et les âges ou les diamètres d'exploitabilité ;
- la description des travaux nécessaires à la bonne conduite du peuplement, et le cas échéant, à sa régénération ;
- des indications sur les essences recommandées ou possibles par grands types de milieu...

C'est un engagement volontaire au travers d'un tiers, qui s'adresse uniquement aux propriétaires de forêts sans obligation de Plan Simple de Gestion (inférieures au seuil de 20 ha).

Ainsi, ne peuvent être considérées comme présentant des garanties de gestion durable que les forêts gérées conformément à un RTG et dont les propriétaires sont :

- soit adhérents à une coopérative forestière ;
- soit, ont recours, par contrat d'une durée d'au moins dix ans, aux conseils en gestion d'un expert forestier agréé (ou à ceux de l'Office National des Forêts dans des conditions spécifiques).

Les Communes forestières, engagées pour la défense des forêts françaises

Par Philippe CANOT

Président de la Fédération nationale des Communes forestières (FNCOFOR)

Les élus ont une place particulière au sein de la filière forêt-bois en tant qu'aménageur du territoire et de leurs nombreux rôles. Conscients des enjeux en cours pour les forêts, ils agissent déjà pour trouver des solutions, avec les autres acteurs de la filière, pour adapter les forêts au changement climatique. Au sein des Communes forestières, ils favorisent l'utilisation du bois en circuit court, la contractualisation pour valoriser les bois des forêts communales et cherchent à impliquer les plus jeunes sur ces sujets d'avenir, notamment avec le programme « Dans 1 000 communes, la forêt fait école ». Ils mobilisent également les propriétaires forestiers pour améliorer le foncier forestier et promouvoir ainsi une bonne gestion sylvicole en France et ont une vigilance accrue des risques. Ces défis à relever pour les forêts, au service de l'intérêt général, pour les générations futures nécessitent d'anticiper, de planifier, et d'aménager les territoires.

La Fédération nationale des Communes forestières

Créée en 1933, la Fédération nationale des Communes forestières (FNCOFOR) est une association d'élus qui représente les 15 000 collectivités propriétaires de forêts et toutes celles impliquées dans la valorisation de la forêt et de la filière forêt-bois.

Organisée à travers un vaste réseau de 53 associations départementales et interdépartementales et 9 unions régionales, elle défend les intérêts des Collectivités forestières auprès des pouvoirs publics et forme les élus. Elle met aussi en œuvre des programmes innovants en lien avec les différents rôles des élus forestiers.

Introduction

Les forêts sont aujourd'hui au cœur des débats. Le réchauffement climatique y est pour quelque chose car ses effets sont malheureusement davantage perceptibles dans celles-ci avec les dépérissements d'espèces et les incendies qui se multiplient. Si les forêts en subissent les conséquences, elles sont aussi nos alliées face au changement climatique puisqu'elles sont de véritables pompes à carbone que nous devons préserver. Nous devons les gérer, protéger leur biodi-

versité et leurs aménités en considérant leurs multiples facettes : environnementales, économiques et sociales.

Les élus, responsables pénalement sur de nombreux sujets, ont une place particulière au sein de la filière forêt-bois en tant qu'aménageur du territoire. Chaque année, notre réseau s'agrandit et prouve que les élus peuvent se regrouper au sein d'associations départementales pour mettre en place des plans d'actions pour leurs forêts et être aidés par l'accompagnement de techniciens experts au sein des Communes forestières.

Les élus peuvent aujourd'hui jouer pleinement leur rôle forestier de médiateur, producteur de bois, prescripteur de la commande publique (bois énergie, bois construction), responsable de la sécurité et acteurs de la prévention des risques grâce aux différents programmes que nous avons mis en place.

Notre principale préoccupation a toujours été celle de la valorisation de la ressource présente localement, disponible et gérée durablement. Nous avons à cœur de créer de la valeur ajoutée sur les territoires (en maintenant, par exemple, l'emploi en milieu rural, en faisant appel aux entreprises locales de valorisation du bois...).

Depuis plusieurs années, notre Fédération innove par le biais de politiques forestières territoriales structurantes basées sur une gestion multifonctionnelle de la forêt : stratégies commerciales, Chartes Forestières de Territoire (CFT), Plans Locaux Forestiers... Les CFT, développées à l'initiative de la Fédération, en 2001, rassemblent tous les acteurs d'un territoire concernés par la filière forêt-bois. Après avoir établi un diagnostic, ils se concertent et élaborent un programme d'actions. À ce jour, ce sont près de 140 chartes forestières qui

ont été signées, ce qui couvre 5 millions d'hectares de forêts (soit 32 % de la forêt française).

Favoriser l'utilisation du bois en circuit court

En 2007, le programme « 1 000 chaufferies bois pour le milieu rural » s'adressait aux territoires de projets recherchant la valorisation locale de leurs ressources en bois ainsi qu'aux maîtres d'ouvrage de chaufferies bois et de réseaux de chaleur. L'objectif de 1 000 chaufferies bois a été atteint et leur développement est devenu courant.

En 2012, nous avons lancé le programme « 100 constructions publiques en bois local »¹. Il s'agissait de concevoir et construire 100 bâtiments publics à partir d'essences de bois locales qui soient pertinentes et performantes au niveau énergétique. Les Communes forestières se sont alors dotées d'outils techniques et juridiques afin d'accompagner les collectivités pour concrétiser leurs projets.

Le programme se poursuit, aujourd'hui, avec l'action de prescription des Communes forestières appuyé par le calculateur ART (Analyse des Retombées Territoriales), un outil² qui permet d'évaluer les retombées économiques, sociales et environnementales des projets dans un rayon de 80 kms.

Des marques collectives de certification sont nées de la volonté des élus de récolter du bois dans leurs forêts, de le transformer dans des entreprises de leur territoire et d'utiliser les produits de ces bois dans leurs projets de constructions publiques. Les marques Bois des AlpesTM, Bois des Territoires du Massif centralTM, Bois des PyrénéesTM et Lignum CorsicaTM sont ainsi devenues des dispositifs de traçabilité mis en place à l'échelle de plusieurs massifs.

Valoriser les bois des forêts communales grâce à la contractualisation

Les Communes forestières renforcent leurs engagements de vente de bois en contrat d'approvisionnement auprès de l'État, de l'Office national des forêts (ONF) et des partenaires de la filière. Elles ont pour objectif l'augmentation des volumes de bois vendus par les collectivités en contrat d'approvisionnement, de 22 % en 2022 à 35 % en 2025.

Aux yeux des élus, la vente en contrat³ est le mécanisme qui apporte le plus de garanties pour sécuriser les approvisionnements des entreprises et structurer la filière. La Fédération, avec l'ONF, ont travaillé à la mise en place d'un kit de contractualisation qui regroupe les

informations nécessaires à la bonne compréhension du principe et de la technicité du contrat d'approvisionnement. Les élus peuvent ainsi prendre des décisions éclairées et prendre pleinement part à la gestion de leur forêt communale.

Les élus dans leur rôle d'interface entre les acteurs forestiers et le grand public

Les maires ont un rôle clef dans la sensibilisation du grand public à la gestion forestière, ainsi que dans la gestion de conflits locaux émergeant de projets de valorisation des bois. Une méthodologie de médiation sur les territoires forestiers a émergé au sein de notre réseau, à l'aide d'une palette d'outils complète. De l'écoute des attentes des usagers forestiers jusqu'à l'implémentation de politiques territoriales, ces outils aux formats variés (formations, supports d'expositions, pièces de théâtre, synthèse de législation...) sont utiles aux élus et aux salariés des Communes forestières dans l'apport de connaissances, la concertation et la gestion de conflits d'usage en forêt.

Impliquer les plus jeunes sur ces sujets d'avenir – « Dans 1 000 communes, la forêt fait école »

Avec les Forêts pédagogiques, nous reconnectons les plus jeunes, citoyens de demain, aux territoires forestiers. « Dans 1 000 communes, la forêt fait école »⁴ est le programme d'éducation à la forêt lancé en 2019 par la Fédération nationale des Communes forestières. Il propose aux communes de confier à un groupe d'enfants de gérer une parcelle en forêt, durant toute l'année scolaire, afin de les sensibiliser au fonctionnement des écosystèmes forestiers, à leurs fonctions dans les sociétés humaines, aux acteurs de la filière forêt-bois et aux rôles des élus des Communes forestières.



Figure 1 : Forêt pédagogique de Lutzelhouse (© Communes forestières).

¹ https://www.fncofor.fr/brochure-valorisation-bois-projets-construction-22_3284.php

² <https://art.fncofor.fr>

³ https://www.fncofor.fr/developpement-contractualisation-89_3422.php

⁴ https://www.fncofor.fr/1000-communes-foret-ecole-4_3215.php

On compte aujourd'hui :

- 146 Forêts pédagogiques ;
- plus de 10 000 personnes sensibilisées depuis le début du programme.

Les maires, en première ligne de la prévention et la lutte contre les incendies de forêt

À la suite des incendies de 2022, la Fédération a intensifié la sensibilisation et l'accompagnement des maires sur la prévention du risque incendie⁵, notamment dans l'application de la réglementation des Obligations Légales de Débroussaillage (OLD) en signant une convention avec le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire pour 2023 et renouvelée pour 2024. En 2023, ce sont déjà 3 400 élus qui ont été sensibilisés par les Communes forestières à travers diverses actions et notamment des réunions de sensibilisation. Notre Commission « risques » travaille ardemment sur ces sujets pour accompagner au mieux les élus sur tout le territoire.



Figure 2 : Sensibilisation à la prévention du risque incendie (© Communes forestières).

Mobiliser les propriétaires forestiers pour améliorer le foncier forestier

L'amélioration du foncier est un enjeu majeur pour permettre une mobilisation accrue de la ressource forestière et promouvoir une bonne gestion sylvicole. La problématique du foncier est une question capitale que les élus traitent au quotidien pour la réalisation de leurs projets. Les Communes forestières déploient un Observatoire du foncier forestier. Sur la base des données cadastrales et fiscales (notamment données MAJIC), il permet une analyse complète du foncier forestier et des parcelles forestières abandonnées (biens vacants ou sans maître, ou biens non délimités) grâce au croisement avec les données de couverture forestière de l'IGN.

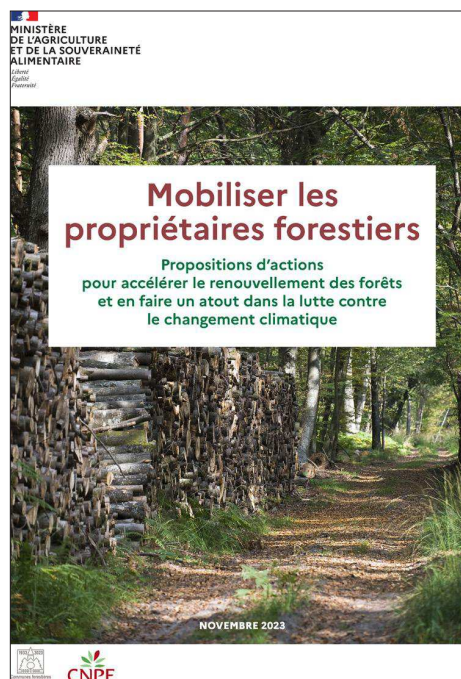


Figure 3 : Brochure pour la mobilisation des propriétaires forestiers.

Des propositions d'actions « Mobiliser les propriétaires forestiers »⁶ ont été remises au ministre de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire par un groupe de travail dont la Fédération a eu la co-présidence avec le Centre National de la Propriété Forestière (CNPF). Ce groupe de travail, constitué à la suite des Assises de la forêt et du bois, a réuni tous les acteurs concernés qui ont pu échanger et faire part de leurs propositions d'actions concrètes pour davantage assurer une gestion durable des forêts privées, qui représentent les trois-quarts des forêts françaises.

Des coopérations à l'international

Partager l'expérience que nous avons, nous semble essentiel. C'est pour cette raison que nous avons mis en place des coopérations à l'international. L'association COFOR International, que nous avons créée en 2010, initie des actions de coopération décentralisées en faveur de la gestion durable des forêts, du développement des politiques territoriales et de la gouvernance locale avec le Cameroun, le Bénin, le Sénégal et le Québec.

Avec l'aide de nos partenaires allemands du Land de Rhénanie-Palatinat, la Fédération a été à l'initiative de la création de la Fédération européenne des Communes forestières (FECOF). Nous participons, notamment, aux travaux du Comité spécialisé « Europe et international » qui permet aux organisations forestières d'échanger sur les sujets européens avec l'État afin de trouver des positionnements communs et de défendre les intérêts de la France au sein des institutions européennes.

⁵ https://www.fncofor.fr/feux-93_3448.php

⁶ <https://www.fncofor.fr/docs/library/mobiliser-les-proprietaires-forestiers.pdf>

Les financements dédiés à la forêt

L'engagement de l'État pour le financement dédié aux forêts est primordial afin d'avoir les moyens nécessaires pour agir. Même si avec France 2030, l'État a alloué une enveloppe de 500 millions d'euros pour soutenir la filière forêt-bois dont 150 millions dédiés au renouvellement forestier, il faut constituer un fonds pérenne pour les forêts et œuvrer à la simplification du dépôt des dossiers pour les collectivités. C'est un sujet que nous suivons de près.



Figure 4 : Guide juridique sur les dons pour les forêts communales.

Mme Vanina Paoli-Gagin, sénateur et présidente des Communes forestières de l'Aube, a également fait passer des amendements qui permettent depuis le 1^{er} janvier 2023 aux Communes forestières d'être éligibles au dispositif de mécénat⁷ (articles 11 et 12 de la loi n°2022-1726 du 30 décembre 2022) pour que les entreprises et citoyens participent aux projets forestiers des collectivités en défiscalisant leurs dons.

L'Office National des Forêts (ONF), gestionnaire unique des forêts publiques

L'ONF est l'opérateur unique chargé de la mise en œuvre du Régime forestier et de la politique forestière de l'État. Une convention établie entre nos deux structures pour la période 2022-2025⁸ traduit notre vision commune pour la gestion de la forêt publique, reposant sur l'adaptation au changement climatique et le

⁷ https://www.fncofor.fr/investir-foret-communal-faites-appel-aux-dons-demultiplier-vos-projets-88_3419.php

⁸ <https://www.fncofor.fr/docs/library/convention-fncofor-onf-web.pdf>

développement d'une filière bois participant à la vitalité des territoires.

Les élus des Communes forestières ont toujours souhaité le maintien et le renforcement du Régime forestier, régime juridique, garant de la protection patrimoniale du domaine forestier des collectivités. L'objectif est néanmoins de régulariser une situation qui perdure depuis plusieurs d'années : plusieurs milliers d'hectares de forêt de collectivités n'ont pas fait l'objet de l'avis de l'État et de l'ONF sur l'application du Régime forestier. *A contrario*, plusieurs milliers d'hectares non forestiers appartenant aux collectivités sont sous ce régime. La Fédération a fait des propositions à l'ONF et l'État pour sortir progressivement de cette situation.



Figure 5 : Convention établie entre la FNCOFOR et l'ONF.

À l'heure du changement climatique, il devient également difficile d'élaborer des plans d'aménagement des forêts des collectivités sur une période classique de 20 ans. Pourtant, il est indispensable de donner une trajectoire à ces forêts pour assurer leur gestion durable. Il faut donc envisager des modalités pour rendre les futurs aménagements forestiers « agiles » en permettant des ajustements plus réguliers. Une expérimentation a été mise en place sur 27 forêts de collectivités et un bilan sera réalisé en 2024.

Anticiper, planifier, aménager pour s'adapter

Nous l'avons déjà mentionné, les crises qui affectent la forêt s'intensifient : attaques sanitaires, tempêtes, incendies, fortes chaleurs et sécheresse. Après un court répit en 2021, la crise sanitaire sévit à nouveau avec virulence et touche également le sapin pectiné.

On estime que depuis le début de ces vagues de crises, 22 millions de mètres cubes d'épicéas et 15 millions de mètres cubes de sapin sont affaiblis ou morts⁹. D'autres essences comme le chêne, le hêtre, le châtaignier sont également affectées à différents degrés.

Une partie des communes rurales est particulièrement sensible aux variations de leurs recettes de bois qui peuvent constituer plus de 30% de leur budget de fonctionnement. Avec le dépérissement de leur forêt communale, ces communes voient leur budget de fonctionnement se déséquilibrer. À la demande des Communes forestières, la direction générale des finances publiques (DGFIP) a mené un travail pour établir un système de notation des budgets communaux permettant de détecter ceux en difficulté du fait des baisses de recettes forestières. À la suite de ces travaux, une ligne d'aide a été instaurée. La loi de finances de 2024 l'abonde à hauteur de 2 millions d'euros. Ce signal faible est à amplifier.

Dès l'apparition de ces dérèglements, une cellule de crise nationale a été mise en place par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. Elle se réunit régulièrement. Elle a pour objectif de partager l'information, formuler des propositions, solutions et dispositifs d'aides pendant les crises.

Mais il faut aller plus loin. Aujourd'hui, il est indispensable de concevoir l'aménagement du territoire avec une vision claire.

Nous souhaitons que l'État puisse créer une cellule nationale d'anticipation du défi climatique dédié à la forêt et à la filière bois, avec des déclinaisons dans les Commissions Régionales de la Forêt et du Bois (CRFB) :

- Susceptible de scénariser les crises sur les différentes essences et les différentes régions et leur gestion.

De l'évacuation / valorisation des bois au renouvellement, avec un fonds pérenne innovant capable de s'adapter en continu aux situations inattendues.

- En capacité de préparer une gestion des flux et des stocks de bois dans l'intérêt des producteurs, des entreprises et de la filière en général, avec une vision à moyen et long terme.
- En capacité d'analyser les différents risques liés à la forêt et leurs combinaisons pour définir une stratégie d'équipement et de lutte.
- En capacité de définir une stratégie d'acculturation de la population aux changements et risques.

qu'un Plan Local Forestier soit testé, à l'échelle de quelques territoires et en associant les parties prenantes. Celui-ci devra assurer une mise en cohérence des enjeux précités à l'échelle territoriale :

- aménagement du territoire, valorisation, protection et sauvegarde des territoires forestiers et de la filière forêt-bois dans une approche multifonctionnelle ;
- coordination des investissements / équipements territoriaux et planification ;
- niveau d'opposabilité à expertiser.

Il nous faut réussir, ensemble, le défi de l'adaptation des forêts aux effets du changement climatique, au service de l'intérêt général, pour les générations futures.



Figure 6 : Plantation d'arbres (© Communes forestières).

⁹ Source : Département de la santé des forêts – ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Migration assistée des essences forestières : un levier d'adaptation parmi d'autres

Par Brigitte MUSCH
Office National des Forêts (ONF)

Et Éric PAILLASSA
Centre national de la propriété forestière (CNPF)

Le changement climatique de par sa vitesse inégalée bouleverse les écosystèmes forestiers. Face à ce défi, les forestiers tentent de trouver des solutions pour rendre la forêt la plus résiliente possible. Les ressources génétiques et en particulier la migration assistée font partie de la stratégie d'adaptation des forêts. La migration assistée s'appuie sur un processus biologique naturel que les espèces utilisent pour être en adéquation avec le milieu dans lequel elles se développent. Les forestiers mettent en œuvre la migration assistée aussi bien au niveau des provenances (au sein de l'aire de répartition de l'espèce) que d'espèce (accroissement de l'aire de répartition d'une essence présente sur le continent européen). L'objectif est d'identifier et planter des provenances et des essences plus adaptées aux stress hydriques prolongés et aux fortes chaleurs pour enrichir les ressources en place. Nonobstant, ils prêtent une attention très particulière aux risques de mal adaptation de ce matériel forestier aux conditions actuelles et à la perturbation des écosystèmes.

Introduction

Par le passé, la planète a connu des modifications importantes de son climat, mais les changements actuels interviennent à une vitesse sans précédent (Lee *et al.*, 2023). D'après les données du GIEC, sur la période allant de 2011 à 2020, la température moyenne mondiale a augmenté d'environ 1,1°C par rapport à la période de référence (de 1850 à 1900). Cette augmentation n'est pas homogène : le réchauffement des continents (+ 1,6°C) est plus prononcé que celui des océans (+ 0,9°C). De plus, l'impact de ce changement affecte aussi le cycle hydrologique mondial. Cela s'est traduit, par exemple, depuis les années 1950, par une augmentation des précipitations sur l'ensemble des continents. Mais, comme pour les températures, cette augmentation recouvre de fortes disparités géographiques, puisque le cumul annuel des précipitations tend à diminuer dans les régions relativement sèches et à augmenter dans les régions plus arrosées. Par ailleurs, le régime hydrique annuel est aussi bouleversé avec des précipitations moins bien réparties sur l'année entraînant des périodes plus longues de sécheresses. Toutes ces modifications climatiques rapides et à large échelle affectent bien évidemment les espèces forestières qui ont des cycles de vie long.

Impacts sur la forêt ?

Si l'ampleur de ce réchauffement est comparable à celui qu'a connu la Terre depuis la dernière glaciation de l'Holocène, il s'opère à un rythme beaucoup plus rapide qui ne laissera pas le temps aux essences forestières de migrer naturellement. En effet, pendant l'Holocène, le chêne sessile a mis 6 000 ans pour recoloniser naturellement l'Europe. Le niveau de réchauffement de + 4°C prévisible (TRACC) représente l'écart de température moyen entre les grands biomes végétaux mondiaux. Ainsi, en France, une grande partie des forêts associées au climat tempéré actuel va être soumise d'ici la fin du siècle à un climat de type méditerranéen. La modélisation des impacts sur les forêts de cette trajectoire climatique TRACC (+ 4°C) montre qu'ainsi 4,6 Mha (27 % de la forêt métropolitaine) seraient en inconfort climatique.

Les principaux impacts sur les forêts seront : une intensification du stress physiologique avec augmentation du risque de cavitation (Brodrigg *et al.*, 2020), un ralentissement de la croissance des arbres (Lebourgeois *et al.*, 2020), une progression des attaques des bioagresseurs sur des arbres stressés et une accentuation du risque incendie. Ces impacts sont déjà visibles et mesurables en termes de surmortalité et de ralentissement de la croissance de 10 % en 10 ans (IGN, 2023).

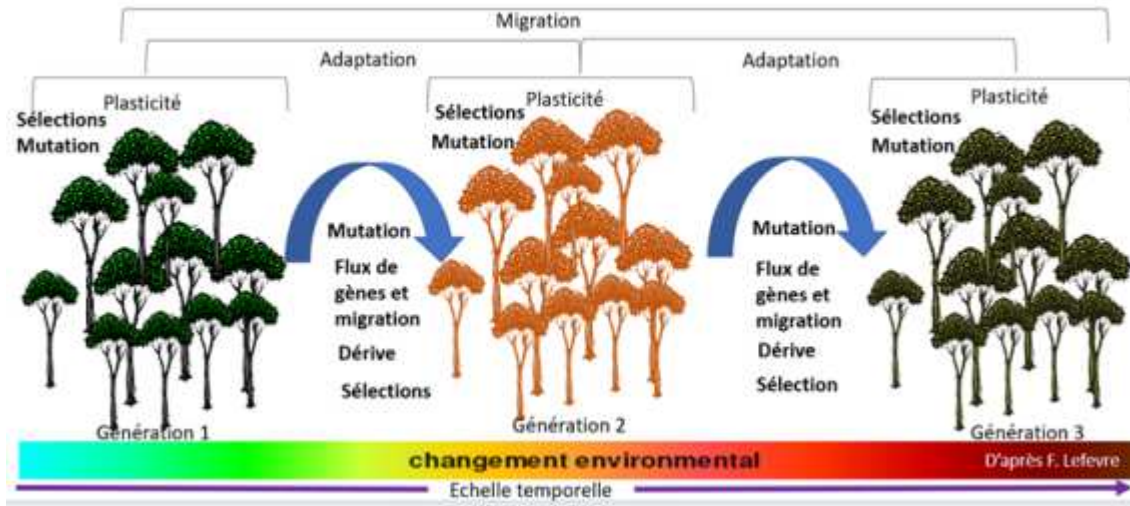


Figure 1 : Différentes échelles des processus évolutifs (adaptée de Francois Lefèvre).

Si le changement climatique bouleverse les paysages et écosystèmes forestiers, il impacte aussi le puits de carbone forestier et réduit son objectif de décarbonation de notre économie.

Leviers pouvant être utilisés

Des leviers existent pour limiter l'impact sur les forêts de ces changements dont celui sur les ressources génétiques forestières.

Selon les degrés de dépérissement des peuplements, il repose soit sur l'adaptation locale de ces peuplements, soit sur la migration, soit sur l'introduction d'espèces. Face à la vitesse des changements globaux en cours, les cycles forestiers (croissance, maturité, reproduction, mortalité) sur plusieurs décennies limitent la capacité d'adaptation locale, même si ceux-ci peuvent être puissants (Saleh *et al.*, 2022), mais aussi la migration naturelle.

Migration et migration assistée

Définition de la migration

La migration est un processus biologique naturel qui permet l'échange de gènes entre individus au sein d'une population ou entre populations. Cet échange peut se faire sous forme de flux de pollen et/ou de graines à courte, moyenne et longue distance. Pour certaines espèces, elle peut aussi se faire par multiplication végétative. C'est une force évolutive puissante par brassage de gènes qui permet le maintien de la diversité génétique et de contrer les effets de perte de diversité par dérive.

Comment les espèces forestières peuvent migrer ?

De nombreuses études sur les flux de gènes ont mis en évidence les mécanismes de dispersions. Par exemple, Bossema (1979), Stiles (1980), Sork (1984), Gomez *et al.* (2008) ont montré que les graines pouvaient migrer parfois sur des kilomètres. De la même manière, les avancées en génétique ont permis elles aussi de mieux quantifier les distances de disséminations (Chase *et al.*, 1996 ; Oddou-Muratorio *et al.*, 2001 ; Kermer *et al.*, 2012). Ces études montrent l'importance des migrations sur de longues distances, mais elles restent à faibles fréquences. Mais ces distances de disséminations restent très nettement inférieures à la vitesse d'évolution du climat pour que cette voie de migration soit efficace face à cette dernière.

Enveloppe climatique et migration

Avec le changement climatique, les niches climatiques des différentes essences vont être modifiées de manière plus ou moins forte sur le territoire français : augmentation pour les plus méditerranéennes et diminution pour les moins résistantes aux climats chauds avec une sécheresse prononcée en été. Les niches vont se déplacer vers le nord ou en altitude (McKenney *et al.*, 2007).

Les aires de répartition pourraient se déplacer de 1 à 7 km par an, une vitesse bien plus élevée que la capacité des arbres à migrer (Williams et Dumroese, 2013). Sachant qu'il faudrait, par exemple plus de 500 ans pour que les chênes ou les hêtres migrent de 100 km, des essences vont se trouver alors de fait en dehors de leur niche climatique, entraînant une mauvaise adapta-



Figure 2 : Composantes élémentaires de la migration (© Ducouso).

tion au futur climat (Park et Talbot, 2018). Il va résulter de ce décalage, une vulnérabilité accrue des arbres, une moindre résistance et résilience de nos écosystèmes, et impacter leur capacité à se régénérer après perturbation (Ruiz-Pérez et Vico, 2020).

Ce constat pose un grand défi aux gestionnaires des forêts qui ont la préoccupation d'assurer le maintien de la biodiversité et la fonctionnalité des écosystèmes dans des conditions de climat actuel et futur (Aitken *et al.*, 2008).

Migrations assistées

Quelles différences ?

Les experts de l'Ipbes et du Giec (Pörtner *et al.*, 2021) définissent la migration assistée comme « le mouvement d'espèces et de populations visant à faciliter l'expansion de l'aire de répartition naturelle, comme mode de gestion répondant directement au changement climatique (...) ». De manière pratique, la migration assistée consiste à planter au sein de forêts des provenances ou des essences plus adaptées aux futures conditions climatiques que celles qui sont en place.

Les scientifiques s'accordent à distinguer :

- Le flux de gènes assisté (Aitken *et al.*, 2013), dans ce cas, il s'agit de procéder à une migration de gènes au sein de l'aire de répartition de l'espèce considérée, afin d'y apporter une diversité génétique potentiellement favorable à sa résilience. La provenance introduite et celle en place échangent de manière efficace des gènes. C'est le cas par exemple de la provenance de chêne sessile de Grésigne dans le Tarn plantée en forêt de Tronçais dans l'Allier.

- La migration assistée d'espèces aux marges de leur aire de répartition (à courte ou longue distance). Dans ce cas, il s'agit d'accompagner le déplacement de l'aire de répartition, souvent vers le nord ou en altitude d'une essence. C'est le cas par exemple de l'introduction de chêne tauzin originaire du Sud-Ouest en forêt de Compiègne (Nord de Paris).

L'introduction d'espèces venant de zones géographiques où les essences présentes sur notre territoire n'ont pas co-évolué par exemple au sein de zones refuges communes (cas de continents différents par exemple) ne correspond pas à de la migration assistée, mais à de l'introduction d'essences.

Quels impacts sur les écosystèmes ?

Le principal impact attendu des migrations sur l'écosystème, est un impact positif se traduisant par une meilleure résilience des écosystèmes ou pour faciliter une transition vers des écosystèmes forestiers mieux adaptés aux futurs climats (Millar *et al.*, 2007). Le recours à la migration assistée a pour buts d'anticiper et d'atténuer les impacts négatifs des changements climatiques, de préserver la diversité biologique et de maintenir la fonctionnalité et la productivité des écosystèmes. Cette pratique se veut être une aide à la migration naturelle des arbres permettant de compenser le rythme de déplacement très rapide des climats, induit par les changements climatiques (Ste-Marie *et al.*, 2011).

À l'extrême, la migration assistée peut aussi être une solution dans le cas où une espèce ou une population d'arbres est menacée d'extinction dans son aire naturelle. Elle permet soit de renforcer la population avec un apport d'individus (génotypes) permettant d'enrayer le déclin, soit une migration assistée de l'espèce visant à l'implanter dans des zones hors de son aire de réparti-

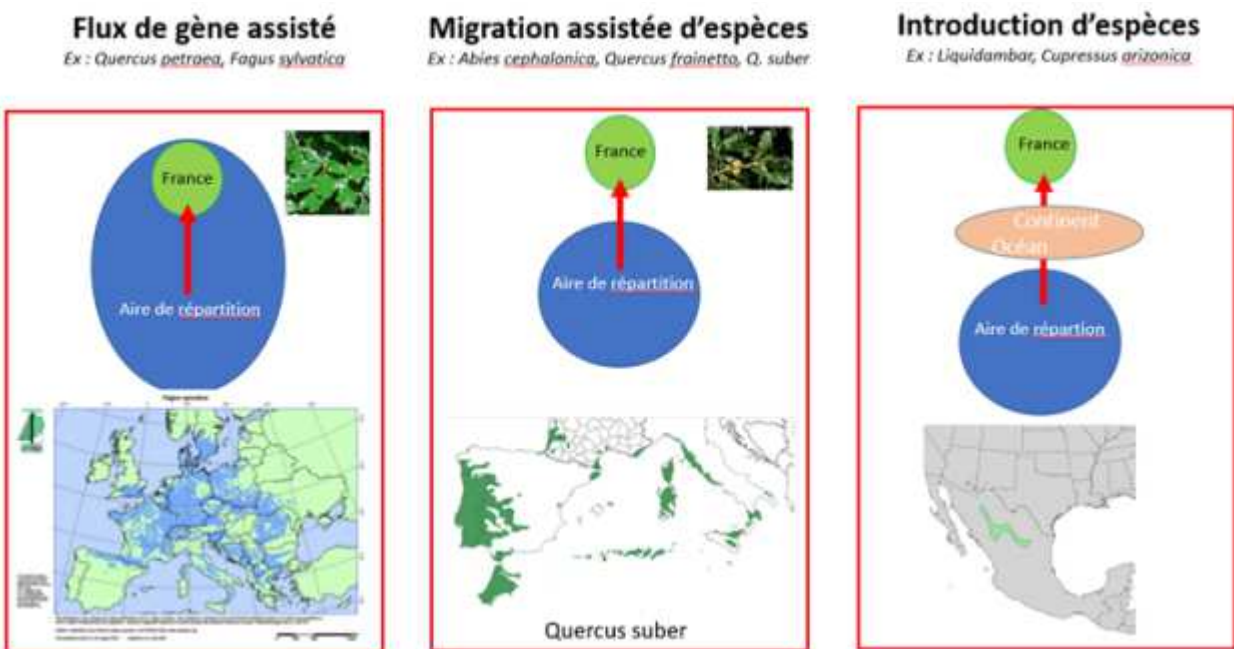


Figure 3 : Définition des échelles des migrations assistées et introduction (d'après Dumroese).

tion actuelle dans le cas où son habitat est menacé de disparition.

Quels atouts pour les forestiers ?

Les actions de gestion adaptative comme la migration assistée sont de plus en plus considérées dans la foresterie comme des pratiques à envisager pour augmenter la résistance et la résilience.

Les flux de gènes assistés sont depuis plus d'une dizaine d'années testés par des projets expérimentaux. Ils permettent d'introduire dans des peuplements vulnérables de la diversité génétique à partir de peuplements adaptés à des conditions de déficit plus marqué. Les outils de modélisation et de diagnostic à disposition des forestiers comme ClimEssences, Zoom 50 ou BioclimSol permettent d'identifier ces peuplements. Au-delà de l'expérimentation, les fiches de conseils d'utilisation des matériels forestiers de reproduction proposent aussi la possibilité de choisir des matériels plus adaptés aux conditions futures.

La plantation d'essences relevant de migration assistée est un atout potentiel pour la résilience des forêts. En effet, il permet un enrichissement spécifique des peuplements et il est largement accepté que des forêts plus diversifiées résistent mieux aux aléas. Mais au-delà de cet avantage, si l'espèce principale vient à décliner, ces essences plus méridionales présentes seront alors en capacité de prendre le relais pour maintenir un espace boisé.

Des interactions entre l'espèce nouvelle et les ressources génétiques locales existent et sont recherchées. Elles vont être différentes selon les surfaces ou le nombre de plants impliqués et devront répondre aussi à plusieurs conditions. La première est qu'il faut que la plantation soit hybridogène, c'est-à-dire qu'il puisse y avoir des échanges de pollen, et donc être le cas lors de la plantation de provenances ou d'espèces appartenant à un même complexe d'espèces (espèces du même genre sans barrière reproductive). Il faut aussi que les deux compartiments soient matures sexuellement et avec une période de floraison synchrone. Enfin, ils doivent être suffisamment différents génétiquement pour qu'il y ait un réel impact sur le peuplement local.

Le risque majeur de la migration assistée d'espèces suite au dépérissement des essences clé de voûte des écosystèmes est la mal-adaptation. Le risque d'échec des opérations de migration assistée est à la fois le fait des incertitudes sur le climat à venir et sur les conditions actuelles. Celles-ci peuvent ne pas être encore favorables à l'implantation de certaines espèces (débourrement précoce et gelées tardives par exemple). Donc une essence qui sera adaptée à l'avenir doit aussi pouvoir résister au climat actuel. De plus, les essences qui s'adapteront le mieux sont celles qui présenteront une forte diversité. D'autre part, les conditions environnementales changeant, les équilibres dans l'écosystème sont perturbés et une espèce avec une valeur adaptative supérieure à celle des espèces présentes peut devenir prédominante voir envahissante. Ce risque serait plus limité dans le cas de la migration assistée que dans le cas d'introduction car

les essences ont co-évolué dans les mêmes refuges glaciaires.

Exemple en foresterie

La migration assistée est une question de stratégie forestière qui doit encore faire ses preuves sur des surfaces plus importantes que les quelques dispositifs expérimentaux actuellement en place.

C'est l'objectif de MigForest. Il s'agit à travers 4 grands genres (*Abies*, *Quercus*, *Tilia* et *Sorbus*) d'opérer des actions de migration assistée à l'échelle de massif forestier dans une approche transfrontalière (Belgique, Allemagne et France) en formant un réseau complexe fonctionnel. Les gestionnaires et les chercheurs vont identifier des provenances et des espèces au sein de complexes plus résilientes aux futures conditions climatiques. Par exemple, des provenances de chêne sessile plus adaptées au déficit hydrique présent dans le Nord-Ouest de la France mais aussi des chênes dont l'aire de répartition est limitée à l'Espagne comme le chêne faginé ou le chêne zéen pourront être plantés. Au sein de massifs, des schémas d'implantations viseront à permettre selon les besoins des échanges avec le reste du massif ou au contraire les limiter pour préserver les ressources génétiques locales.

Conclusion

La migration assistée n'est pas une réponse miracle pour toutes les espèces, populations ou écosystèmes. C'est une stratégie parmi d'autres pour adapter les forêts aux effets du changement climatique. Extraire des ressources génétiques de leur milieu d'origine et les placer dans un nouveau milieu d'accueil comporte nécessairement des incertitudes sur leur devenir et sur l'interaction avec leur habitat d'accueil mais ne pas intégrer ce levier dans la stratégie d'adaptation des forêts au changement climatique peut priver les forestiers d'un atout pour préserver le couvert forestier.

Bibliographie

- AITKEN S. N., YEAMAN S., HOLLIDAY J. A., WANG T. & CURTIS-MCLANE S. (2008), "Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations", *Evolutionary applications*, 1(1), pp. 95-111.
- BOSSEMA J. (1979), "Jays and oaks: an ecoethological study on a symbiosis", *Behaviour*, Vol. 70, pp. 1-117.
- BRODRIBB T. J., POWERS J., COCHARD H. & CHOAT B. (2020), "Hanging by a thread? Forests and drought", *Science*, 368(6488), pp. 261-266.
- CHASE M. R., MOLLER C., KESSELI R. & BAWA K. S. (1996), "Distant gene flow in tropical trees", *Nature*, 383(6599), 399.
- GÓMEZ J. M., PUERTA-PIÑERO C. & SCHUPP E. W. (2008), "Effectiveness of rodents as local seed dispersers of Holm oaks", *Oecologia*, vol. 155, pp. 529-537.
- IGN (2023), « Les données de l'inventaire forestier national confirment l'impact du changement climatique sur la santé des forêts françaises », <https://www.ign.fr/espace-presse/les-donnees-de-linventaire-forestier-national-confirment-limpact-du-changement-climatique-sur-la-sante-des-forets-francaises>

- KREMER A., RONCE O., ROBLEDO-ARNUNCIO J. J., GUILLAUME F., BOHRER G., NATHAN R. & SCHUELER S. (2012), "Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change", *Ecology letters*, 15(4), pp. 378-392.
- LEBOURGEOIS F., CHARRU M., DHOTE J. F. & BONTEMPS J. D. (2020), « La croissance des forêts et les changements environnementaux », *Sciences Eaux & Territoires pour tous*, n°3, pp. 8-11.
- LEE H., CALVIN K., DASGUPTA D., KRINNER G., MUKHERJI A., THORNE P. & PARK Y. (2023), "IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers", Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)], IPCC, Geneva, Switzerland.
- MCKENNEY D. W., PEDLAR J. H., LAWRENCE K., CAMPBELL K. & HUTCHINSON M. F. (2007), "Potential impacts of climate change on the distribution of North American trees", *BioScience*, 57(11), pp. 939-948.
- MILLAR C. I., STEPHENSON N. L. & STEPHENS S. L. (2007), "Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty", *Ecological applications*, 17(8), pp. 2145-2151.
- ODDOU-MURATORIO S., PETIT R. J., LE GUERROUÉ B., GUESNET D. & DEMESURE B. (2001), "Pollen-versus seed-mediated gene flow in a scattered forest tree species", *Evolution*, 55(6), pp. 1123-1135.
- PARK A. & TALBOT C. (2018), "Information underload: ecological complexity, incomplete knowledge, and data deficits create challenges for the assisted migration of forest trees", *BioScience*, 68(4), pp. 251-263.
- PÖRTNER H. O., SCHOLLES R. J., AGARD J., ARCHER, E. ARNETH A., BAI X. & NGO H. (2021), "Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change", Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, https://ipbes.net/sites/default/files/2021-06/20210609_workshop_report_embargo_3pm_CEST_10_june_0.pdf.
- RUIZ-PÉREZ G. & VICO G. (2020), "Effects of temperature and water availability on Northern European boreal forests", *Frontiers in Forests and Global Change*, vol. 3, art. 34.
- STE-MARIE C., NELSON E.A., DABROS A. & BONNEAU M. (2011), "Assisted migration: Introduction to a multifaceted concept", *Forestry Chronicle*, vol. 87, pp. 724-730.
- SALEH D., CHEN J., LEPLÉ J. C., LEROY T., TRUFFAUT L., DENCAUSSE B. & KREMER A. (2022), "Genome-wide evolutionary response of European oaks during the Anthropocene", *Evolution letters*, 6(1), pp. 4-20.
- SORK V. L. (1984), "Examination of seed dispersal and survival in red oak, *Quercus rubra* (Fagaceae), using metal-tagged acorns", *Ecology*, 65(3), pp. 1020-1022.
- STILES E. W. (1980), "Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the eastern deciduous forest", *The American Naturalist*, 116(5), pp. 670-688.
- WILLIAMS M. I. & DUMROESE R. K. (2013), "Preparing for climate change: forestry and assisted migration", *Journal of Forestry*, 111(4), pp. 287-297.

Évolution adaptative des chênes et changement climatique

Par Antoine KREMER

UMR Biodiversité, Gènes et Communautés de l'INRAE - Université de Bordeaux

Cet article met l'accent sur les mécanismes évolutifs à l'œuvre dans les peuplements forestiers, qui pourraient contribuer à leur adaptation au changement climatique en cours, dans le contexte de leur renouvellement par régénération naturelle. En prenant pour exemple les chênes, il s'appuie sur les connaissances acquises sur les trajectoires historiques, à différentes échelles de temps, qui ont modulé les réponses des arbres à des crises écologiques antérieures. Il s'attache ensuite à décrire les mécanismes de sélection naturelle et d'introgression adaptative, qui façonnent l'adaptation à l'évolution climatique en cours. Enfin, dans un dernier paragraphe sont évoqués les enseignements qui peuvent être tirés de cette analyse en matière de gestion et de sylviculture.

Introduction

Le dérèglement climatique actuel interroge sur les capacités d'adaptation des forêts à ces changements environnementaux. L'évolution biologique, au sens darwinien du terme, peut-elle suivre l'évolution climatique en cours ? Une des contraintes évolutives le plus souvent évoquée chez les arbres, est leur longueur de génération qui pourrait ralentir leur évolution génétique. Les nombreux exemples de dépérissement consécutifs à des sécheresses répétées récentes sont autant d'illustrations des défis adaptatifs que soulève l'évolution climatique et auxquels les gestionnaires forestiers sont confrontés (Brodribb *et al.*, 2020). Les réponses à ces questions font appel aux mécanismes évolutifs propres aux arbres qui ont façonné leur histoire et leurs réponses aux multiples sollicitations environnementales. Le recours aux enseignements tirés des connaissances de la biologie évolutive des arbres tient une place centrale dans ce débat (Hipp *et al.*, 2020). Que nous apprennent les trajectoires passées ? Comment les espèces forestières ont-elles réagi aux crises écologiques antérieures ? Peut-on en tirer des conclusions sur l'évolution actuelle en cours ? Les recherches récentes en génétique des populations et en biologie évolutive des peuplements forestiers ont permis d'appréhender les mécanismes génétiques, démographiques et écologiques, à différentes échelles de temps, qui ont modulé leur évolution et qui sont bien évidemment actifs dans le contexte actuel (Kremer et Hipp, 2020 ; Kremer *et al.*, 2010). Au-delà de ce regard rétrospectif, les défis présents incitent à en tirer des enseignements relatifs à la gestion forestière permettant de stimuler ces mécanismes. Peut-on accélérer l'évolution biologique des peuplements forestiers lors des interventions sylvicoles ? Cet article, en prenant pour exemple les chênes tempérés, aborde donc résolument la question de l'adaptation darwinienne par maintien des peuplements en place et régénération naturelle, en tirant bénéfice

des processus évolutifs des arbres, en complément des transferts de populations par plantation évoqués par ailleurs dans ce numéro spécial.

Les leçons de l'histoire

La plupart des espèces ligneuses forestières, notamment les chênes blancs (chêne sessile, chêne pédonculé, chêne pubescent, chêne tauzin) tels que nous les connaissons aujourd'hui, sont présentes sur notre continent depuis la fin de l'ère tertiaire (Leroy *et al.*, 2017). Elles ont connu au cours de leur histoire des changements climatiques de grande ampleur, notamment au cours des cycles glaciaires interglaciaires (Rull, 2020). Que nous apprend leur évolution au cours de ces changements ? Le refroidissement climatique qui caractérise la transition entre l'ère tertiaire et quaternaire, et notamment la mise en place des tout premiers cycles glaciaires s'est accompagné de l'extinction de nombreuses espèces forestières (Svenning, 2003). Les cycles glaciaires interglaciaires les plus récents n'ont connu que peu d'extinction d'arbres (Magri *et al.*, 2017). En particulier la période de réchauffement postglaciaire actuelle, qui a démarré il y a plus de 15 000 ans, ne s'est pas soldée que par un nombre très limité de disparitions d'espèces ligneuses en Europe. L'interprétation de ces données est que les premiers cycles glaciaires interglaciaires ont généré un véritable tri sélectif en faveur des espèces les plus résilientes aux alternances climatiques, capables de recoloniser rapidement les espaces libérés par le réchauffement et de s'y adapter (Dynesius et Jansson, 2000). Les résultats en génétique des populations mentionnant le maintien de diversité génétique élevée en dépit des variations démographiques de grande ampleur (expansion rétraction de populations en réponse aux cycles glaciaires interglaciaires) corroborent la résilience des espèces actuelles (Milesi *et al.*, 2023; Petit *et al.*, 2003). En complément

aux trajectoires évolutives sur le temps très long, les dynamiques évolutives postérieures à des crises climatiques plus récentes, traduisent également les capacités de récupération. On peut citer à cet égard les sècheresses extrêmes qui ont eu lieu au siècle dernier (1921, fin des années 1940, 1976 notamment), qui ont généralement été suivies de dépérissements, mais dont les peuplements affectés se sont depuis reconstitués (Delatour, 1983). Un examen détaillé de ces événements montre que les mortalités sont rarement totales, et que les peuplements se sont reconstitués à partir des arbres survivants à ces crises. En résumé, l'histoire évolutive sur différentes échelles de temps suggère des capacités de résilience réelles, qui interrogent sur leur efficacité à l'époque contemporaine. Quels ont été les mécanismes opérant durant ces périodes passées et peuvent-ils contribuer aujourd'hui à l'adaptation des arbres au changement climatique en cours ?

La sélection naturelle

Il peut paraître trivial d'évoquer la sélection naturelle comme mécanisme d'évolution adaptative des arbres. Mais l'évocation des particularités de la sélection naturelle inhérentes aux arbres suffit pour en démontrer l'efficacité dans des peuplements forestiers renouvelés par régénération naturelle. C'est lors de la phase de renouvellement d'un peuplement que s'opèrent les changements génétiques au niveau populationnel qui conditionnent l'évolution du peuplement, par tri sélectif des semis les mieux adaptés. La plupart des espèces forestières actuelles sont en effet régénérées par voie naturelle, par croisements « libres » entre les arbres adultes constituant les peuplements forestiers. Les semis, résultant de ces croisements, se développent librement pendant une période juvénile qui peut durer jusqu'à une quinzaine d'années avant la première intervention humaine (Jarret, 2004). Durant cette période juvénile, le succès des semis dépend de leurs capacités à mobiliser les ressources disponibles (eau, éléments minéraux) et à échapper aux différents prédateurs (vertébrés, insectes, champignons...) par rapport à leurs voisins directs. L'efficacité de ce tri sélectif en termes d'adaptation, c'est-à-dire les différences génétiques entre les deux générations, entre les semis survivants et leurs parents, dépend principalement de trois facteurs (Walsh et Lynch, 2018) :

- la diversité du pool génétique constitué par les parents ;
- l'intensité de sélection, caractérisé par le taux de sélection (le rapport entre l'effectif des semis survivants et l'effectif des semis lors de l'ensemencement) ;
- le contrôle génétique des propriétés phénotypiques contribuant à la survie.

Dans le jargon généticien, la combinaison de ces trois composantes désigne le « potentiel adaptatif » d'une population : chacune de ces composantes contribue positivement à l'augmenter. Trois décennies de recherche en génétique forestière ont apporté des connaissances essentielles sur ces composantes, qui suggèrent un potentiel adaptatif considérable au sein

des peuplements de chênes. En premier lieu, il convient de citer leur niveau très élevé de diversité génétique, maintenu grâce notamment à leur dynamiques démographiques (Gailing *et al.*, 2021 ; Plomion *et al.*, 2018). Tout nouveau variant génétique, contribuant à la diversité, est généré par un événement mutationnel et son destin dépend principalement de la taille de la population au sein de laquelle il est né. Si cette taille est faible, le nouveau variant a de fortes chances de disparaître. Or les arbres maintiennent des tailles de populations élevées, grâce notamment aux échanges de gènes par pollen, intenses et à longue distance (Kremer *et al.*, 2012). L'enrichissement en diversité génétique est donc continu au cours de l'histoire et on note également peu d'érosion de la diversité lors de la migration des espèces, entre les extrémités actuelles de leurs aires naturelles. En second lieu, l'intensité de sélection est également très élevée. Dans le cas particulier de régénération naturelle du chêne sessile ou pédonculé, plus de 95 % des semis sont éliminés principalement par sélection naturelle au cours de la phase juvénile. À titre d'illustration, la densité de semis de chênes peut varier de 100 000 à 1 million à l'hectare, alors que ne subsistent qu'une dizaine de milliers à l'issue de la phase juvénile (Jarret, 2004). Enfin, concernant la troisième composante, les résultats issus de travaux menés en génétique quantitative montrent que les principaux caractères phénotypiques contribuant à la valeur adaptative d'un semis sont héréditaires en peuplements naturels (Alexandre *et al.*, 2019). En résumé, ces résultats expérimentaux relatifs aux composantes du « potentiel adaptatif » des chênes traduisent de réelles potentialités d'évolution génétique en une seule génération. On ne peut cependant affirmer que l'ampleur des changements génétiques attendus au vu du potentiel adaptatif des chênes pourrait compenser l'inertie évolutive générée par les longueurs de générations. Une métaphore empruntée au sport illustre de manière plus démonstrative la course engagée par l'évolution génétique pour suivre l'évolution climatique : les foulées (générations) sont peu nombreuses, mais l'ampleur de chaque foulée peut être considérable.

Ces prédictions ont récemment été confirmées par des résultats expérimentaux issus de suivis génétiques temporels conduits dans des forêts de chêne sessile lors de transition climatique entre la période froide sévissant à la fin du Petit Âge Glaciaire (1670-1850) et le réchauffement au début de l'Anthropocène (1850-2000). L'analyse des variations génétiques au niveau du génome et au niveau des phénotypes, conduites à ces échelles de temps, a mis en évidence des changements significatifs, lors de cette transition (Caignard *et al.*, 2024 ; Saleh *et al.*, 2022).

L'introgession adaptative

Les chênes européens regroupent une trentaine d'espèces, dont le plus grand nombre est présent en région méditerranéenne. Elles colonisent des milieux écologiques différents variant selon des gradients hydrique, climatique, ou minéral. Plusieurs d'entre elles, notamment les chênes blancs (chêne sessile, chêne pédonculé, chêne pubescent, chêne tauzin...)

sont interfécondes et s'hybrident librement entre elles quand elles occupent les mêmes forêts (Lepais et Gerber, 2011). L'analyse comparative du génome des espèces interfécondes montre qu'elles ont hérité au cours de leur histoire une portion, certes réduite, de gènes venant de leurs voisines avec lesquelles elles ont échangé des gènes et ont co-évolué (Leroy *et al.*, 2020b). On parle dès lors d'introgression d'une espèce X (donneuse) dans une espèce Y (réceptrice). Le processus d'introgression nécessite une première génération d'hybridation entre les deux espèces, suivie de plusieurs générations de rétrocroisements (croisement entre l'hybride X*Y avec une des espèces parentales). On peut dès lors s'interroger si les gènes introgressés depuis l'espèce donneuse confèrent à l'espèce réceptrice une meilleure adaptation aux conditions de milieu propice à l'espèce donneuse. Dans ce cas l'introgression devient adaptative dans l'espèce réceptrice (Suarez-Gonzalez *et al.*, 2018).

Un exemple d'introgression adaptative qui nous est familier, est celui de l'introgression de gènes de l'homme de Néandertal dans le génome de l'homme moderne. Même si cette introgression demeure faible, nous savons aujourd'hui qu'elle a contribué à une meilleure adaptation de l'homme moderne venant d'Afrique aux conditions environnementales sévissant en Europe (Reilly *et al.*, 2022). Dans le cas des chênes, de nombreux exemples au sein de différentes sections botaniques ont mis en évidence la réalité de l'introgression (Lazic *et al.*, 2021), mais la nature adaptative a pour l'instant été peu explorée et fait aujourd'hui l'objet de travaux intensifs en génomique et en écologie. Dans le cas particulier du couple chêne sessile-chêne pédonculé, nous avons pu mettre en évidence l'introgression du chêne pédonculé dans les populations d'altitude du chêne sessile dans les Pyrénées (Leroy *et al.*, 2020a). On sait que le chêne pédonculé manifeste une meilleure résistance au froid que le chêne sessile, dont témoigne sa présence dans des régions plus septentrionales. Dans cet exemple, l'introgression a conféré une meilleure adaptation au froid au chêne sessile en altitude dans les Pyrénées. Dans une étude plus détaillée portant sur deux espèces asiatiques (*Quercus acutissima* - *Q. variabilis*), nous avons pu montrer que l'introgression était très répandue, et qu'elle dépendait des conditions écologiques : les mêmes régions génomiques introgressées se retrouvent sur des conditions de milieu identiques, renforçant l'hypothèse d'introgression adaptative dans ce cas (Fu *et al.*, 2022).

Dans le contexte du changement climatique, l'introgression adaptative est sans doute déjà à l'œuvre dans les peuplements mixtes de chênes et notamment dans ceux qui associent chênes tempérés (chêne sessile, chêne pédonculé) et chênes à tempérament méditerranéen (chêne pubescent, chêne tauzin). Le chêne pubescent est présent sur plus de la moitié méridionale de notre territoire et s'hybride fréquemment avec le chêne sessile, mais aussi avec le chêne pédonculé (Timbal et Aussenac, 1996). Même si le processus d'introgression nécessite une durée relativement longue (plusieurs générations) au regard de la temporalité des changements climatiques, les peuplements mixtes en place aujourd'hui, sont eux-mêmes déjà introgressés et

constituent de ce fait un pool génétique sur lequel la sélection naturelle peut trier les arbres les plus adaptés. Les dynamiques de migration, elles-mêmes stimulées par le réchauffement, auront tendance à accroître la mixité (tempéré-méditerranéen) des peuplements.

Enseignements pour la gestion

L'examen des mécanismes évolutifs de nature adaptative, passés et actuels, à l'œuvre dans les peuplements renouvelés par régénération naturelle permet d'identifier plusieurs leviers d'action du sylviculteur susceptibles d'améliorer leur efficacité.

La temporalité

L'évolution darwinienne s'incrémente au pas de la génération : les changements génétiques au niveau populationnel ne se concrétisent que lors de la création d'une nouvelle génération. Or les durées actuelles de génération dans les peuplements forestiers ne sont pas les délais de première fructification, mais les délais de rotation, correspondant à l'âge des semenciers lors de l'ensemencement de la génération suivante, soit au moins 150 ans dans le cas des chênes (Jarret, 2004). Ces délais génèrent une inertie évolutive, amplifiée par la maladaptation des vieux semenciers, qui ont été sélectionnés sous d'autres conditions écologiques que celles prévalant actuellement. Nos travaux d'évolution génétique, qui ont été conduits rétrospectivement lors de la transition climatique entre le Petit Âge Glaciaire et l'Anthropocène, ont clairement mis en évidence des trajectoires adaptatives différentes entre les arbres nés pendant la période froide et ceux nés durant le réchauffement de l'Anthropocène (Caignard *et al.*, 2024 ; Saleh *et al.*, 2021). Le renouvellement à partir d'un pool génétique très ancien peut donc constituer un frein à l'évolution adaptative au réchauffement en cours. Ces résultats militent en faveur d'un renouvellement plus rapide des chênaies, à partir de semenciers plus jeunes.

Le potentiel adaptatif

Trois composantes contribuent au potentiel adaptatif d'une population (voir le paragraphe « La sélection naturelle » : diversité, intensité de sélection, hérédité). Seule l'intensité de sélection peut être modulée de manière significative par l'action du sylviculteur. La diversité génétique est une propriété de la population, héritée de son histoire. Elle s'est progressivement constituée sous l'action de la mutation et enrichie par les flux de gènes (intra et interspécifique). Sauf à étoffer la diversité par apport extérieur (semis ou plantation artificielle complémentaire), la diversité n'est pas modulable par l'action humaine lors de la régénération. On peut cependant recommander au sylviculteur de conduire la régénération lors d'une année de bonne floraison de manière à maintenir le niveau de diversité préexistant. L'hérédité des caractères contribuant à la valeur adaptative est également une propriété génétique de la population, héritée de son histoire, et donc non façonnable par le sylviculteur.

L'intensité de sélection peut par contre être augmentée par la sylviculture, en amplifiant la densité de semis, et en allongeant la phase juvénile, c'est-à-dire la durée pendant laquelle s'exerce la sélection naturelle avant la première opération de nettoyage ou la première éclaircie. La densité de semis peut être accrue en cumulant plusieurs années de fructification lors de l'ensemencement, en sylviculture régulière ou irrégulière. Une intensité de sélection plus élevée conduira à des changements adaptatifs plus importants.

La composition des peuplements

Le paragraphe sur l'introggression adaptative conduit tout naturellement à recommander le maintien de la mixité des peuplements lors des éclaircies, et lors de la régénération naturelle. La mixité enrichit d'une part la diversité génétique des espèces et elle favorise d'autre part l'échange de gènes à intérêt adaptatif entre espèces. Une manière d'accélérer l'introggression par la sylviculture serait de favoriser dans les éclaircies les arbres dont le taux d'introggression est élevé. On dispose effectivement de marqueurs génomiques diagnostiques qui permettent par génotypage de mesurer ce taux sur chaque arbre, à un coût relativement modique (Kremer *et al.*, 2024). On pourrait donc prendre en compte ces données en plus des observations phénotypiques pour décider des arbres qui seraient maintenus lors des opérations d'éclaircie. *A fortiori*, une telle méthode serait recommandée lors du choix des semenciers avant les coupes d'ensemencement.

Conclusion

Jusqu'à une date récente encore, l'évolution biologique des arbres dans le contexte du changement climatique était rarement invoquée pour en inférer des règles de gestion adaptative. Les travaux menés sur les chênes ont montré que cette évolution pouvait répondre relativement rapidement aux sollicitations du milieu. Les principaux mécanismes d'évolution, rappelés dans cette contribution, sont évoqués de manière très générique même s'ils font référence aux chênes, sur lesquels ils ont fait l'objet de travaux très intensifs. Si le changement climatique constitue effectivement un facteur sélectif très prégnant, quelle que soit l'espèce considérée, le tempo de l'évolution adaptative qui en découle variera selon les contextes démographiques, les sylvicultures et les méthodes de régénérations employées pour chaque espèce. L'exemple des chênes traité ici constitue un cadre assez général correspondant à toutes les espèces grégaires, à large taille de population, couvrant une aire de distribution relativement continue (chênes, hêtre, épicéa, pin maritime, sapins...) et renouvelées par régénération naturelle. Les espèces caractérisées par de petites tailles de populations, plus isolées génétiquement par rapport à leurs voisines, peuvent être sujettes à des effets de dérive génétique, dont l'issue peut être plus aléatoire. Enfin, l'introggression adaptative, particulièrement étudiée chez les chênes aujourd'hui, est sans doute à l'œuvre également dans d'autres genres d'arbres forestiers, pour lesquels il existe également des espèces

à tempérament méditerranéen s'hybridant avec leur congénères tempérés (sapins, pins, épicéas...).

Bibliographie

- ALEXANDRE H., TRUFFAUT L., DUCOUSSO A., LOUVET J. M., NEPVEU G., TORRES-RUIZ J. M., LAGANE F., FIRMAT C., MUSCH B., DELZON S. & KREMER A. (2019), "In situ estimation of genetic variation of functional and ecological traits in *Q. petraea* and *Q. robur*", *Tree Genetics & Genomes*, 16, p. 32.
- BRODRIBB T. J., POWERS J., COCHARD H. & CHOAT B. (2020), "Hanging by a thread? Forests and drought", *Science*, 368, pp. 261-266.
- CAIGNARD T., TRUFFAUT L., DELZON S., DENCAUSSE B., LECACHEUX L., TORRES-RUIZ J. M. & KREMER, A. (2024), "Fluctuating selection and rapid evolution of oaks during recent climatic transitions", *Plants People & Planet*, 6, pp. 221-237.
- DELATOUR C. (1983), « Les dépérissements de chênes en Europe », *Revue Forestière Française*, 35, pp. 265-282.
- DYNESIUS M. & JANSSON R. (2000), "Evolutionary consequences of changes in species' geographical distributions driven by Milankovitch climate oscillations", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97, pp. 9115-9120.
- FU R. R., ZHU Y. X., LIU Y., FENG Y., LU R. S., LI Y., LI P., KREMER A., LASCOUX M. & CHEN J. (2022), "Genome-wide analyses of introgression between two sympatric Asian oak species", *Nature Ecology & Evolution*, 6, 7, pp. 924-935
- GAILING O., HIPPA A. L., PLOMION C. & CARLSON J. E. (2021), "Oak population genomics", in RAJORA O. (ed.), *Population Genomics*, Springer.
- HIPPA A. L., MANOS P. S. & CAVENDER-BARES J. (2020), "Ascent of oaks", *Scientific American*, 323, pp. 42-49.
- JARRET P. (2004), *Chênaie atlantique*, Paris, Lavoisier.
- KREMER A., DELCAMP A., LESUR I., WAGNER S., RELLSTAB C., GUICHOUX E. & LEROY T. (2024), "Whole-genome screening for near-diagnostic genetic markers for white oak species identification in Europe", *Annals of Forest Science*, in press.
- KREMER A. & HIPPA A. L. (2020), "Oaks: an evolutionary success story", *New Phytologist*, 226, pp. 987-2011.
- KREMER A., LE CORRE V., PETIT R. J., DUCOUSSO A. & PALUMBI S. R. (2010), "Historical and contemporary dynamics of adaptive differentiation in European oaks" in DE WOODY J.A., BICKHAM J.W., MICHLER C.H., NICHOLS K.M., RHODES O.E., WOESTE K.E. (eds.), *Molecular approaches in natural resource conservation and management*, Cambridge University Press, pp. 101-122.
- KREMER A., RONCE O., ROBLEDO-ARNUNCIO J. J., GUILLAUME F., BOHRER G., NATHAN R., BRIDLE J. R., GOMULKIEWICZ R., KLEIN E. K., RITLAND K., KUPARINEN A., GERBER S. & SCHUELER S. (2012), "Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change", *Ecology Letters*, 15, pp. 378-392.
- LAZIC D., HIPPA A. L., CARLSON J. E. & GAILING O. (2021), "Use of genomic resources to assess adaptive divergence and introgression in oaks", *Forests*, 12, p. 690.
- LEPAIS O. & GERBER S. (2011), "Reproductive patterns shape introgression dynamics and species succession within the European white oak species complex", *Evolution*, 65, pp. 156-170.
- LEROY T., LOUVET J. M., LALANNE C., LE PROVOST G., LABADIE K., AURY J. M., DELZON S., PLOMION C. & KREMER A. (2020a), "Adaptive introgression as a driver of

local adaptation to climate in European white oaks”, *New Phytologist*, 226, pp. 1171-1182.

LEROY T., ROUGEMONT Q., DUPOUEY J. L., BODÉNÈS C., LALANNE C., BELSER C., LABADIE K., LE PROVOST G., AURY J. M., KREMER A. & PLOMION C. (2020b), “Massive postglacial gene flow between European white oaks uncovered genes underlying species barriers”, *New Phytologist*, 226, pp. 1183-1197.

LEROY T., ROUX C., VILLATE L., BODENES C., ROMIGUIER J., PAIVA J. A. P., DOSSAT C., AURY J. M., PLOMION C. & KREMER A. (2017), “Extensive recent secondary contacts between four European white oak species”, *New Phytologist*, 214, pp. 865-878.

MAGRI D., DI RITA F., ARANBARRI J., FLETCHER W. & GONZALEZ-SAMPERIZ P. (2017), “Quaternary disappearance of tree taxa from Southern Europe: Timing and trends”, *Quaternary Science Reviews*, 163, pp. 23-55.

MILESI P., KASTALLY C., DAUPHIN B., CERVANTES S., BAGNOLI F., BUDDE K. B., CAVERS S., FADY B., FAIVRE-RAMPANT P., GONZALEZ-MARTINEZ S. C., GRIVET D., GUGERLI F., JORGE V., LESUR-KUPIN I., OJEDA D. I., OLSSON S., OPGENOORTH L., PINOSIO S., PLOMION C., RELLSTAB C., ROGIER O., SCALABRIN S., SCOTTI I., VENDRAMIN G. G., WESTERGREEN M., LASCOUX M., GENTREECONSORTIUM&PYHÄJÄRVIT. (2023), “Resilience of genetic diversity in forest trees over the Quaternary”, *BioRxiv*, <https://doi.org/10.1101/2023.01.05.522822>

PETIT R. J., AGUINAGALDE I., DE BEAULIEU J. L., BITTKAU C., BREWER S., CHEDDADI R., ENNOS R., FINESCHI S., GRIVET D., LASCOUX M., MOHANTY A., MÜLLER-STARCK G. M., DEMESURE-MUSCH B., PALMÉ A., MARTÍN J. P., RENDELL S. & VENDRAMIN G. G. (2003), “Glacial refugia: Hotspots but not melting pots of genetic diversity”, *Science*, 300, pp. 1563-1565.

PLOMION C., AURY J. M., AMSELEM J., LEROY T., MURAT F., DUPLESSIS S., FAYE S., FRANCILLONNE N., LABADIE K., LE PROVOST G., LESUR I., BARTHOLOME J., FAIVRE-RAMPANT P., KOHLER A., LEPLÉ, J. C., CHANTRET, N., CHEN, J., DIEVART, A., ALAEITABAR, T., BARBE, V., BELSER, C., BERGES H., BODENES C., BOGEAT-TRIBOULOT M. B., BOUFFAUD M. L., BRACHI B., CHANCEREL E., COHEN D., COULOUX A., DA SILVA C., DOSSAT C., EHRENMANN F., GASPIN C., GRIMA-PETTENATI J., GUICHOUX E., HECKER A., HERRMANN S., HUGUENEY P., HUMMEL I., KLOPP C., LALANNE C., LASCOUX M., LASSERRE E., LEMAINQUE A., DESPREZ-LOUSTAU M. L., LUYTEN I., MADOU M. A., MANGENOT S., MARCHAL C., MAUMUS F., MERCIER J., MICHOTÉY C., PANAUD, O., PICAULT N., ROUHIER N., RUE O., RUSTENHOLZ C., SALIN F., SOLER M., TARKKA M., VELT A., ZANNE A. E., MARTIN F., WINCKER P., QUESNEVILLE H., KREMER A. & SALSE J. (2018), “Oak genome reveals facets of long lifespan”, *Nature Plants*, 4, pp. 440-452.

REILLY P. F., TJAHDADIA., MILLER S. L., AKEY J. M. & TUCCI S. (2022), “The contribution of Neanderthal introgression to modern human traits”, *Current Biology*, 32, pp. R970-R983.

RULL V. (2020), *Quaternary ecology, evolution and biogeographic*, Academic Press.

SALEH D., CHEN J., LEPLÉ J. C., LEROY T., TRUFFAUT L., DENCAUSSE B., LALANNE C., LABADIE K., LESUR I., BERT D., LAGANE F., MORNEAU F., AURY J. M., PLOMION C., LASCOUX M. & KREMER A. (2022), “Genome-wide evolutionary response of European oaks during the Anthropocene”, *Evolution Letters*, 6, pp. 4-20.

SUAREZ-GONZALEZ A., LEXER C. & CRONK Q. C. B. (2018), “Adaptive introgression: a plant perspective”, *Biology Letters*, 14, pp. 20170688.

SVENNING J. C. (2003), “Deterministic Plio-Pleistocene extinctions in the European cool-temperate tree flora”, *Ecology Letters*, 6, pp. 646-653.

TIMBAL J. & AUSSENAC G. (1996), “An overview of ecology and silviculture of indigenous oaks in France”, *Annals of Forest Science*, 53, pp. 649-661.

WALSH B. & LYNCH M. (2018), *Evolution and selection of quantitative traits*, Oxford, Oxford University Press.

Proposition d'un scénario de convergence offre-demande de la filière bois

Par Hughes-Marie AULANIER

Principal - Carbone 4

Et Gabriel FOLLIN-ARBELET

Chef de Projet - Carbone 4

Et, en qualité de représentants du « groupe noyau » coordinateur de la filière bois,

Maxime CHAUMET, délégué général de France Bois Forêt, et

Jean-Luc DUNOYER, directeur de projet du Comité Stratégique de Filière Bois

La forêt est un écosystème complexe avec de multiples fonctions écologiques, économiques et sociales. Cet écosystème est aujourd'hui bouleversé dans le contexte du changement climatique et de la volonté de tendre vers la neutralité carbone. Carbone 4 a accompagné la filière forêt-bois en 2023 pendant un an, en lien avec France Bois Forêt, Codifab et Copacel et avec le soutien du CSF Bois, pour construire collectivement un scénario de filière faisant face à ces défis et articulant l'offre et la demande 'bois-biomasse' pour la France métropolitaine à horizon 2050.

Ce travail en « grande filière » est inédit par l'exhaustivité de son périmètre d'analyse tout comme par la mobilisation de l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur forêt-bois. Le scénario de convergence qui en découle permet ainsi de structurer une vision fédératrice pour l'avenir de la filière. Il trace un chemin de crête à emprunter, exigeant par les multiples transformations qu'il nécessite pour arriver à bon port, mais cohérent quant à la contribution de la filière à l'économie nationale, à l'emploi et à l'atteinte de la neutralité carbone et ainsi porteur de sens pour tous ses acteurs, de l'amont à l'aval.

Introduction

La forêt est un écosystème complexe avec de multiples fonctions écologiques, économiques et sociales. Cet écosystème est aujourd'hui bouleversé dans le contexte du changement climatique et de la volonté de tendre vers la neutralité carbone.

De nombreuses questions émergent alors : quelle évolution de la forêt dans un contexte d'aggravation des impacts du changement climatique ? Quels impacts de cette évolution sur le stockage de carbone en forêt et la production de bois ? Comment la gestion forestière doit-elle évoluer pour viser l'adaptation de la forêt au changement climatique ? Comment sont structurés et articulés les flux physiques de la filière forêt-bois ? Quelles évolutions de la demande en bois, matériau qui contribue à la décarbonation d'autres secteurs ? Quelles conditions permettent un bouclage entre la demande et la ressource en bois projetées ? Quelle contribution alors de la filière forêt-bois à la neutralité carbone *via* ce scénario de convergence ?

Carbone 4 a accompagné la filière forêt-bois en 2023 pendant un an, en lien avec France Bois Forêt,

Codifab et Copacel et avec le soutien du CSF Bois, pour construire collectivement un scénario de filière articulant l'offre et la demande 'bois-biomasse' pour la France métropolitaine à horizon 2050.

La démarche a consisté tout d'abord à reconstruire les flux physiques de la filière pour l'année 2019. En parallèle, différentes évolutions possibles de la demande ont été quantifiées, dans deux scénarios contrastés tous deux compatibles avec l'Accord de Paris. La récolte et son évolution ont été également modélisées dans le contexte du changement climatique, en se fondant sur le travail conduit dans le même calendrier par IGN-FCBA sur ce sujet. Enfin, la dernière étape a consisté à construire un outil de simulation permettant d'identifier des scénarios de convergence entre offre et demande à horizon 2030, 2040 et 2050, et les conditions permettant cette convergence.

Les choix de modélisation proposés pour permettre la convergence offre/demande visent à mobiliser la filière de façon pertinente et équilibrée quant à la structure de ses flux, mais également dans son rôle pour la séquestration carbone et la décarbonation d'autres industries, tout en privilégiant les usages du bois/biomasse générant la

plus grande création de valeur ajoutée et d'emplois. Des conditions de succès du scénario de convergence ont pu être identifiées au cours de ce travail.

Cette étude ne couvre cependant pas toute la complexité des enjeux autour de la forêt, qui rend une multitude de services écosystémiques comme le maintien de la biodiversité ou la protection des sols.

Ce travail en « grande filière » est inédit par l'exhaustivité de son périmètre d'analyse tout comme par la mobilisation de l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur forêt-bois. Le scénario de convergence qui en découle permet ainsi de structurer une vision fédératrice pour l'avenir de la filière. Il trace un chemin de crête à emprunter, exigeant par les multiples transformations qu'il nécessite pour arriver à bon port, mais cohérent quant à la contribution de la filière à l'économie nationale, à l'emploi et à l'atteinte de la neutralité carbone et ainsi porteur de sens pour tous ses acteurs, de l'amont à l'aval.

La filière forêt-bois en 2019 - état des lieux

La première étape de cet exercice de modélisation et de prospective a été d'établir un point de départ solide du bouclage bois-biomasse actuel (une « baseline »). L'articulation de l'ensemble des flux de la filière bois a demandé un travail minutieux et très approfondi avec les organisations professionnelles de la filière en raison de sa complexité :

- lors de la récolte avec un grand nombre de types de bois et d'essence, de qualité et de structure variées. Cette récolte est caractérisée de manière simplifiée à partir des données IGN en Bois d'Œuvre (BO) d'un côté, et Bois Industrie/Bois-Énergie (BIBE) de l'autre ;
- lors de la transformation avec plusieurs étapes impliquant des rendements de transformation, des connexes de scierie, de l'autoconsommation, et des imports-exports à tous les niveaux (ressource brute, semi-transformée ou produits finis) ;

- lors de la consommation avec de nombreux marchés de demande dont les principaux sont : la construction-rénovation, les emballages-bois (palettes), l'ameublement, le papier-carton, et le bois-énergie.

La représentation des flux de la filière (voir Figure 2 page suivante) a été réalisée à travers un diagramme de Sankey disponible en ligne : <https://terriflux.com/portfolios/EtudeCarbone4/index.html>

De manière agrégée, la consommation française est évaluée à 78 Mm³ Bois-Rond-Sur-Écorce (BRSE) en 2019, et est alimentée par : une récolte de 52 Mm³ en forêt et 4 Mm³ hors-forêt, un solde imports-exports de 5 Mm³ éq. BRSE, et 17 Mm³ éq. BRSE de produits bois en fin de vie.

Évolution de la demande dans le contexte de la transformation bas-carbone de l'économie

La seconde étape du travail a consisté à projeter la demande de produits bois en France à l'horizon 2030 et 2050 dans le contexte de la transformation bas-carbone de l'économie. L'avenir n'étant pas encore écrit, Carbone 4 a adopté une démarche prospective consistant à modéliser l'évolution de cette demande dans deux scénarios contrastés, tous deux compatibles avec l'Accord de Paris et l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 :

- un scénario Pro-techno, représentant une transition fondée principalement sur des innovations technologiques qui alimentent la croissance du PIB tout en réduisant significativement les impacts sur l'environnement ;
- un scénario Sobriété, représentant une transition fondée principalement sur la résilience, grâce à des changements de comportements et modes de vies axés sur de nouveaux objectifs de prospérité.

Ces scénarios de demande sont différenciés pour chaque marché final de la filière : construction/rénovation, ameublement, emballage bois, papier/carton, énergie.

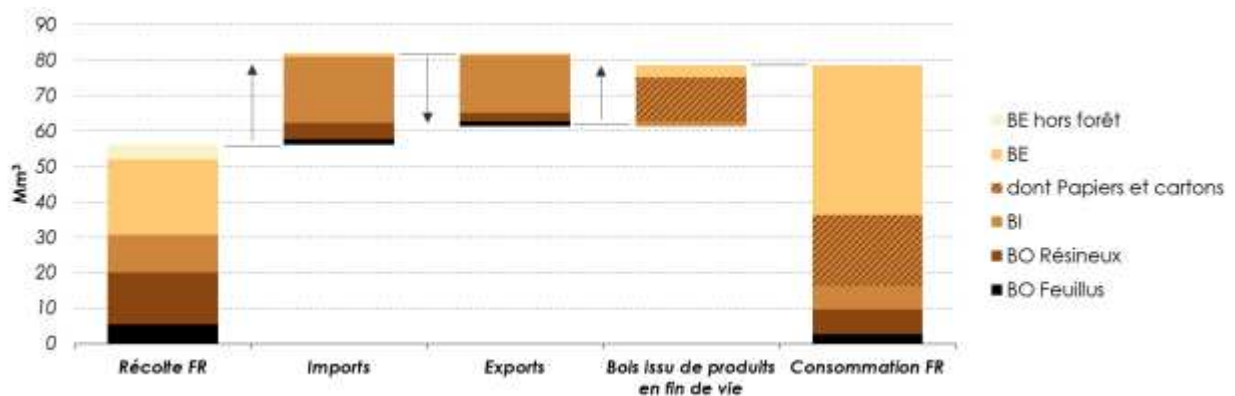


Figure 1 : Flux de la filière en 2019 de la récolte à la consommation en Mm³ éq. BRSE (Source : Carbone 4).

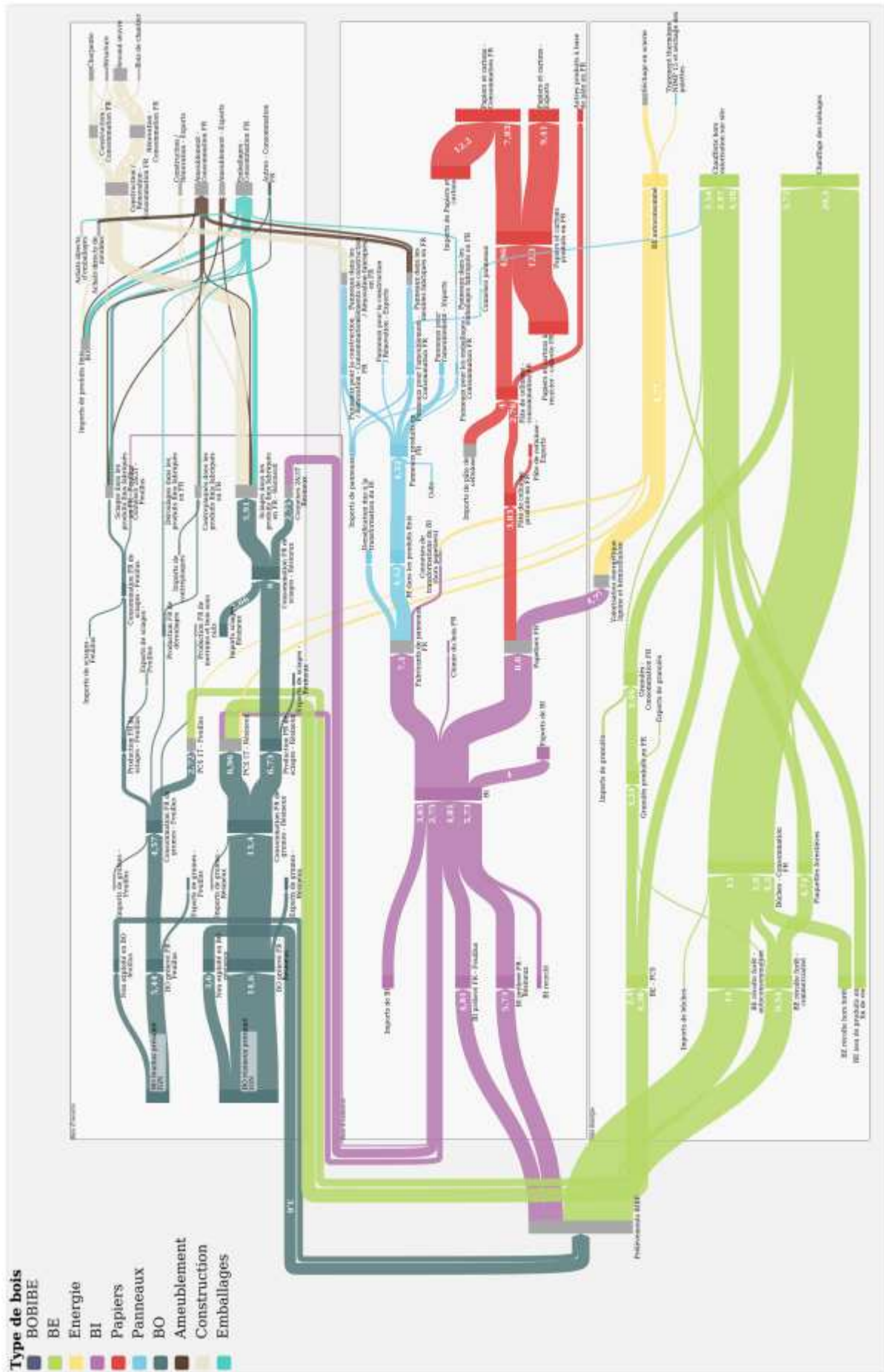


Figure 2 : Diagramme de Sankey représentant les flux de la filière bois (Source : Carbone 4 – © Terriflux - Tous droits réservés).

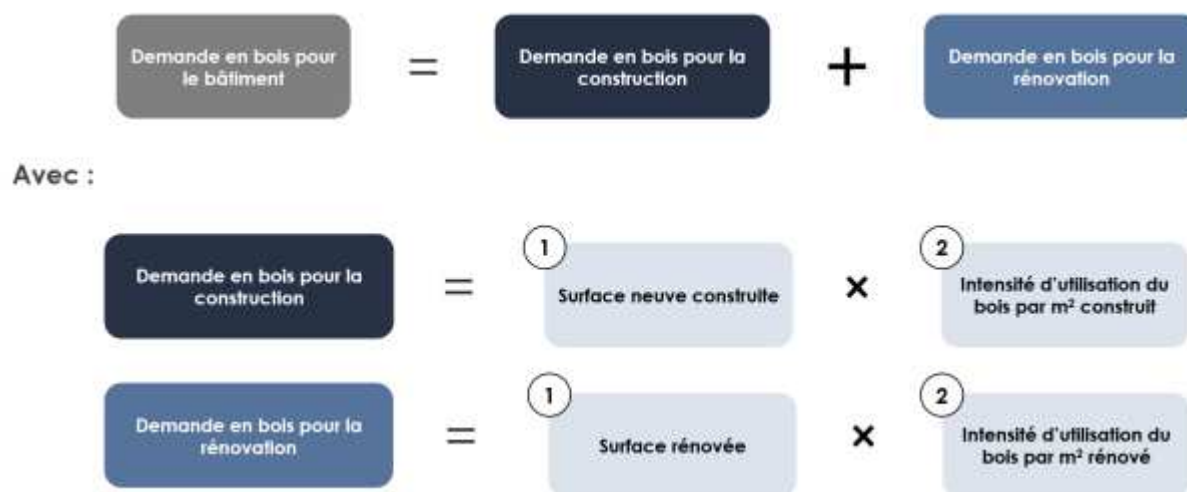


Figure 3 : Méthode de modélisation pour la construction/rénovation (Source : Carbone 4).

La méthode de modélisation est fondée sur l'évolution des flux physiques qui appellent des produits-bois sous contrainte de respect du budget carbone (*i.e.* du cumul des émissions de GES du secteur entre 2019 et 2050). Par exemple pour la construction/rénovation (*cf.* Figure 3).

Pour chacun des deux paramètres (surface construite ou rénovée et intensité d'utilisation du bois), des hypothèses contrastées sont produites pour chacun des scénarios, cohérentes avec l'économie décrite.

Cette approche est déclinée pour chaque secteur de demande de produits bois.

En synthèse, dans le scénario Pro-techno, la consommation française de produits bois est globalement stable en 2050 par rapport à 2019 (à 78 Mm³ éq. BRSE) alors qu'elle augmente d'environ 14 Mm³ en 2050, tirée par la construction-rénovation, dans le scénario Sobriété retenu par la filière.

Les points suivants sont également à noter :

- l'augmentation de l'autoconsommation d'énergie de la filière au service de la compétitivité et l'orientation vers des produits à durée de vie longue se traduit par un quasi-doublement de la consommation de bois-énergie pour cet usage (+ 7 Mm³) ;
- les scénarios prennent en compte les imports-exports : les trajectoires d'imports-exports évoluent avec une balance matière de la filière légèrement exportatrice nette en 2050 (+ 0,5 Mm³ éq. BRSE) dans le scénario Sobriété et Pro-techno, contre une balance importatrice nette de 5 Mm³ éq. BRSE en 2019 ;
- la demande en biocarburant liquide (pouvant atteindre 21 Mm³ en hypothèse haute) est exclue des scénarios étudiés, car très bas dans l'ordre de mérite produit par le Secrétariat général à la planification écologique et facteur, si incluse, de déstabilisation

totale de l'équilibre des flux physiques BO, BI et BE de la filière.

Évolution de l'offre dans le contexte du changement climatique

La troisième étape de ce travail a consisté à développer des scénarios d'offre de bois, et s'est basée sur les données de modélisation de l'étude menée en parallèle par l'IGN en 2023. 36 projections ont été réalisées en croisant 3 scénarios climatiques, 6 scénarios de récolte et 2 scénarios de reboisement. Les enjeux, impacts et besoins de ces scénarios ont été analysés et discutés en atelier, et le scénario suivant a été retenu pour cette étude :

- des impacts du changement climatique croissants mais restant modérés, avec une hausse de la mortalité et une diminution de l'accroissement selon des vagues de crise, placées de manière arbitraire sur les périodes 2020-2025 et 2040-2045 ;
- une hausse des prélèvements d'environ 10 Mm³ d'ici 2035 (de 52 à 63 Mm³) ;
- un scénario de reboisement aligné avec les objectifs de planification écologique de 600 000 ha d'ici 2035.

Dans ce scénario, la récolte augmente puis se stabilise à partir de 2030-2035, mais avec une variabilité accrue au sein de cette récolte, dans la répartition entre BO et BIBE, au sein des essences prélevées, ou dans la part de prélèvements accidentels. Cette forte variabilité consécutive à l'impact du changement climatique induit des transformations nécessaires au niveau de la récolte, et à tous les niveaux de la filière bois.

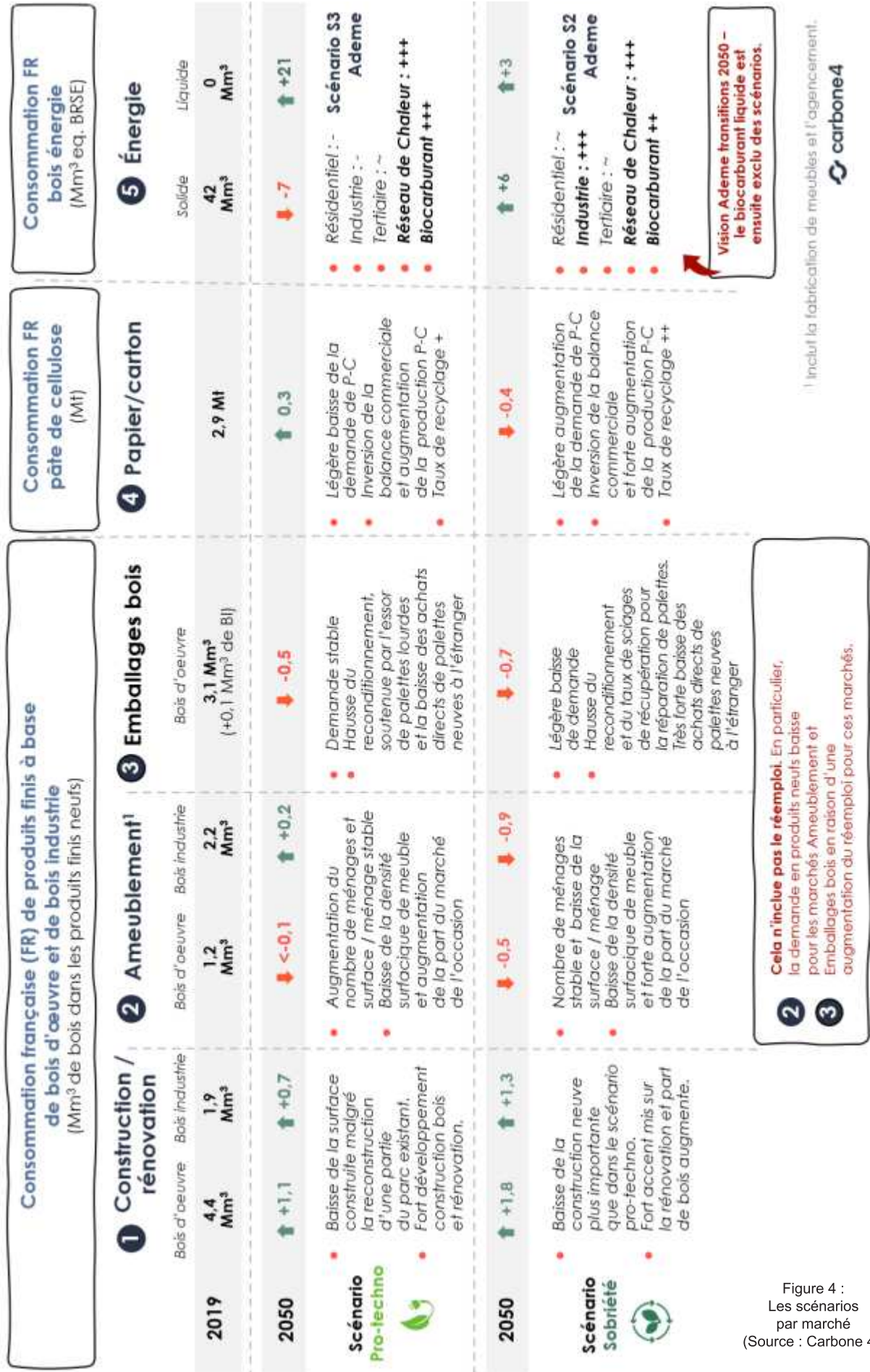


Figure 4 : Les scénarios par marché (Source : Carbone 4).

Dans ce scénario de changement climatique et de récolte, le puits forestier¹ est nettement affaibli et évalué à 12 MtCO₂/an en moyenne sur la période 2020-2050, ce qui est largement inférieur aux objectifs de la 2^e Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC 2) de 35 MtCO₂/an (en cours de réévaluation dans le cadre de la future Stratégie Française Énergie Climat). La dégradation de l'état de santé de la forêt pourrait de plus être plus forte et plus rapide que le scénario retenu car les stocks actuels historiquement élevés et mal adaptés au climat futur sont particulièrement exposés au risque de dépérissement. Avec les hypothèses utilisées pour la modélisation, la forêt pourrait devenir émettrice nette, en période de crise (2040-2045 dans la modélisation).

Production d'un scénario de convergence

Méthode employée pour opérer la convergence : développement d'un outil de modélisation et mise en place d'un processus participatif visant la convergence

La construction d'un scénario de convergence a constitué la dernière étape de ce travail de prospective, en visant à réconcilier les différents scénarios d'offre et de demande jusqu'à 2050. Pour ce faire, un outil de modélisation a été conçu visant à reproduire au cours du temps l'ensemble des flux de la filière depuis la récolte jusqu'aux différents marchés de demande. Cet outil permet, en fonction de différents paramètres de modélisation, d'évaluer la capacité à satisfaire des objectifs de demande dans les différents marchés. De nombreuses combinaisons de scénarios de récolte, d'imports-exports et d'objectifs de demande ont été simulées et discutées avec l'ensemble de la filière en bilatéral ainsi que durant une journée d'atelier, pour évaluer les tenants et aboutissants de chaque scénario et identifier les paramètres susceptibles d'aboutir à une convergence entre offre et demande. C'est à ce titre que le scénario de climat et récolte présenté dans la partie précédente a été retenu et que le scénario sobriété a été sélectionné avec ses projections de demande et d'imports-exports par marché associées. Ces choix réalisés par la filière avaient pour objectif de chercher un équilibre complexe entre les différents objectifs de contribution à la neutralité carbone de la filière : usage du bois pour la décarbonation de l'économie, stockage dans les produits bois à longue durée de vie, et séquestration dans la biomasse forestière.

Résultats

Le scénario de convergence construit avec les acteurs de la filière a finalement permis de réaliser un bouclage bois-biomasse en 2050 en mettant en évidence une transformation en profondeur de la filière, qui se traduit

¹ Le puits forestier est défini comme l'accroissement biologique net de la biomasse forestière, c'est-à-dire la différence entre la croissance biologique brute (le flux entrant), et la récolte et la mortalité (le flux sortant). Voir l'article dédié à ce sujet.

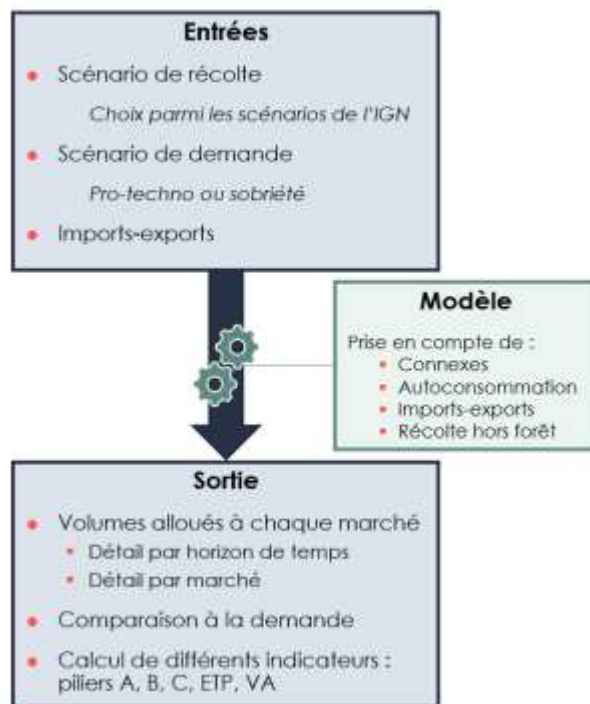


Figure 5 : Scénario de convergence (Source : Carbone 4).

par des objectifs forts sur certains paramètres de la modélisation :

- une augmentation de la récolte de l'ordre de 10 Mm³/an supplémentaire d'ici 2030, due notamment à une augmentation des coupes sanitaires préventives et des prélèvements accidentels ;
- un fléchage prioritaire vers les produits à longue durée de vie (en particulier pour la construction et l'ameublement), avec une récolte plus importante de bois de qualité bois d'œuvre ;
- le développement de la fonctionnalité ; du recyclage, avec une mobilisation et valorisation accrue des produits bois en fin de vie ; et du réemploi, notamment pour l'ameublement et les emballages bois ;
- la maîtrise de l'augmentation de la consommation de bois-énergie évaluée à environ 14 Mm³/an, avec une priorité d'usage pour l'autoconsommation de la filière (7 Mm³ additionnels pour le séchage), et l'exclusion du développement du bois-énergie liquide.

Le scénario de convergence représenté ci-dessous met ainsi en lumière la possible articulation entre offre et demande d'ici à 2050 sous réserve des transformations présentées ci-dessus. La récolte de 63 Mm³ en forêt et 4 Mm³ hors forêt, un solde import-export globalement à l'équilibre, et les 24 Mm³ éq. BRSE de bois issu de produits en fin de vie répondent ainsi à une demande évaluée à 92 Mm³ éq. BRSE en 2050. La déformation de l'ensemble des flux de la filière pour répondre à cette transformation est visible sur le diagramme de Sankey complet de la filière bois à horizon 2050 accessible au même lien cité précédemment.

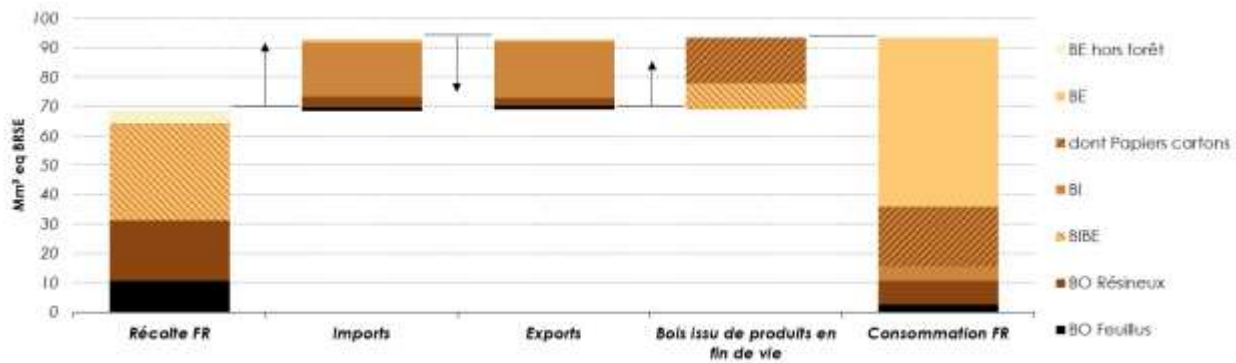


Figure 6 : Flux de la filière en 2050 de la récolte à la consommation en Mm³ eq. BRSE (Source : Carbone 4).

Conclusion

La mise en œuvre du scénario de convergence construit avec les acteurs de la filière forêt-bois implique des transformations majeures à tous les maillons de la chaîne de valeur.

Concernant la gestion sylvicole

L'adaptation des forêts françaises à l'évolution du climat doit être impérativement menée de manière active et résiliente pour gérer le risque d'un déstockage massif de carbone sous les effets du changement climatique. Ceci en développant une surveillance active de la santé des forêts. Et l'augmentation de la récolte demande d'accompagner les méthodes de travaux en forêt, afin de conserver la multifonctionnalité des écosystèmes et préserver les sols forestiers, pour leur capital productif et leur stock de carbone.

Le puits de carbone forestier sera fortement impacté par l'évolution du climat et est évalué à 12 MtCO₂/an en moyenne sur la période 2020-2050 dans le scénario retenu (vs. 35 MtCO₂/an dans la SNBC 2).

Concernant la récolte

L'augmentation progressive et mesurée de la récolte (+ 10 Mm³ supplémentaires par an d'ici 2035, soit + 20 % vs. 2019) demande de mobiliser en priorité les forêts privées peu ou pas gérées à travers une dynamisation progressive et adaptée au changement climatique. Cette mise en gestion permettrait de plus d'adapter ces forêts aux bouleversements climatiques sans attendre les dépérissements.

La variabilité de la récolte induite par les crises climatiques successives nécessite une adaptation de la gestion forestière pour avoir les moyens de récolter et de valoriser le bois de crise de manière agile. Ainsi, prélever rapidement les bois dépérissants avant qu'ils ne soient morts est clé pour préserver leur qualité et les valoriser au maximum vers un usage matière et non énergie. Le développement de capacités de stockage s'avère également clé.

Concernant les acteurs de la transformation

L'atteinte de la neutralité carbone et la capacité à satisfaire la demande des différents marchés nécessitent d'articuler la ressource de bois autour des usages matière BO et BI et notamment ceux à longue durée de vie (construction et ameublement) et simultanément développer la valorisation matière des bois en fin de vie. Les signaux économiques de marchés actuels ne sont pas suffisants pour garantir ce bon fléchage et des mécanismes financiers d'incitation et/ou de réglementation du marché sont à construire en ce sens.

La variabilité prévisible de la qualité des bois demandera des innovations et un accompagnement plus fin de la filière pour optimiser les volumes traités dans la filière comme bois d'œuvre ou bois d'industrie. Cet enjeu est particulièrement prégnant pour le bois dépérissant ou les bois de crise dont le risque est qu'ils soient massivement utilisés sous forme de bois-énergie.

Concernant la demande

Des investissements et des innovations technologiques et comportementales sur l'intégration, le tri et la valorisation des déchets bois pourraient permettre d'augmenter la ressource totale disponible jusqu'à l'équivalent de plusieurs millions de mètres cube de façon complémentaire à l'augmentation de la récolte.

Une bonne articulation des flux de la filière est nécessaire pour la satisfaction des différents marchés et l'équilibre de la filière. Une priorisation stricte parmi les usages du bois-énergie *via* des mécanismes à imaginer (par exemple vis-à-vis de nouveaux usages) est indispensable pour la satisfaction des autres marchés, prioritaires au vu de leur contribution au stockage dans les produits bois.

Concernant la neutralité carbone

Enfin, ce scénario de convergence permet de maximiser la contribution de la filière à l'atteinte de la neutralité carbone. Malgré la hausse d'activité, les émissions induites sont stables et pourraient même diminuer en activant des leviers de décarbonation sur la gestion sylvicole et le transport. La compétitivité carbone du maté-

riau bois reste meilleure que ses concurrents (béton acier pour la construction par ailleurs) et permet donc la décarbonation des activités de ses clients. Enfin, le stockage dans les produits bois est fortement accru, sans compter la préservation d'un puits forestier via l'adaptation de la forêt au changement climatique. Ce scénario est également le mieux disant d'un point de la valeur ajoutée en France et des emplois, car le fléchage de la récolte vers des usages matières dirige le bois vers les secteurs les plus créateurs de valeur ajoutée et d'emploi. En 2050, la balance commerciale deviendrait également positive.

Un chemin de crête peut donc être ainsi tracé pour la filière forêt-bois quant à sa pertinence dans un monde bas-carbone et sa résilience dans le contexte du changement climatique. Chemin créateur de sens, mais qui implique de nombreux défis à relever, et où les acteurs de la filière, les pouvoirs publics et la société doivent se mobiliser. La prochaine étape consiste désormais à décliner ce chemin en plans d'actions clairs pour chacun, afin que cette mobilisation puisse prendre effet et se structurer efficacement.

Les auteurs tiennent à remercier les personnes de Carbone 4 qui ont contribué à ce travail et sans qui la rédaction de cet article n'aurait pas été possible : Julie Daunay, Alexandre Huon de Kermadec, Bastien Nossek, Antoine Crépel, Juliette Noirot, Marine Decuypère, Léa Prunier, Aude Gadenne, Pierre Maquet, Benjamin Paulmier, Guillaume Planchon et Apolline Riet, ainsi que l'ensemble des personnes des organisations professionnelles de la filière ayant participé à ce travail.

Construire et rénover l'habitat avec le bois

Par Dominique COTTINEAU

Délégué général de l'Union des Industriels et Constructeurs Bois (UICB)

Et Nicolas DOUZAIN-DIDIER

Délégué général de la Fédération Nationale du Bois (FNB)

Le bois a une longue histoire dans la construction, et possède de nombreux atouts pour redevenir incontournable : seul matériau naturel et renouvelable, il répond aux objectifs de neutralité carbone que la France s'est fixés dans le cadre de sa Stratégie Nationale Bas Carbone et de ses différentes échéances. Le marché du logement connaît une mutation sans précédent ces dernières années, que ce soit en maison individuelle ou en immeubles d'habitation, dans le neuf comme en rénovation. Les aspirations des citoyens tendent à favoriser un environnement sain pour les occupants du bâtiment et respectueux de la planète, et la massification de la construction bois répond à ces nouveaux besoins. L'Union des Industriels et Constructeurs Bois (UICB) et la Fédération Nationale du Bois (FNB) font le tour d'horizon des solutions constructives bois et de leurs avantages.

Redécouvrir les atouts du bois dans la construction

Le retour d'un matériau traditionnel

Dans l'histoire, le bois a toujours fait partie, avec la pierre de taille, des matériaux de construction les plus utilisés. La révolution industrielle au XIX^e siècle a vu émerger l'acier, le XX^e siècle aura connu l'hégémonie du béton. On mesure l'ampleur du retournement de tendance en constatant que lorsqu'on parle aujourd'hui de « construction traditionnelle » pour évoquer le bloc de béton maçonné, il s'agit en réalité d'un abus de langage puisque le parpaing était très peu utilisé avant les années 1950.

Face à l'acier et au béton, matériaux émergents qui permettaient soudain de nouvelles audaces architecturales, le bois s'est peu à peu retrouvé cantonné dans des projets haut de gamme : soit que le maître d'ouvrage fasse le choix du bois pour ses atouts écologiques, son aspect traditionnel et son côté rassurant, soit que l'architecte propose à son client fortuné un projet en bois pour se démarquer de l'offre du moment. Aujourd'hui encore, les magazines d'architecture font la part belle aux réalisations de villas où le bois est synonyme d'authenticité et de luxe.

Le matériau bois véhicule encore aujourd'hui un *a priori* sur les surcoûts qu'il engendrerait. Mais en comparant des projets de gamme équivalente, la différence de coût entre une construction bois et les autres systèmes constructifs n'est pas significative. Et la montée en puissance du bois avec l'entrée en vigueur de la réglementation environnementale RE2020 permet des

économies d'échelle et une réduction des coûts de fabrication.

La RE2020 remet le bois sur le devant de la scène

Cette réglementation environnementale 2020, entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2022, impose à toutes les constructions neuves, en premier lieu aux bâtiments neufs à usage d'habitation, le respect de niveaux de performances énergétiques et environnementales, en phase avec l'objectif de neutralité carbone que la France s'est fixé pour l'horizon 2050.

Cette RE2020 constitue une véritable rupture au regard de toutes les réglementations thermiques depuis 1974 : les concepteurs et constructeurs doivent maintenant prendre en considération le bilan carbone global de la construction et travailler sur l'optimisation des matériaux du bâtiment, tout au long de leur cycle de vie.

La RE2020 contient un volet d'encadrement des niveaux de poids carbone de la construction dans tout son cycle de vie, en plus d'un volet sur la maîtrise énergétique. Elle poursuit ainsi trois objectifs principaux :

- réduire et encadrer l'impact carbone de la construction des bâtiments ;
- prioriser la sobriété énergétique et la décarbonation de l'énergie ;
- maîtriser le confort des bâtiments en cas de forte chaleur.

La RE2020 affirme la volonté des pouvoirs publics de réduire et encadrer l'impact carbone de la construction de bâtiments. L'indice carbone construction

Usage de la partie de bâtiment	Valeur de $I_{\text{construction_maxmoyen}}$			
	2022 à 2024	2024 à 2027	2028 à 2030	A partir de 2031
Maisons individuelles ou accolées	640 kq éq. CO ₂ /m ²	530 kq éq. CO ₂ /m ²	475 kq éq. CO ₂ /m ²	415 kq éq. CO ₂ /m ²
Logements collectifs	740 kq éq. CO ₂ /m ²	650 kq éq. CO ₂ /m ²	580 kq éq. CO ₂ /m ²	490 kq éq. CO ₂ /m ²
Bureaux	980 kq éq. CO ₂ /m ²	810 kq éq. CO ₂ /m ²	710 kq éq. CO ₂ /m ²	600 kq éq. CO ₂ /m ²
Enseignement primaire ou secondaire	900 kq éq. CO ₂ /m ²	770 kq éq. CO ₂ /m ²	680 kq éq. CO ₂ /m ²	590 kq éq. CO ₂ /m ²

Tableau 1 : Valeurs du coefficient $I_{\text{construction_maxmoyen}}$ en fonction de l'usage de la partie de bâtiment et de l'année à laquelle la demande de permis de construire correspondante est déposée (Source : code de la construction et de l'habitation).

$I_{\text{construction}}$ fixe des plafonds successifs d'émissions de gaz à effet de serre que les bâtiments ne devront pas dépasser, d'ici à 2031 (cf. Tableau 1).

La RE2020 introduit une évolution méthodologique majeure : l'ACV¹ dynamique. Cette analyse prend en compte l'impact carbone sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, depuis la fabrication des matériaux jusqu'à la déconstruction. Cette méthode dynamique prend en compte la temporalité des impacts environnementaux (émission et stockage). Schématiquement, elle donne donc plus de poids au CO₂ émis à la fabrication d'un matériau, et permet de mieux valoriser le stockage carbone ainsi que l'absence d'émission par la biomasse.

Le confort dans un logement en bois : de la difficulté d'objectiver le bien-être des habitants

Qualité de l'air, hygiène, taux d'humidité, variations des températures, et même le toucher et la sensation des matériaux qui nous entourent : tous ces aspects ont un impact sur la qualité de vie des occupants d'un logement. Depuis une vingtaine d'années, universitaires et chercheurs du monde entier se penchent sur les potentiels bienfaits d'un environnement bois. De manière empirique, on sait que les professionnels de santé intervenant en établissements psychiatriques ayant fait le choix du bois, constatent le meilleur état général de leurs patients.

De plus en plus de preuves indiquent que le bois a des effets bénéfiques sur presque tous les aspects du climat intérieur. Il aide à réduire le stress, la tension artérielle et le rythme cardiaque, tout en stimulant la créativité et la productivité sur le lieu de travail. L'élimination des virus et bactéries semble se faire plus rapidement sur des surfaces en bois. Le bois peut permettre le renforcement du système immunitaire. Il est également un élément important de ce que l'on appelle la conception biophilique, liée à notre désir de connexion à l'environnement naturel.

En 2021, une équipe de recherche du Comité sur la construction de bâtiments et structures en bois de l'Université technique de Munich a réalisé une analyse documentaire, rassemblant les résultats de recherches scientifiques existants et disponibles sur le sujet. Leurs conclusions comprennent 116 articles et publications émanant de différentes sources (bases de données d'articles scientifiques, portails scientifiques, Google Scholar, recherches internet généralistes). De la même façon, le Comité Professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois (CODIFAB) a financé en 2020 le projet IMPACTs, une étude sur les effets d'un environnement bois sur l'occupant. Cette étude a permis d'organiser une série d'ateliers montrant pourquoi et comment l'exposition aux espaces intégrant le bois génère des impacts positifs d'un point de vue sensoriel et perceptif (conforts acoustique, thermique et hygrothermique, visuel, olfactif, tactile). Ces confort sont induits par des qualités intrinsèques au bois ou à chaque essence (caractéristiques physiques, profils chimiques, couleurs, textures).

Mais d'un point de vue scientifique, la recherche manque encore d'indicateurs partagés et d'une masse suffisante de données à traiter pour qualifier et quantifier les effets positifs offerts par un environnement bois.

Construire le logement de demain avec le bois

Accéder à la propriété individuelle : la fin d'un rêve ?

Ce savoir empirique, qui fait du bois un matériau noble grâce auquel le confort des habitants se trouve augmenté, n'est sans doute pas totalement étranger à la volonté de nombreux citoyens de vivre dans une maison en bois. La prise de conscience qu'une maison en bois permet de stocker du carbone, et participe donc à la lutte contre le changement climatique, constitue également un argument de poids contre lequel les *a priori* sur le surcoût pèsent de moins en moins. Tout comme pèse de moins en moins dans l'inconscient collectif, l'histoire « des trois petits cochons », selon laquelle une maison en bois serait moins résistante qu'une maison en briques...

¹ Analyse de cycle de vie.

Les systèmes constructifs adaptés à la maison individuelle ont prouvé depuis plusieurs siècles leur efficacité, le savoir-faire des entreprises de construction est appuyé par un ensemble normatif et sécuritaire qui assure la qualité constante et l'assurabilité de leurs ouvrages.

L'épidémie de Covid-19 avait suscité parmi les particuliers une nouvelle envie pour la propriété individuelle. Mais depuis, les crises s'enchaînent : guerre en Ukraine, augmentation des prix des matières premières et de l'énergie, hausse des prix, effondrement du marché de l'immobilier... Si bien que l'effet attendu de la RE2020 en faveur de la construction bois se fait encore attendre. D'autant qu'il faut ajouter à cela la volonté des pouvoirs publics de stopper l'extension des aires urbaines, avec la loi dite « zéro artificialisation nette ».

Le logement collectif se tourne vers la construction bois

Les atouts du bois se concentrent donc actuellement sur d'autres secteurs de construction, et notamment dans le logement collectif. Impliqués par essence dans des projets de construction vertueux, les bailleurs sociaux ont depuis longtemps fait le choix du bois.

Les acteurs publics font aussi partie des acteurs impliqués fortement dans la construction bas carbone. Ainsi Epamarne, chargé de l'aménagement de l'agglomération de Marne-la-Vallée, a fait le choix conscient en 2020 d'imposer au moins 30 % d'immeubles d'habitation en bois dans ses programmes immobiliers.

Ces initiatives ont permis de défricher le terrain pour les promoteurs privés, autrefois frileux quant à l'idée d'utiliser un matériau qu'ils ne maîtrisaient pas. Car si le bois n'occasionne pas de surcoût particulier, c'est à condition de rompre avec les habitudes du passé : un projet immobilier intégrant le bois nécessite une phase d'étude plus poussée et très précise, au risque de devoir tout reprendre en cours de chantier. La promotion immobilière a donc pu profiter de la montée en expertise des aménageurs publics et des bailleurs sociaux, et lance à présent d'ambitieux projets qui n'auraient pas pu voir le jour il y a quelques années, leur modèle économique n'étant pas encore assuré.

Systèmes constructifs bois et mixité des matériaux

« Que ce soit dans la réhabilitation, la rénovation lourde ou le neuf, le bois s'adapte aux multiples contraintes. Le bois n'est plus un matériau réservé à des projets élitistes ou militants, il répond à un éventail de possibilités notamment grâce au développement d'une production industrialisée ». La présidente du Conseil National de l'Ordre des Architectes, Christine Leconte, reconnaît les atouts d'un matériau pertinent à très grande échelle.

Les systèmes constructifs à base de bois sont aujourd'hui bien connus et reposent sur des produits de structure dont la production s'est standardisée grâce à des process de fabrication industrialisée : l'ossature bois allie la souplesse d'usage de la petite section bois

aux panneaux de particules ou OSB² pour la réalisation de murs porteurs ou de façades ; la charpente, traditionnelle ou fermette, a adopté la préfabrication ; la poutre en I apporte une économie de matière et une légèreté indispensables sur de nombreux chantiers ; les bois techniques tels que les bois lamellés, le bois massif reconstitué (BMR), le bois lamellé croisé (CLT) ou le lamibois³ ont conquis le cœur de beaucoup d'architectes, qui les privilégient pour leurs projets de grande envergure.

Les produits de structure bois permettent un mariage avec le béton et l'acier, dans une mixité des matériaux qui apportent leurs atouts cumulés au bâtiment : un noyau béton armé permet le contreventement et assure le coupe-feu nécessaire aux évacuations, un plancher connecté bois/béton réduit les portées de bois et allège les sections, la mixité bois/béton apporte des solutions pour la recherche de masse répondant aux sollicitations du vent ou aux exigences thermiques, le mariage avec l'acier assure la légèreté nécessaire aux structures fines, etc.

En favorisant la mise en œuvre du bon matériau au bon endroit, les maîtres d'œuvre réduisent les quantités de matières utilisées et garantissent une nécessaire frugalité du bâti.

Focus sur la rénovation

Extension et surélévation

La préfabrication constitue l'un des atouts majeurs du bois. De l'atelier d'artisan au site industriel, la fabrication hors site permet de réduire les nuisances sur les chantiers : moins de camions qui encombreront les rues, des chantiers qui durent moins longtemps et sans dégagement de poussières minérales. À tel point que sur certains chantiers de surélévation d'immeubles, les habitants peuvent rester dans leurs logements durant les travaux.

Il en va de même pour la maison individuelle : l'ajout d'une pièce à vivre gagnée sur le jardin ou d'un étage supplémentaire est souvent facilité par la légèreté du matériau bois.

Isolation

Grâce au système des façades préfabriquées, l'ossature bois est le compagnon idéal des grands projets de rénovation visant à améliorer la performance thermique des logements. De nombreuses résidences étudiantes, des immeubles de logement social comme du parc privé connaissent une nouvelle jeunesse grâce à la pose de façades préfabriquées en bois, avec menuiseries intégrées, qui apporteront une meilleure isolation globale au logement.

² L'acronyme OSB signifie "Oriented Strand Board", soit en français « Panneau de lamelles orientées ». L'OSB est un matériau qui résulte de l'assemblage de plusieurs lamelles de bois sous formes de couches successives fortement compressées puis encollées à l'aide de liants.

³ Le lamibois est un matériau composite constitué de couches de placage de bois stratifié avec un adhésif.

Par ailleurs, l'association du bois avec les autres matériaux biosourcés prend tout son sens avec l'obligation de décarbonation de l'acte de construire. La fibre de bois, la ouate de cellulose, le chanvre, la paille et les autres fibres végétales peuvent apporter en isolation une triple réponse aux attentes pour une construction vertueuse : faible impact environnemental, performance technique et confort augmenté pour l'utilisateur.

Bibliographie

AUBIN P., LEBANNIER D., LEMERLE T. & GOUX P. (2023), « Guide pratique Confort d'été des constructions bois en RE2020, Logements collectifs et maisons individuelles », guide pratique édité par le CODIFAB, <https://www.codifab.fr/actions-collectives/confort-dete-des-constructions-bois-en-re2020>

AVIAT F. & LELOY C. (2021), « Synthèse de l'étude IMPACTs, Effets d'un environnement bois sur l'occupant », publication éditée par le CODIFAB, <https://www.codifab.fr/actions-collectives/les-effets-dun-environnement-bois-sur-le-confort-le-bien-etre-et-la-sante-de-loccupant>

CABASSUD N. (2024), « Guide RE2020, Éco-construire pour le confort de tous », janvier 2024, ministère de la Transition écologique – Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement CEREMA, <https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/accompagnement-des-acteurs-quels-outils-queles-a545.html>

CTB (2021), « Solutions structure, Les composants industrialisés en bois », tiré-à-part des *Cahiers Techniques du Bâtiment*, n°397, juin-juillet 2021, <https://www.codifab.fr/actions-collectives/solutions-structure-les-composants-industrialises-en-bois>

FLAMAND V. (2022), *Mixité – Solutions biosourcées volume 2*, ouvrage édité par le CODIFAB, <https://www.codifab.fr/actions-collectives/mixite-solutions-biosourcees-vol-2>

KLIMINE V., KUPFERLE F. & LELOY C. (2021), *Mixité – Solutions constructives volume 1*, ouvrage édité par le CODIFAB, <https://www.codifab.fr/actions-collectives/mixite-solutions-constructives-vol1-2873>

La construction bois : bas carbone, sûre et efficiente

Par Michel VEILLON

Directeur général d'Ossabois

Le bois est un matériau de construction séculaire qui a fait ses preuves. Aujourd'hui, grâce à la science, ses performances sont parfaitement caractérisées, et avec l'aide de la technologie, on sait le mettre en œuvre de manière optimisée, industrielle et sûre. Ses qualités historiques (facilité de transformation, légèreté et isolation) sont renforcées par sa capacité à absorber et à stocker à long terme du CO₂.

Son association avec d'autres matériaux tels que le béton et le métal ne fait que le sublimer.

Son utilisation dans la construction, naturellement hors-site, favorise l'optimisation de matière ainsi que la réversibilité et la gestion de la fin de vie des bâtiments.

Financièrement, sa mise en œuvre rapide et sur une base industrielle offre des coûts maîtrisés, une immobilisation financière réduite. La future prise en compte du coût carbone réel, montrera les bénéfices de la construction bois.

En outre, dans un contexte de mondialisation, la construction bois participe à la souveraineté de la France en favorisant sa réindustrialisation et la création d'emplois peu délocalisables.

Son développement est aussi urgent que bienvenu pour construire un monde plus durable et plus beau, à un juste équilibre entre sécurité, environnement et coût.

Histoire du bois dans la construction et état des lieux

Historique



Figure 1 : Église en bois de Heddal (Norvège)
construite vers 1250 (© Micha L. Rieser).

L'homme construit en bois depuis des millénaires.

Des exemples remarquables de cette durabilité sont les églises norvégiennes qui témoignent de la résistance exceptionnelle du bois aux conditions climatiques

sévères, préservant leur intégrité pendant plus de mille ans.

L'utilisation précoce du bois s'explique par sa disponibilité abondante, sa facilité de mise en œuvre par rapport à la pierre, ainsi que sa capacité à permettre des portées considérables en l'absence de métal. Dans les régions sismiques comme au Japon, le choix du bois était également motivé par sa capacité à mieux résister aux secousses sismiques.

Au Moyen Âge, le bois était le principal matériau de construction des habitations urbaines et rurales, notamment par l'utilisation généralisée de colombages. En plus de sa fonction structurelle, cette solution offrait des avantages en termes d'étanchéité et d'isolation, préfigurant ainsi les premières ossatures. Dans les hôtels particuliers en pierre, le bois était également utilisé pour ses qualités d'isolation et de confort, sous forme de boiserie en parement intérieur.

Avec l'avènement de la révolution industrielle, le bois a progressivement cédé du terrain, se limitant principalement aux planchers, aux menuiseries et charpentes.

Cette tendance s'est accentuée au début du XX^e siècle, avec la montée en puissance du béton dans la construction.

Le renouveau du bois

Bien avant la prise de conscience du changement climatique en cours et de ses conséquences, le retour du bois dans la construction s'est amorcé dès les années 1960-1970, pour répondre à la demande croissante

de constructions rapides et préfabriquées pendant les Trente Glorieuses (logements pour jeunes actifs, salles de classe, etc.).

Cependant, c'est la flambée des coûts de l'énergie qui a véritablement mis en évidence l'intérêt de la construction à ossature bois pour ses qualités d'isolation thermique, permettant l'ajout d'isolants supplémentaires sans élargir les murs.

Initialement privilégiée pour des raisons techniques pour les maisons individuelles, la construction à ossature bois y a progressivement conquis une part de marché de plus de 10 %, avant de s'étendre aux immeubles d'habitation de faible hauteur.

Pour permettre l'utilisation du bois dans des bâtiments de plus grande envergure, de nouvelles technologies ont été mises au point pour produire des composants plus importants, assemblés et collés, éliminant ainsi les irrégularités naturelles du matériau. Cela a donné lieu au développement des poutres en lamellé collé, des panneaux en contrecollé ou en CLT – lamellé croisé... Ces innovations ont été accompagnées par des avancées dans la caractérisation, au travers de calculs et d'essais, qui ont permis de garantir l'emploi du bois dans la construction en toute sécurité.

Très vite le bois a alors pris des parts de marchés importantes dans les équipements sportifs, les entrepôts, les hangars agricoles et bâtiments commerciaux...

Jusqu'à la prise de conscience des enjeux carbone pour la planète, la construction bois s'est donc principalement développée sur la base de la rapidité de construction, de la légèreté de ce matériau, de ses performances thermiques...

Le bois : la réponse incontournable aux enjeux carbone

Le XXI^e siècle est marqué par l'importance et les conséquences du réchauffement climatique, en lien avec les émissions de CO₂. Le secteur de la construction représente à lui seul 27 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, dont la moitié environ est liée au mode constructif et l'autre liée à l'usage (chauffage...) des bâtiments.

Le bois est naturellement apparu comme le matériau de référence pour décarboner la construction, grâce à sa capacité d'absorber le CO₂ contenu dans l'atmosphère, à le stocker sur une longue durée dans le bâtiment et à se substituer à d'autres matériaux très émissifs de CO₂. Sur ce dernier point, dès mai 2015, une étude du cabinet Carbone 4 note qu'une construction en bois permet de réduire de plus de moitié les émissions par rapport à la construction traditionnelle de l'époque.

Dans le même temps, des travaux ont été entrepris pour réduire l'empreinte carbone de l'ensemble des matériaux de construction. Les modes constructifs se sont orientés vers des solutions optimisées et frugales, par exemple avec des structures en poteaux et poutres.

En France, depuis 2021, la réglementation RE2020 établit une feuille de route avec des seuils à atteindre en matière de consommation énergétique, d'émissions et de stockage carbone pour les nouveaux bâtiments. Même si tous les matériaux devront contribuer à l'atteinte de ces objectifs, le bois restera le matériau de référence de la construction bas carbone et passive, c'est-à-dire à consommation d'énergie nulle.

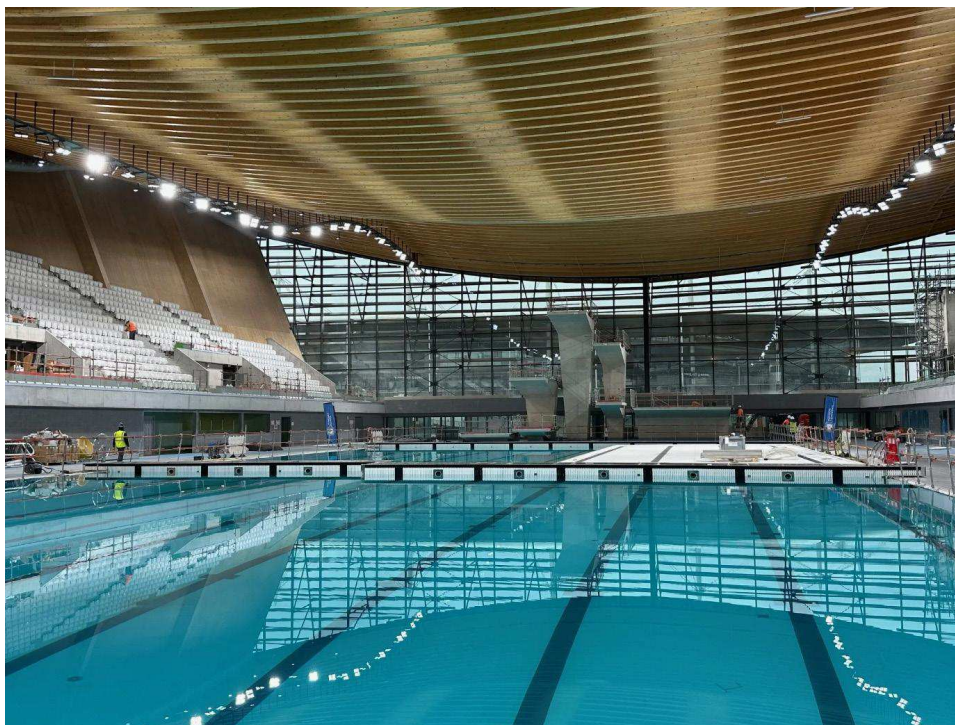


Figure 2 : Piscine Olympique Paris 2024 (© Métropole du Grand Paris).

Les différentes solutions bois dans la construction

La structure

Pour les bâtiments de moyenne et grande hauteur, ainsi que les bâtiments importants, les solutions poteaux/poutres en lamellé collé ou panneaux CLT (lamellé croisé), peuvent remplacer les structures traditionnelles en béton ou en métal.

Non exposées aux intempéries une fois la construction terminée, ces solutions sont robustes et offrent aux occupants l'esthétique, la chaleur et le confort (hygrométrie autorégulée) du bois apparent. Les performances mécaniques de ses solutions ont permis l'élévation, en toute sécurité, de plusieurs dizaines

d'immeubles en France et dans le monde au-dessus de 10 étages.

Pour des immeubles de 2 à 5 étages, les murs à ossature bois peuvent être utilisés aussi bien en structure, qu'en enveloppe et en façade. Ce mode constructif représente plus de 80 % de la construction bois en France (habitations, école, tertiaire, santé...).

L'enveloppe

Principalement développées en ossature bois non structurelle, les enveloppes peuvent être installées sur des structures poteaux/poutre en béton, en métal ou en bois. Elles offrent légèreté, rapidité d'installation et performance thermique.

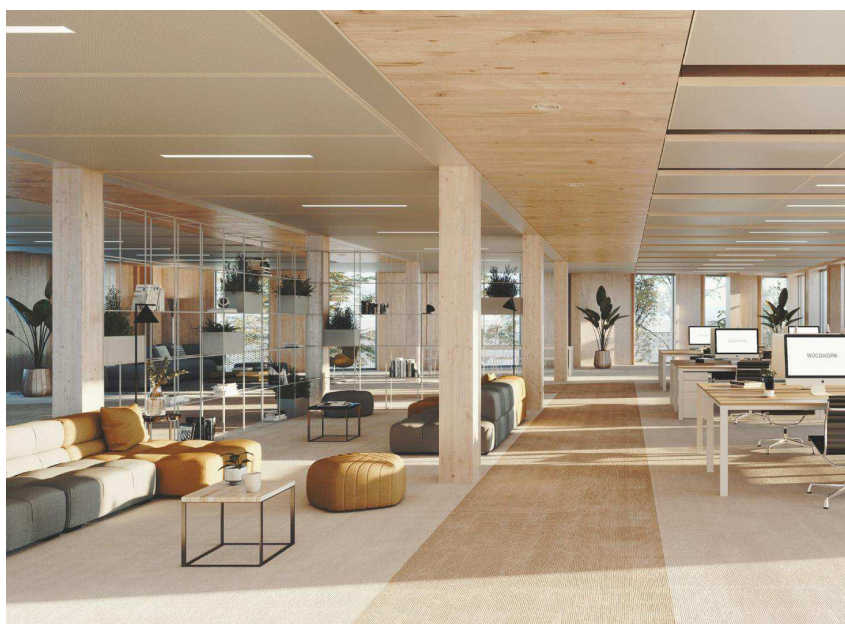


Figure 3 : Immeuble de bureaux Woodwork à Saint-Denis construit en 2019 par WO₂ (© Woodwork).



Figure 4 : Mur à ossature en bois avec supports d'enduit (© prefabricationbois.com).

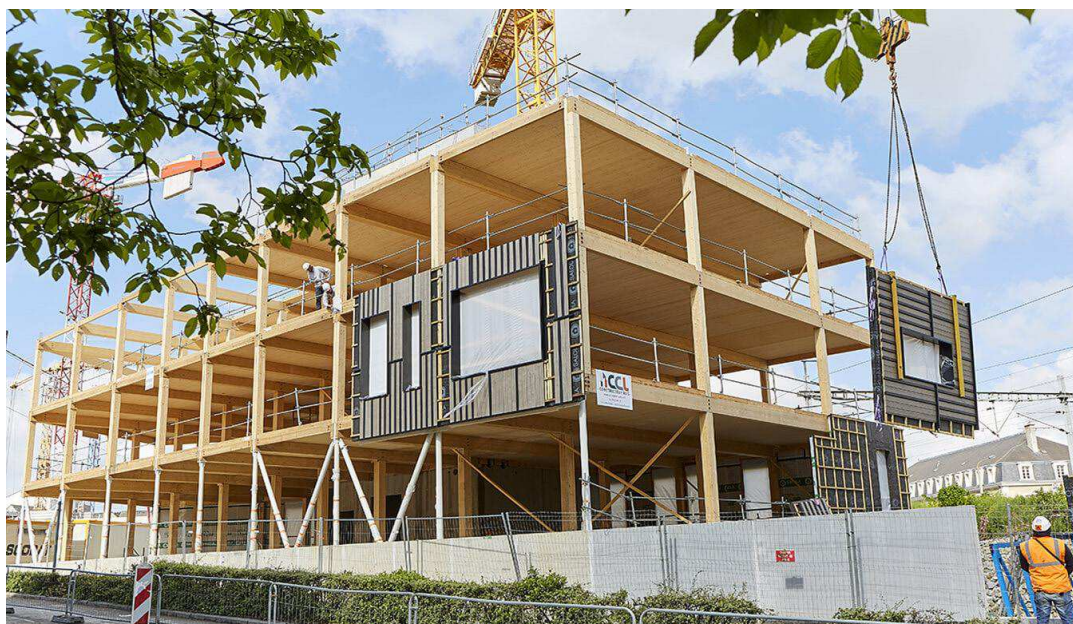


Figure 5 : Immeuble de bureaux Ywood à Rennes, construit en 2018 par l'Atelier WOA (© Photo Entreprise CCL).

Elles sont adaptées aussi bien aux nouvelles constructions qu'à la rénovation thermique des bâtiments existants. Dans ce dernier cadre, les façades en ossature bois permettent une rénovation en site occupé, rapide et sans nuisance. Les façades, réalisées en usine, sont installées sur le bâtiment existant, toutes équipées de l'isolation, d'une nouvelle menuiserie et parfois du nouveau revêtement extérieur.

Construire en sécurité avec le bois

Les codes de calcul

Le bois, comme tous les autres matériaux de construction, est soumis à des normes et à des codes de calcul rigoureux en matière de résistance, qui ont été établis au fil des siècles. Grâce à l'approche scientifique, aux travaux de laboratoire et aux essais, les propriétés du bois ont été caractérisées avec précision, permettant de définir les limites de charge, d'efforts transversaux, ainsi que les performances thermiques, acoustiques et de résistance au feu.

Les référentiels utilisés sont alignés sur des codes européens (EUROCODES) et bénéficient de l'expertise acquise par certains pays pionniers dans le domaine de la construction bois, tels que les pays scandinaves, l'Autriche et la Suisse.

Depuis plusieurs décennies, les logiciels de conception et de calcul 3D, souvent issus du secteur de la construction aéronautique, sont capables de dimensionner avec précision une charpente complexe et l'ensemble d'un bâtiment en intégrant les différents composants et matériaux (béton, métal, bois).

La résistance structurelle du bois bénéficie donc du même niveau de précision et de sécurité que les autres matériaux.

Le BIM

Contrairement à d'autres matériaux qui sont installés sur mesure sur le chantier, le bois se prépare et s'assemble en atelier. Des composants préfabriqués en bois, tels que les murs, les planchers, les caissons de toit et les modules, peuvent être livrés entièrement finis et intégrant de nombreux corps de métier (isolation, étanchéité, câblage, parements...).

L'intégration sans risque et sans ajustement sur le chantier est rendue possible grâce au *Building Information Modeling* (BIM), qui modélise numériquement tous les composants d'un bâtiment avant sa construction. La précision de la préfabrication bois, au millimètre près, garantit un calcul et un assemblage parfaits, permet le raccordement aisé des fluides et la continuité des parements.

Le multi-matériaux

Avec le développement des bâtiments de grande taille et de grande hauteur, le bois est souvent associé à d'autres matériaux tels que le béton et le métal, chacun utilisé en fonction de ses propriétés spécifiques. Le bois, qui offre des performances thermiques et environnementales élevées ainsi que légèreté et précision, est souvent complété par du béton pour sa rigidité, son inertie et sa résistance au feu. Dans le cas de grandes portées, le métal peut également être utilisé pour optimiser le dimensionnement des poutres.

La prise en compte du risque incendie

Tous les matériaux de construction ont des limites en ce qui concerne le feu. L'augmentation de l'épaisseur des isolants, tous relativement combustibles, et l'utilisation croissante du bois dans les bâtiments de plus grande hauteur ont incité les pouvoirs publics et les parties prenantes à mettre à jour les réglementations et les systèmes de prévention et de protection incendie.

En ce qui concerne l'enveloppe et l'isolation thermique par l'extérieur des bâtiments, les dernières instructions fournissent diverses règles en matière de dimensionnement, de protection et d'écrans, dans lesquelles l'ossature bois s'intègre parfaitement.

S'agissant de la structure, de futures dispositions sont en cours de préparation. Les principes de sanctuarisation des évacuations, de durée de résistance des parois et des éléments structuraux sont compatibles avec la présence de bois, même visible. Le comportement au feu du bois est prévisible et parfaitement maîtrisé au niveau des calculs (confirmés par les essais). En cas d'exposition à la flamme, le principe d'auto-extinction du bois a été démontré (le bois brûlé forme un écran qui protège le cœur de la poutre). Il est à noter que sur les bâtiments de petite hauteur, inférieurs à 8 m, la plupart des règles en place ont fait leur preuve.

Durée de vie

Contrairement à une idée répandue, la construction en bois offre une durabilité et une résilience importantes. En plus des protections contre le feu disponibles et efficaces, il est essentiel de protéger les composants bois des intempéries, comme pour la plupart des autres matériaux de construction. Notons de plus que la construction en bois, grâce à son assemblage de composants, permet une remise en état facile en cas de sinistre, offrant ainsi une solution flexible et durable pour les bâtiments.

Un modèle économique vertueux

Délai

La construction bois, qui repose largement sur des éléments préfabriqués, permet une réduction significative des délais de chantier. Par rapport au béton, le bois ne nécessite pas de temps de séchage sur site. Les murs à ossature intègrent, en une seule opération, plusieurs corps de métier (structure, isolation, étanchéité, menuiserie, revêtements, câblage...).

La réduction des délais se traduit par une mise à disposition et des rentrées de loyers plus rapides, une immobilisation financière moins longue et surtout des frais de gestion de chantier moindres.

Une consommation matière et optimisée

S'agissant de la consommation de matière, il est à noter que « dans le bois, tout est bon ». Au niveau de la scierie, chaque élément issu d'une bille de bois est utilisé de manière optimale et hiérarchisée (bois de construction, bois d'industrie, fibres pour les isolants, produits chimiques dérivés du bois, bois énergie...). De plus, les technologies modernes permettent la production de composants en bois massif reconstitué (lamellé-collé, bois abouté, panneaux de fibres...), complétant ainsi la panoplie des produits de construction en bois massif, tout en réduisant encore la quantité de produits déclassés. Il est à noter également, que de très gros progrès ont été réalisés dans le recyclage du bois

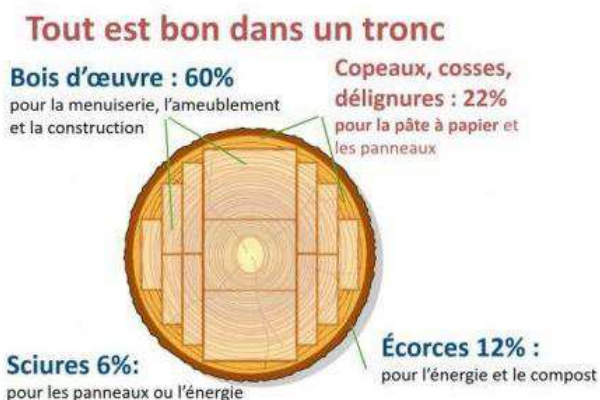


Figure 6 : Coupe d'un tronc (© sculpturepapier.org).

(emballage, mobilier, démolition), qui sont autant de moyens pour équilibrer le fonctionnement de la filière.

Enfin, lors de la transformation et de la préfabrication en atelier, la massification des flux et l'utilisation de composants primaires livrés au format (sans chutes) complètent ce processus industriel vertueux et frugal.

Ressources renouvelables et préfabrication française

La ressource forestière française est pour une bonne part en mesure de répondre aux besoins de la construction. En effet, la récolte forestière annuelle actuelle totale est de 52 Mm³, dont 21 Mm³ de bois d'œuvre parmi lesquels 15 Mm³ proviennent de résineux. La consommation de bois d'œuvre pour la construction/rénovation est de l'ordre de 5 Mm³ par an (source : étude Carbonne 4, février 2024). Toutefois, une adaptation de la forêt en termes d'essences et de répartition pour suivre les usages et les impacts du changement climatique s'impose dès maintenant. Les importations de composants bois pour la construction sont principalement dues à un retard dans la mise en place de capacités industrielles pour le séchage, le rabotage et le collage du bois. Depuis quelques années, grâce à une forte mobilisation collective et à des investissements conséquents, la part du bois français progresse et continuera dans cette voie. Il est même envisageable de pouvoir disposer des produits les plus techniques sur le sol français dans les années à venir (panneaux LVL). Par conséquent, la construction bois constitue un levier important en faveur de la souveraineté nationale, de la réindustrialisation et de la création d'emplois peu délocalisables.

La construction hors-site réduit les aléas chantiers

La demande croissante de chantiers rapides et à faibles nuisances a suscité un intérêt accru pour la construction hors-site. Les collectivités et les riverains aspirent à des chantiers exempts de bruit, de poussière, de déchets et de flux de camionnettes. La construction modulaire 3D, forme la plus avancée de la construction hors-site, permet de livrer des produits entièrement finis, tant au niveau de l'aménagement intérieur que de



Figure 7 : Centre hôtelier 4 étoiles Pernod-Ricard, campus situé à Clairefontaine, construit en 2017 en modulaires bois Ossabois (© Adria Goula).

la préparation des réseaux et des finitions extérieures. De nombreux projets, tels que des hôtels, des hôpitaux, des écoles et des résidences, ont déjà été réalisés. Ces applications ont été déployées avec succès, parfois même dans des bâtiments de grande hauteur.

Le composant de construction bois, ainsi mis en œuvre en atelier, garantit une haute qualité de réalisation, tout en éliminant un grand nombre d'aléas de chantier, de problèmes d'interface entre les différents corps d'état et en réduisant considérablement les réserves à la réception.

Les coûts des chantiers traditionnels vont augmenter

Comme observé dans toute l'Europe, le coût du personnel et des prestations sur les chantiers traditionnels va augmenter. Ce secteur, qui n'a pas connu sa révolution industrielle contrairement aux autres, est soumis à des contraintes de sécurité et environnementales de plus en plus fortes et souffre d'une attractivité de plus en plus faible. Par conséquent, la comparaison économique évoluera progressivement en faveur des nouveaux matériaux et des nouveaux modes constructifs, parmi lesquels la construction bois trouve naturellement sa place.

Valeur d'une solution évolutive et d'une fin de vie recyclable

L'évolution rapide des modes de vie, de l'organisation du travail et de la géographie urbaine exige de plus en plus des bâtiments qu'ils soient évolutifs, voire réversibles ou démontables. Dans le secteur tertiaire notamment, les rénovations et les reconfigurations sont très fréquentes. De plus, les normes et les performances requises exigent souvent des restructurations lourdes. La construction bois offre une solution idéale dans ce contexte.

Les solutions préfabriquées en bois permettent des changements ou des renforcements rapides des façades pour répondre aux nouvelles exigences thermiques. Grâce à sa légèreté, le bois est également le matériau privilégié pour réaliser des surélévations ou des extensions, sans remettre en cause les fondations ni le gros œuvre, facilitant ainsi la densification urbaine appelée par les politiques environnementales.

Enfin, et parce que l'économie circulaire est au cœur des équations d'un développement durable, il est bon de rappeler que la construction bois a une fin de vie et un démantèlement plus aisé, permettant le recyclage ou la valorisation de la plupart des composants. Mais surtout, la rareté du foncier et la précarité de certains usages, demandent de plus en plus aux bâtiments d'être démontables et remontables. Diverses réalisations de qualité pour des logements, établissements scolaires ou dans le tertiaire ont été réalisées dans ce cadre.

Le coût carbone

Aujourd'hui le vrai coût des émissions de CO₂ n'est pas encore pris en compte à sa juste valeur dans les constructions. Les coûts grandissants des catastrophes climatiques, la nécessité d'utiliser des solutions biosourcées et « décarbonantes » et l'urgence de privilégier les solutions peu émissives, ne sont pas encore dans toutes les équations financières ou pas à leur juste valeur¹.

¹ La taxation carbone (marché européen du carbone) ne concerne que la production d'énergie et les industries les plus polluantes. Selon les pays, la taxe carbone varie entre 10 et 100 € par tonne de CO₂. Mais la plupart des études mondiales donnent un coût réel qui serait compris entre 150 et 300 \$ par tonne de CO₂.

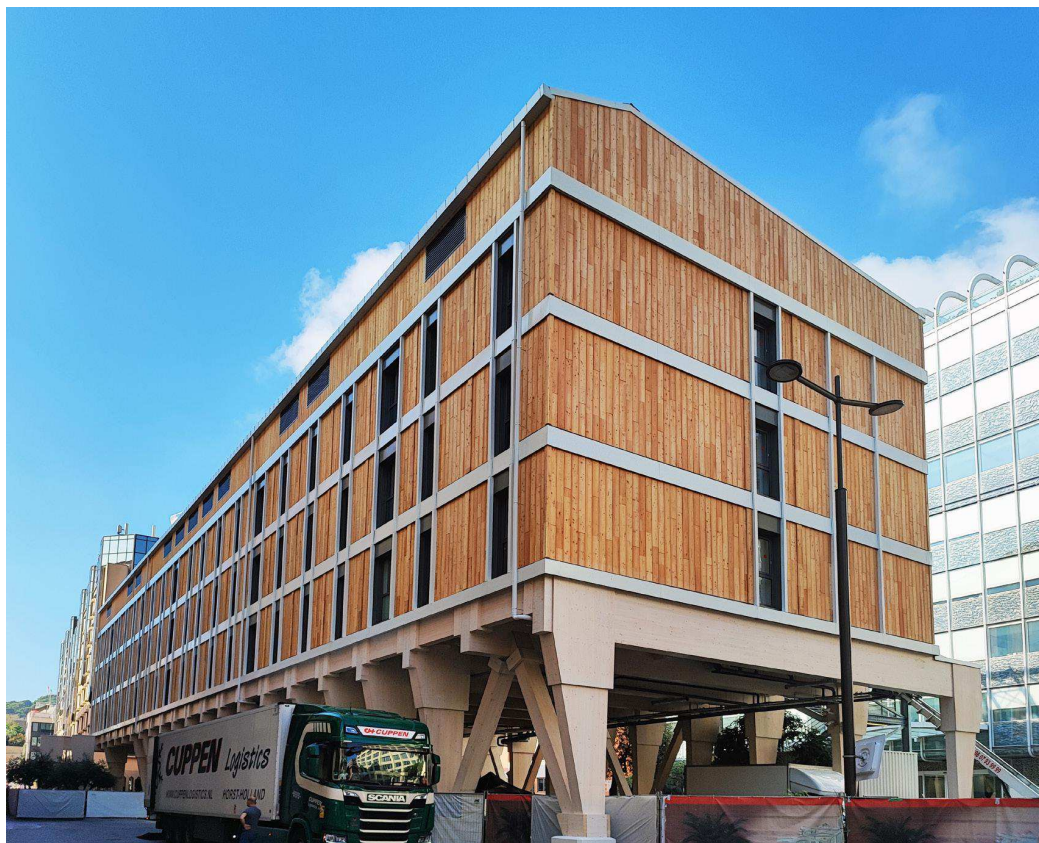


Figure 8 : Bâtiment de bureaux provisoire en bois pour la direction de la Sûreté publique de la principauté de Monaco, démontable et réutilisable (© Ossabois).

Pour autant, certains investisseurs, y compris des investisseurs purement financiers, ont commencé à intégrer dans leurs critères de sélection le caractère vertueux des constructions bas carbone. Nul doute qu'il s'agit là d'une tendance qui deviendra la norme demain.

Conclusion

Le bois a fait la démonstration de sa pertinence pour répondre aux enjeux de construire rapidement, bas carbone et avec des coûts maîtrisés. Son utilisation séculaire et la maîtrise technologique et scientifique, sécurisent et encadrent son emploi.

Face aux changements climatiques, mais également face à la limitation d'un certain nombre de ressources (du sable pour le béton, de l'argile pour la terre cuite, des énergies fossiles pour diverses activités d'extraction, de transformation ou d'usage), le bois bénéficie de la propriété d'être biosourcé, donc renouvelable par la photosynthèse qui capte et séquestre le carbone. Pour autant, l'exploitation forestière et l'usage du bois doivent rester optimisés pour pouvoir accompagner la forte demande qui s'imposera.

Le bois dans les bâtiments et équipements des Jeux Olympiques de Paris 2024

Par Georges-Henri FLORENTIN

Ingénieur général des Ponts, des Eaux et des Forêts honoraire, secrétaire de la section Forêt filière Bois de l'Académie d'Agriculture de France, président de France Bois 2024

En Septembre 2017 la France a gagné l'organisation des Jeux de Paris. En 2018, le Comité Stratégique de la Filière Bois décide d'en faire l'un de ses deux projets structurants. L'objectif est de réaliser « des bâtiments et équipements bois exemplaires, utilisant 50 % de bois français ». À l'été 2018 est créée France Bois 2024, structure projet légère chargée de mettre en œuvre ce projet collectif. Tous les résultats techniques, économiques et les innovations sont offerts à tous pour préparer la transition décarbonée de la construction du XXI^e siècle avec pour objectif de rejoindre les performances de la Scandinavie, des pays germanophones, de l'Amérique du Nord, de l'Australie, de la Nouvelle Zélande et du Japon. Les résultats de six années d'actions présentés ici et dans l'ouvrage « 2024, le bois sur le podium pour décarboner la construction » aux éditions Les Halles montrent que cela est possible.

Genèse d'un projet ambitieux

En septembre 2017, la France a gagné l'organisation des Jeux de Paris 2024. Le dossier en a été accepté dans l'objectif d'en faire les premiers jeux bas carbone des temps modernes.

Au printemps 2018, le bureau du comité stratégique de la Filière Bois et le conseil d'administration de France Bois Forêt me suivent sur l'opportunité médiatique de valoriser la construction bois au travers de cet événement. Après nos jeux d'hiver d'Albertville (1992) où le bois avait été utilisé (bordage de la piste de bobsleigh, mats et 16 passerelles) survient l'expérience des jeux d'hiver à Lillehammer de février 1994, considérés comme les premiers « jeux verts » en termes d'impact sur la nature (6 prix pour la protection de l'environnement remis à Londres en juin 1994). Une trentaine d'années auparavant la filière forêt bois norvégienne avait donc fait des jeux d'hiver une vitrine de sa culture et de ses progrès en construction bois (halle Hakon, bâtiment le drakkar du Centre Olympique de Hamar pour le patinage artistique, piste de bobsleigh...).

Les présidents de filière Luc Charmasson, Cyril Le Picard puis Michel Druihle adhèrent donc à l'idée et la transforment en l'un des deux projets structurants du Contrat Stratégique de filière 2019-2022.

L'objectif est de réaliser « des bâtiments et équipements bois exemplaires, utilisant 50 % de bois français ». Dès l'été 2018, nous créons France Bois 2024 dont ils me confient la présidence bénévole. La structure est légère. Y participent Marie Jorio, ingénieure et urbaniste coordinatrice, ainsi que Manuella Arnold, Patricia

Desmerger et Sarah Laroussi qui nous secondent notamment sur les questions de communication avec le CNDB (Comité National de Développement du Bois). Le financement uniquement collectif est assuré paritairement par France Bois Forêt et par le CODIFAB (Comité de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois). Un comité de pilotage est constitué, chargé de valider les décisions et les engagements de dépenses.

Plutôt que de choisir la devise olympique (« plus fort, plus loin, plus haut »), conscients que la « construction bois » repose sur le principe de la mixité des matériaux, nous préférons retenir comme devise les valeurs olympiques : « Excellence, amitié, respect ».



Très vite nous dessinons notre logo qui nous sera concédé par le COJO (PARIS 2024) pour la durée des jeux, jusqu'en 2025. Muni de son blason et de sa devise, le petit commando peut se lancer dans l'accomplissement de sa mission. Cette mission se veut d'intérêt général et non commerciale. Nous activons en tant que de besoin les compétences techniques économiques et juridiques nécessaires. Tous nos résultats sont rendus accessibles en libre-service sur notre site : www.francebois2024.com. Ils reviendront à la filière à l'issue des jeux.

Les grands axes du projet

Pour faire des jeux un démonstrateur des capacités et atouts de la filière bois ainsi qu'un laboratoire de la massification de la construction bois plébiscitée par



Figure 1 : La demande de nos concitoyens concernant le bois dans les Jeux Olympiques de Paris 2024 (Source : enquête CSA printemps 2021 pour la filière bois).

nos concitoyens (enquête CSA printemps 2021) nous retenons les grands axes d'action suivants dans un contexte très contraint en termes de délais, de coûts, de concurrence :

1. Mobiliser nos professionnels en les réunissant avec les outils appropriés, en les informant des enjeux, des délais et des canaux permettant être présents dans les consultations qui s'engagent.
2. Accompagner les décideurs : la Société de Livraison des Ouvrages Olympiques (SOLIDEO). Très vite leur soutien nous est acquis par son Directeur Général Nicolas Ferrand, Céline Laurens, première directrice de l'ambition environnementale qui a travaillé activement à la définition des objectifs bois des projets, Antoine du Souich qui lui a succédé, Henri Specht directeur du village olympique... C'est aussi le cas pour le Comité d'Organisation des Jeux Olympiques
3. Appuyer gratuitement et collectivement les entreprises qui se lancent dans cette aventure dans le respect des objectifs de la mission. C'est le cas de nos échanges avec Christophe Veau-Cahon de GL Events dont nous saluons l'écoute et le choix du matériau de structure du Grand Palais Éphémère, après lui avoir apporté les éléments de choix entre le bois et l'acier notamment.



Figure 2 : Le Grand Palais éphémère (photo de l'auteur).

4. Réaliser les documents techniques permettant le succès des permis de construire (document risque incendie préparé par ADIVBOIS et diffusé sous le timbre France Bois 2024) puis des études et des chantiers (documents France Bois Traçabilité ; guides de conception en vue des avis techniques nécessaires : supports bois de façades, douches sans ressaut sur support bois avec Éric Dibling, les professionnels, CSTB et FCBA, AQC ; calepin de chantiers pour les entreprises non bois...). Assurer les formations nécessaires pour les conducteurs de travaux puis les entreprises non bois.
5. Promouvoir les résultats et en tirer les retours d'expérience.
6. Communiquer tous les documents produits et en assurer l'héritage, dont un ouvrage, pour la filière forêt bois à l'issue de la mission.

S'il se confirme que les Jeux Olympiques d'hiver de 2030 se réalisent dans les Alpes françaises, formons le souhait que leurs réalisations bois renforceront encore l'intérêt de nos concitoyens pour ce beau matériau.

L'héritage du projet

La traçabilité un enjeu de filière

Voulant réaliser les jeux les moins « carbonés » des temps modernes, la SOLIDEO et Paris 2024 ont exigé, suite à nos recommandations, que 100 % du bois utilisé pour les Jeux provienne de forêts gérées durablement et comprenne 30 % de bois français. La filière bois, de son côté, s'est fixé un objectif de 50 %. Les outils mis en œuvre pour garantir la conformité à ces exigences sont la certification volontaire, les labels et la traçabilité.

Depuis la fin du XIII^e siècle en France, une administration a encadré la gestion des forêts, notamment pour les forêts royales : « l'ordonnance de Philippe IV Le Bel » de 1291 instaure en effet les maîtres des Eaux et Forêts ; elle se complète en 1346, par une première réglementation préfigurant le code forestier, « l'ordonnance de Brunoy » par laquelle Philippe VI de Valois

NB : La certification volontaire en France est encadrée par le code de la consommation. Elle consiste à faire valider par un organisme certificateur indépendant et accrédité, le fait qu'une organisation, un processus, un service ou un produit se conforment bien à un référentiel préétabli non lié à une réglementation. Ce processus d'évaluation de la conformité aboutit à la délivrance d'une assurance écrite (le certificat). Le label est une marque qui garantit le respect d'un référentiel de bonnes pratiques par les acteurs d'une filière économique, avec ou sans contrôle externe. La traçabilité est un processus qui vise à identifier l'origine et à reconstituer le parcours d'un produit, de sa production à sa livraison.

confie aux forestiers une mission de protection afin que ces forêts « se puissent perpétuellement soutenir en bon état ». Les enjeux ont évolué avec la révolution industrielle et, plus récemment, la demande sociétale et internationale. La réglementation s'est étoffée en conséquence. Des certifications (PEFC, FSC®) et des labels de qualité, comme Bois de France, ont vu le jour pour garantir le respect, dans le temps, des trois valeurs économique, sociale et environnementale de la forêt.

La démarche France Bois Traçabilité

En accompagnement de la démarche ambitieuse de la filière bois-construction et pour la renforcer, France Bois 2024 a créé France Bois Traçabilité qui réunit les labels PEFC, FSC® et Bois de France sous audits communs de l'institut technologique FCBA. C'est le premier outil garantissant la provenance de bois de forêts françaises gérées durablement et transformés en France.

Réaliser des audits communs par le FCBA dans les entreprises est l'aboutissement d'un profond travail de réflexion collectif. L'idée était de réduire leurs coûts et de promouvoir la démarche. Cette disposition a été approuvée, pour les Jeux, par les administrateurs de PEFC et FSC® au début de nos échanges sur la traçabilité.

Les limites de l'expérimentation

Il est dommage que les consultations lancées par les équipes des financiers et des promoteurs n'aient pas prescrit, dès le lancement des opérations, le recours à France Bois Traçabilité pour attester des pourcentages de bois provenant de forêts gérées durablement, d'une part, et de bois français, d'autre part (Nous avons écrit en ce sens à la SOLIDEO en juillet 2020 pour essayer de mieux promouvoir le label).

L'expérimentation en a donc été limitée. Mais elle a permis de faire réfléchir à la notion de traçabilité dans la filière, d'attirer l'attention sur les circuits courts par le recours au bois français, de créer du lien entre les certificateurs, d'élaborer partiellement quelques éléments de méthodologie pour le futur et définir une étiquette de communication.

Plusieurs constructeurs bois ont ainsi décidé d'augmenter leur part de bois français (Mathis, par exemple) mais aussi des majors du bâtiment. Ainsi Bouygues Bâtiment France Europe s'est engagé, dès 2021, à inclure 30 % de bois français dans ses projets, avec l'objectif de porter cette part de 50 % dès 2025. Et Bouygues Île-de-France se fixe des objectifs de construction bois en nette augmentation (30 % à échéance de 2030, après être déjà passé de 3 % de construction bois dans la totalité de ses projets à 15 % à fin 2022).

Une nécessité et des opportunités technologiques

En héritage, France Bois 2024 lègue l'outil « France Bois Traçabilité » à la filière forêt-bois afin de soutenir ses ambitions environnementales et industrielles. Ce dispositif lui permettra aussi de se conformer avec le moins de difficultés possibles au Règlement sur le Bois et au Règlement Déforestation de l'Union européenne (RBUE et RDUE). Obligations qui vont entrer en application dès le 30 décembre 2024 dans un premier temps pour l'export et pour les PME à partir du 30 juin 2025, en principe.

Pour les acteurs de la filière forêt-bois française, pour les collectivités, pour les entreprises, initier une démarche de traçabilité est l'assurance de la maîtriser et d'inscrire ses achats de bois dans un cadre responsable et éthique sur les plans économique, environnemental et social. Les technologies modernes de suivi (« blockchain », provenant de la finance) apportent en outre à ce processus la fiabilité et la puissance du numérique, pour simplifier le parcours.

À nos professionnels de s'en saisir. Tel est notre plus cher souhait.

Le livre héritage : « 2024, le bois sur le podium pour décarboner la construction »

Outre la remise à nos professions des documents techniques dont les guides d'avis techniques sur les innovations que constituent les supports bois de façades et les douches sans ressaut sur sols bois pour les parathlètes réalisés avec le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), FCBA (Institut Technologique Forêt, Bois-Construction, Cellulose, Ameublement) et les professionnels, une base de données de photos et cinq films, un livre héritage de 130 pages illustré des principales photos des ouvrages est réalisé grâce à 39 auteurs ayant personnellement participé à cette aventure humaine. S'y côtoient le délégué interministériel aux Jeux olympiques et le ministre de l'Agriculture, un certain nombre de scieurs, de lamellistes, de fabricants de CLT (Cross Laminated Timber), d'architectes, de constructeurs et de compagnons charpentiers.



Photo de la couverture du livre « 2024, le bois sur le podium pour décarboner la construction ».

Esquisse de quelques résultats

Au final, l'opération aura permis de lever un certain nombre de freins à la construction bois. La participation au comité scientifique du partenaire SOLIDEO a évité que les consultations retiennent des procédés constructifs ou prescriptions irréalistes ou en impasses économiques. C'est aussi le cas pour les permis de construire du village olympique en Seine-Saint-Denis, par la publication sous le timbre France Bois 2024 en mars 2020 des notes pour la sécurité incendie des Bâtiments en bois multi-niveaux qui a permis que les structures puissent être en bois jusqu'à 28 mètres. Par le partage des solutions techniques référencées via le Club des industriels en partenariat avec ADIVbois (lancement en septembre 2019). En faisant réaliser des études techniques et diagnostics, des réponses aux appels d'offre ont été fiabilisées (passerelle de Dugny avec FCBA, été 2020).

D'autres mutualisations ont concouru à lever des freins et contribuer à ces résultats :

- porter à connaissance les marchés relatifs aux JOP aux entreprises de la filière via le site internet, les newsletters, des webinaires et conférences ;
- organiser ou participer à des rencontres entre donneurs d'ordre, constructeurs et entreprises de la filière ;
- valoriser l'avancement des projets dans les différents salons (FBC, Batimat, Sibca, CIB...) ;
- développer les solutions d'aménagement, d'ameublement et pour l'événementiel ;
- en lien avec les Canaux / ESS 2024, et avec le CNDB, rassembler, susciter et porter à connaissance les solutions bois pour les ouvrages et aménagements éphémères¹ ;
- accompagner l'Ameublement Français pour analyser et proposer un modèle d'économie circulaire sur le mobilier à Paris 2024 : Quels modèles d'économie circulaire pour Paris 2024 (Ameublement Français et Valdélia, 2021).

Ces actions auront permis d'augmenter la part de bois dans les bâtiments et équipements des JOP (environ 28 % contre de l'ordre de 8 % environ dans la construction en 2018). En matière de résultats sur la traçabilité de la provenance des bois, même si les données n'ont pas toutes la même fiabilité, les résultats sont éloquentes : sur le village olympique, 65 % des bois mis en œuvre sont d'origine française (75 % pour les structures). Trente mille tonnes d'équivalents carbone stockés pour au moins 50 ans. 100 % des bâtiments de logement de moins de 28 mètres du village olympique et paralympique (VOP) sont en structure Bois. 200 millions d'euros de chiffre d'affaires pour la filière, soit le travail sur un an de 1 200 salariés de la filière... Qui aurait imaginé ce résultat au lancement de l'action ?

¹ <https://www.francebois2024.com>

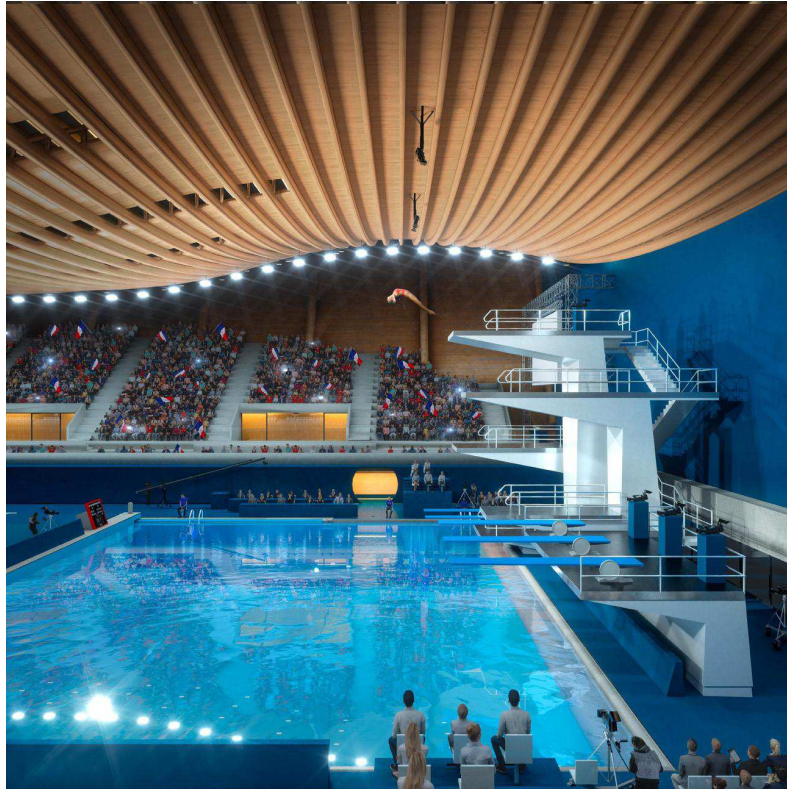


Figure 3 : Représentation en 3D du Centre Aquatique Olympique de Paris (©Paris 2024).

« Une catène du Centre Aquatique Olympique, comme un livre, c'est un arbre qui va dire à la forêt qu'il y a encore une vie après la mort. »



Figure 4 : La représentation du bois dans les Jeux Olympiques de Paris.

Vers une économie de la fonctionnalité : réemploi et recyclage

Par Jean-Louis LOUVEL

Président-fondateur de PGS GROUP

Les palettes en bois sont essentielles à l'économie circulaire, facilitant le transport et le stockage des marchandises tout en incarnant la durabilité par leur réutilisabilité et recyclabilité. Utilisées depuis le début du XX^e siècle, elles soutiennent l'économie de la fonctionnalité, minimisant les déchets et maximisant l'utilisation. Leur réemploi et recyclage offrent des avantages économiques et environnementaux, réduisant la consommation de ressources et la production de déchets. Les initiatives de réemploi et les innovations technologiques, telles que le suivi RFID, améliorent leur gestion. Le recyclage transforme les palettes en fin de vie en nouveaux produits, soutenant ainsi une gestion durable des ressources. Les politiques gouvernementales et les pratiques industrielles jouent un rôle clé dans la promotion de ces pratiques durables.

Dans le monde industriel moderne, la palette en bois est communément considérée comme un support de manutention banal alors même qu'elle joue un rôle vital et fondamental dans notre économie. Utilisée dans le monde entier pour le transport et le stockage des marchandises (95 % des marchandises transportées dans le monde sont sur palettes), elle est devenue un symbole clé de l'économie circulaire. Pour les décideurs dans les secteurs de la logistique, de l'industrie et de la politique, comprendre la place de la palette en bois dans l'économie de la fonctionnalité est crucial, en particulier dans les contextes de réemploi et de recyclage.

L'économie de la fonctionnalité se concentre sur la maximisation de l'utilisation et la minimisation des déchets. Dans cet écosystème, la palette en bois se distingue comme un exemple parfait de durabilité. Biosourcée, éco-conçue, réutilisable, réparable et recyclable, elle incarne l'idéal de l'économie circulaire. Ce rôle crucial mérite une exploration approfondie pour éclairer les stratégies et politiques à adopter.

Il est intéressant d'explorer la contribution significative des palettes en bois dans le cadre de l'économie de la fonctionnalité, en mettant l'accent sur le réemploi et le recyclage. Tout d'abord, rappelons que la palette bois a été précurseur dans le reconditionnement car cela fait maintenant plus de 35 ans que son réemploi a été initié. Examinons son histoire, son rôle actuel dans la logistique moderne, les pratiques de réemploi et de recyclage, et les défis et opportunités qui se présentent dans ce domaine. Cette exploration fournira aux lecteurs des informations précieuses pour orienter leurs stratégies vers une gestion plus durable et circulaire des ressources.

Contexte et histoire des palettes en bois

Des origines modestes aux fondations de la logistique globale

La palette en bois, aujourd'hui omniprésente dans la logistique et l'industrie, a une histoire riche qui reflète son évolution et son adaptation aux besoins changeants de la société et de l'économie.

Débuts et évolution

Les origines des palettes remontent au début du XX^e siècle, époque à laquelle la nécessité de transporter efficacement des marchandises tant par route que par voie maritime était devenue évidente avec l'expansion industrielle. Initialement de simples planches de bois assemblées, les palettes ont évolué pour devenir plus robustes pour des usages multi-rotations, en parallèle avec le développement de la technologie des chariots élévateurs dans les années 1930. Cette coévolution a révolutionné la manutention des marchandises, offrant une efficacité et une sécurité accrues.

Standardisation et globalisation

La standardisation des dimensions de palettes après la Seconde Guerre mondiale a été un tournant, facilitant le commerce international et la logistique. Les palettes sont devenues un standard dans le transport de marchandises, permettant une manipulation et un stockage plus efficaces et sécurisés. Cette uniformisation a également ouvert la voie à une utilisation plus large des palettes dans divers secteurs industriels.

Adaptation aux exigences modernes

Au fil du temps, l'utilisation des palettes en bois s'est adaptée aux exigences modernes de durabilité et d'efficacité. Leur conception a été améliorée pour maximiser la durabilité et la capacité de charge, tout en minimisant l'impact environnemental (éco-conception). Dans le contexte actuel, où l'accent est mis sur la réduction des déchets et la préservation des ressources, les palettes en bois se sont révélées être un choix privilégié pour leur capacité à être réutilisées et recyclées.

La palette en bois est donc bien plus qu'un simple outil de transport : elle est un élément clé de l'histoire de la logistique moderne, un témoin de l'évolution des pratiques industrielles et un pilier de l'économie de la fonctionnalité.

Les palettes en bois et l'économie de la fonctionnalité

Un modèle économique axé sur la durabilité et l'efficacité

L'adoption des palettes en bois dans le cadre de l'économie de la fonctionnalité représente un tournant majeur dans la manière dont les entreprises abordent la durabilité et l'efficacité. Cette section explore comment ces palettes servent non seulement de moyens de transport de marchandises, mais également de catalyseurs pour une économie plus circulaire et responsable.

Principes fondamentaux de l'économie de la fonctionnalité

L'économie de la fonctionnalité repose sur l'idée de maximiser l'usage plutôt que la possession. Dans ce modèle, la valeur est créée par la qualité des services et la durabilité des produits. Les palettes en bois, par leur nature réutilisable et leur longue durée de vie, incarnent parfaitement ces principes. Elles permettent aux entreprises de réduire leur empreinte écologique tout en optimisant leur efficacité opérationnelle.

Réemploi et prolongation de la durée de vie

Les palettes en bois sont conçues pour être robustes et durables, ce qui permet leur réemploi à plusieurs reprises. Cette capacité de réutilisation prolonge leur cycle de vie et réduit la nécessité de produire constamment de nouvelles palettes, ce qui est bénéfique tant d'un point de vue économique qu'environnemental. Le réemploi des palettes s'inscrit dans une logique de réduction des déchets et de préservation des ressources naturelles.

Ainsi, selon les conditions d'usage, la palette EUR, ou issue d'un parc locatif, tourne en France en moyenne 28 fois sur une durée de vie de 8 ans, avec 3,5 rotations par an. Une analyse en cycle de vie du FCBA mentionne que séchée selon le procédé NIMP 15, et réutilisée ainsi, son impact sur le changement climatique (recyclage et valorisation énergétique inclus) n'est

que de 7,29 kg équivalent CO₂, soit les émissions d'un véhicule thermique moyen sur un parcours de 31 km.

Recyclage et valorisation des matériaux

Lorsqu'une palette en bois atteint la fin de sa vie utile, elle ne devient pas un déchet. Au contraire, elle peut être recyclée pour créer de nouveaux produits, tels que des panneaux de particules, des plots agglomérés, des pellets ou du broyat sec pour alimenter des chaufferies, ou même de nouveaux meubles « tendances » ou des constructions. Ce processus de valorisation matérielle est essentiel dans l'économie de la fonctionnalité, car il transforme ce qui aurait été un déchet en une ressource précieuse.

Impact sur les décideurs et les politiques industrielles

Pour les décideurs dans les domaines de la logistique, de l'industrie et de la politique, la compréhension de l'importance des palettes en bois dans l'économie de la fonctionnalité est cruciale. En favorisant des pratiques telles que le réemploi et le recyclage des palettes, ils peuvent non seulement réaliser des économies significatives, mais aussi contribuer activement à la réduction de l'impact environnemental de leur secteur, et ainsi décarboner l'économie comme le souhaite notre politique européenne actuelle (Pacte vert).

En conclusion, les palettes en bois jouent un rôle indispensable dans l'économie de la fonctionnalité. Leur utilisation reflète un engagement envers des pratiques commerciales plus durables et montre comment les entreprises peuvent prospérer tout en préservant l'environnement.

Le réemploi des palettes en bois

Maximiser l'utilisation, minimiser l'impact

Le réemploi est un aspect essentiel de l'économie de la fonctionnalité, offrant des avantages tant sur le plan écologique qu'économique. Cette section examine les stratégies, les avantages et les défis associés au réemploi des palettes.

Stratégies de réemploi

Le réemploi des palettes en bois implique leur collecte, leur tri (inspection) et leur réparation si nécessaire. Les entreprises spécialisées dans la gestion des palettes, comme le *leader* PGS GROUP, fournissent ces services, assurant ainsi que les palettes endommagées soient remises en état pour une utilisation répétée. Ce processus prolonge la durée de vie des palettes et réduit la demande de nouvelles palettes, diminuant ainsi l'impact environnemental associé à la réduction de la consommation de bois.

Avantages économiques et environnementaux

Le réemploi offre également des avantages économiques significatifs. De plus, en prolongeant la durée

de vie des palettes, il contribue à réduire les déchets générés, ce qui est bénéfique pour l'environnement. Le réemploi s'inscrit donc dans une démarche de durabilité, en ligne avec les objectifs de l'économie circulaire.

Défis du réemploi

Malgré ses avantages, le réemploi des palettes en bois présente certains défis. La qualité et la durabilité des palettes peuvent varier, rendant nécessaire un tri (inspection) minutieux et parfois des réparations « trop » coûteuses, devant rester dans une économie de marché compétitive. De plus, la logistique du retour des palettes utilisées vers les centres de tri/réparation peut être complexe et nécessiter une planification et une coordination importantes.

Solutions innovantes pour le réemploi

Pour surmonter ces défis, des solutions innovantes ont été développées. Par exemple, certains systèmes logistiques intègrent des programmes de retour de palettes, où les palettes vides sont récupérées lors de la livraison suivante. Des technologies comme le suivi RFID, permettent également de gérer efficacement les stocks de palettes et de suivre leur cycle de vie (exemple de la nouvelle palette EPAL, appelée Q-EPAL, avec un QR code « flashable »). Il existe également des solutions de numérisation des palettes sous forme de « banque à palettes », permettant des transferts virtuels de palettes pour solder des créances « palettes » entre utilisateurs, évitant ainsi des kilomètres superflus et des émissions de CO₂.

En résumé, le réemploi des palettes en bois est un élément clé de l'économie de la fonctionnalité. Il offre des avantages économiques et environnementaux substantiels, tout en présentant des défis qui nécessitent des solutions innovantes. Pour les décideurs, promouvoir le réemploi des palettes est une démarche stratégique vers une gestion plus durable des ressources.

Le recyclage des palettes en bois

Vers une valorisation complète des ressources

Le recyclage des palettes en bois constitue une étape cruciale de leur cycle de vie, s'inscrivant pleinement dans l'approche de l'économie de la fonctionnalité. Cette section explore le processus de recyclage des palettes et son impact sur l'environnement et l'économie.

Processus de recyclage

Lorsqu'une palette en bois ne peut plus être réemployée, elle entre dans un processus de recyclage qui commence par le tri et le démantèlement des palettes. Les planches de bois récupérées peuvent alors être réutilisées pour réparer d'autres palettes, ou être broyées pour produire des copeaux ou des granulés de bois. Ces matériaux peuvent être utilisés dans la fabrication de panneaux agglomérés, de plots agglos (utilisés dans la fabrication de palettes en bois), de pailis pour l'amé-

nagement paysager, ou même comme combustible biomasse pour la production d'énergie.

Impact environnemental

Le recyclage des palettes joue un rôle significatif dans la réduction de l'empreinte écologique. En transformant les palettes usagées en nouveaux produits, on évite la mise en décharge de ces matériaux tout en réduisant la pression sur les ressources forestières. De plus, en utilisant les déchets de bois comme source d'énergie renouvelable, on contribue à diminuer la dépendance aux combustibles fossiles.

Avantages économiques

Le recyclage des palettes crée également de la valeur économique. Il génère de nouvelles opportunités commerciales dans les secteurs du recyclage et de la fabrication de produits dérivés. Les entreprises qui intègrent le recyclage dans leur chaîne d'approvisionnement peuvent réaliser des économies en termes de coûts de matières premières et de gestion des déchets.

Défis et innovations

Bien que bénéfique, le recyclage des palettes pose certains défis, notamment en termes de collecte et de traitement des palettes usagées. Pour y faire face, des initiatives innovantes ont vu le jour, comme des partenariats entre entreprises, gouvernements et recycleurs pour faciliter la collecte et le traitement des palettes. De plus, l'adoption de technologies avancées dans le processus de recyclage améliore l'efficacité et la rentabilité de cette activité.

En conclusion, le recyclage des palettes en bois est une composante essentielle de l'économie de la fonctionnalité. Il permet non seulement de préserver les ressources naturelles et de protéger l'environnement, mais aussi de créer de la valeur économique, grâce à de nouveaux services autour de la palette en bois, ou à travers la transformation de déchets en ressources.

Cas d'études et exemples pratiques

L'application réelle de l'économie de la fonctionnalité

Cette section met en lumière des cas d'études et des exemples pratiques de réemploi et de recyclage des palettes en bois dans divers secteurs, illustrant comment les principes de l'économie de la fonctionnalité sont mis en œuvre concrètement.

Réemploi dans le secteur de la distribution

Un exemple notable de réemploi des palettes en bois est visible dans le secteur de la grande distribution. Des entreprises comme Walmart ou Carrefour ont mis en place des programmes de récupération de palettes, où les palettes utilisées pour la livraison de marchandises sont retournées au fournisseur ou à un centre de

traitement pour être remises en état et réutilisées. Ces initiatives réduisent non seulement le besoin de nouvelles palettes, mais optimisent également les coûts logistiques.

Réemploi dans le secteur de l'industrie

Dans l'Industrie, cette notion de réemploi des palettes en bois a fait son entrée avec les crises successives rencontrées sur ces dernières années. Ainsi, des groupes industriels avec des implantations à travers plusieurs pays, ont mis en place des *pools* dédiés de palettes, associés à des programmes de récupération de palettes, où les palettes utilisées pour la livraison de marchandises sont retournées au fournisseur ou à un centre de traitement pour être remises en état et réutilisées, idéalement vers d'autres sites de l'industriel à proximité des collectes. Ces initiatives réduisent également les impacts d'émissions de CO₂ liées aux transports routiers.

Recyclage dans l'industrie du bâtiment

Dans l'industrie du bâtiment, les palettes en bois recyclées trouvent une nouvelle vie sous forme de matériaux de construction ou de décoration. Des entreprises spécialisées transforment les palettes usagées en panneaux de bois, en mobilier ou en éléments de décoration intérieure, montrant ainsi la polyvalence du bois recyclé.

Partenariats public-privé pour le recyclage

Des initiatives de partenariat entre les gouvernements, les acteurs publics et les entreprises privées ont également été mises en place pour faciliter le recyclage des palettes. Ces programmes visent à établir des systèmes efficaces pour la collecte, le traitement et la valorisation des palettes usagées, en impliquant divers acteurs de la chaîne de valeur, dont les déchetteries.

Ces cas d'études et exemples pratiques démontrent l'efficacité et la viabilité du réemploi et du recyclage des palettes en bois. Ils illustrent comment les principes de l'économie de la fonctionnalité peuvent être appliqués de manière concrète pour obtenir des bénéfices économiques et environnementaux.

Enjeux politiques et environnementaux

L'impact des décisions et des politiques sur la gestion durable des palettes

Cette section aborde les implications politiques et environnementales du réemploi et du recyclage des palettes en bois, soulignant l'importance du rôle des décideurs dans la promotion d'une économie circulaire.

Rôle des politiques gouvernementales

Les politiques gouvernementales jouent un rôle crucial dans la facilitation du réemploi et du recyclage des palettes en bois. Des réglementations environnemen-

tales strictes, des incitations fiscales pour les pratiques durables, et des programmes de soutien à l'économie circulaire peuvent encourager les entreprises à adopter des pratiques de gestion plus responsables des palettes. Par exemple, des lois favorisant le recyclage des matériaux et la réduction des déchets en décharge contribuent à créer un environnement propice au réemploi des palettes (exemple de la loi AGE¹).

Impact environnemental du réemploi et du recyclage

Le réemploi et le recyclage des palettes en bois ont un impact positif significatif sur l'environnement. En prolongeant la durée de vie des palettes et en réduisant la nécessité de produire de nouvelles unités, on diminue la pression sur les ressources forestières et on réduit les émissions de CO₂ associées à la fabrication et au transport des palettes neuves. De plus, le recyclage des palettes en fin de vie réduit la quantité de déchets envoyés en décharge.

Défis de la mise en œuvre de politiques

La mise en œuvre de politiques favorisant le réemploi et le recyclage des palettes en bois n'est pas sans défis. Les décideurs doivent équilibrer les intérêts économiques, environnementaux et sociaux. Ils doivent également tenir compte des différentes capacités des secteurs public et privé à répondre aux exigences réglementaires, ainsi que des impacts potentiels sur les petites et moyennes entreprises.

Initiatives internationales et collaboration

Au niveau international, des initiatives telles que les accords sur le climat et le développement durable (Pacte vert) encouragent la collaboration entre les pays pour promouvoir des pratiques de gestion durable des ressources. La gestion des palettes en bois dans le cadre de l'économie circulaire est un domaine où la coopération internationale peut être particulièrement bénéfique. À titre d'exemple, on constate que d'un pays à l'autre, les typologies de palettes utilisées peuvent varier (par habitude ou contrainte). Il est intéressant de le prendre en compte et de pouvoir en tenir compte dans la fourniture de palette initiale lorsqu'on sait que l'usage va être l'exportation vers un autre pays avec lesdites particularités. Nous mettons ainsi sur le marché une palette qui connaîtra de multiples vies dans le pays de destination plutôt que d'être vouée à une orientation immédiate en « fin de vie » une fois libérée de sa charge car « non-compatible » avec le marché local.

En conclusion, les enjeux politiques et environnementaux liés au réemploi et au recyclage des palettes en bois sont complexes mais essentiels. Les décideurs ont la responsabilité de créer un cadre réglementaire et incitatif qui favorise des pratiques durables, contribuant

¹ https://www.legifrance.gouv.fr/contenu/Media/Files/autour-de-la-loi/legislatif-et-reglementaire/etudes-d-impact-des-lois/ei_art_39_2020/ei_trep19023951_cm_10.07.2019.pdf notamment pages 108, 148 et 181.

ainsi à la protection de l'environnement et à la promotion de l'économie circulaire.

Conclusion et perspectives d'avenir

Synthèse des enjeux et vision pour l'avenir des palettes en bois

En conclusion, cet article a exploré la place significative des palettes en bois dans l'économie de la fonctionnalité, mettant en lumière leur rôle crucial dans les pratiques de réemploi et de recyclage. Cette section résume les principaux points abordés et envisage l'avenir des palettes en bois dans un contexte de durabilité croissante.

Récapitulatif des points clés

- les palettes en bois sont essentielles dans la logistique moderne et l'économie circulaire ;
- leur réemploi et recyclage présentent des avantages économiques et environnementaux considérables ;
- les initiatives de réemploi améliorent l'efficacité opérationnelle et réduisent les coûts ;
- le recyclage des palettes en fin de vie transforme les déchets en ressources précieuses ;
- les politiques gouvernementales et les pratiques industrielles jouent un rôle vital dans la promotion du réemploi et du recyclage des palettes.

Vers une gestion plus durable des ressources

L'avenir des palettes en bois est étroitement lié à l'évolution des pratiques de gestion des ressources et des politiques environnementales. Avec une prise

de conscience croissante des enjeux environnementaux et une pression accrue pour des opérations plus durables, il est probable que le réemploi et le recyclage des palettes en bois gagneront en importance. Ces pratiques s'alignent non seulement sur les objectifs de durabilité, mais offrent également des opportunités économiques tangibles pour les entreprises.

Innovations et technologies émergentes

Les innovations technologiques, telles que les systèmes de suivi avancés et les matériaux plus durables, joueront un rôle clé dans l'optimisation du cycle de vie des palettes en bois. L'intégration de ces technologies peut améliorer l'efficacité du réemploi et du recyclage, réduisant ainsi les coûts et l'impact environnemental.

Implications pour les décideurs

Pour les décideurs des différents secteurs économiques il est crucial de reconnaître l'importance des palettes en bois dans l'économie circulaire. En favorisant des politiques et des pratiques qui soutiennent le réemploi et le recyclage des palettes, ils peuvent contribuer de manière significative à la création d'une économie plus durable et responsable.

En somme, la palette en bois, bien que simple en apparence, joue un rôle fondamental dans l'économie moderne. Son avenir dans l'économie de la fonctionnalité est prometteur, symbolisant un engagement envers des pratiques commerciales plus respectueuses de l'environnement et économiquement viables. Un monde économique sans palettes ne saurait exister !

Meubler et aménager en bois : un modèle souhaitable pour concilier décarbonation et réindustrialisation en France

Par Cathy DUFOR

Déléguée générale de l'Ameublement français

L'ameublement est au cœur du quotidien des Français : à la maison, au bureau, dans les tiers-lieux, dans l'espace public... Le bois occupe une place prépondérante dans les matériaux mis en œuvre par les fabricants français d'ameublement et d'agencement : sous forme de panneaux à base de bois ou de bois massif, il représente 85 % du poids total des matériaux mis en œuvre dans la fabrication française. À l'heure où les forêts françaises doivent s'adapter au changement climatique, quels défis se présentent à la filière française de la fabrication d'ameublement ? Deux études récentes conduites respectivement par EY et Carbone 4 ont permis d'éclairer les industriels sur les enjeux et leviers qui les attendent pour contribuer à l'atteinte des objectifs 2030-2050 de décarbonation de l'économie française. Avec un défi majeur : allonger la durée de vie des produits pour contribuer à stocker du carbone et préserver les ressources.

Alors que les forêts françaises doivent s'adapter au changement climatique et que l'industrie française se met en mouvement pour atteindre ses objectifs de décarbonation à l'horizon 2050, l'industrie française de l'ameublement est à la croisée des chemins.

En effet, le bois, matériau décarboné par excellence, occupe une place prépondérante dans les matériaux mis en œuvre par les fabricants français d'ameublement et d'agencement. Se projetant vers l'avenir, la filière française de l'ameublement a voulu éclairer deux questions majeures : quels leviers activer pour aller plus loin dans son impact sur la décarbonation ? La ressource bois, convoitée pour de nombreux usages, sera-t-elle toujours disponible à l'avenir pour fabriquer des meubles ?

Pour y répondre, l'Ameublement français, organisation professionnelle représentative des fabricants français d'ameublement, s'est appuyé sur deux études récentes qui ont permis d'éclairer les industriels sur les enjeux et leviers pour contribuer à l'atteinte des objectifs 2030-2050 de décarbonation de l'économie française :

- en 2022, le cabinet EY¹ a mesuré les dynamiques économiques, sociales et environnementales de la filière fabrication d'ameublement sur l'ensemble du territoire français et dressé les scénarios des différentes trajectoires de décarbonation en cohérence avec les accords de Paris ;

- en 2023, une étude structurante conduite par Carbone 4² avec l'intégralité des acteurs de la filière bois s'est attachée à optimiser l'utilisation de la ressource bois disponible dans le futur avec les usages permettant un stockage long du carbone, dont l'ameublement fait partie.

Ces deux études démontrent que la fabrication française d'ameublement a un rôle à jouer dans les prochaines années en s'orientant vers des modèles de « sobriété heureuse de consommation », s'appuyant sur les principes de l'économie circulaire, notamment de l'allongement de la durée de vie des produits.

État des lieux de l'industrie de l'ameublement en France

L'ameublement, une industrie créatrice de valeur sur le territoire

La réindustrialisation est devenue une grande cause nationale. Elle est un enjeu de souveraineté économique et de protection d'emplois à haute valeur ajoutée. Bien que la fabrication d'ameublement, comme beaucoup d'autres industries en France, ait perdu 27 % de ses emplois salariés depuis 2009, les entreprises de l'ameublement français sont mobilisées pour relancer le « fabriqué en France », qui recueille la sympathie des consommateurs. L'impact économique et social actuel

¹ Étude EY pour l'Ameublement français, 2022 (voir bibliographie).

² Étude Carbone 4 - 2030-2050 : Quel scénario carbone pour la filière forêt-bois ? (voir bibliographie).

de la fabrication d'ameublement sur le territoire français reste encore particulièrement fort :

- elle a généré 3,6 milliards d'euros de valeur ajoutée directe en 2021, soit 40 % de plus que l'industrie textile ;
- elle soutient plus de 60 000 emplois directs, soit 112 000 emplois au total si l'on compte les emplois indirects et induits. C'est deux fois plus d'emplois directs que l'ensemble des *start-up* françaises ayant levé des fonds, et autant que la métallurgie ;
- la filière compte près de 19 000 entreprises qui, pour les trois quarts d'entre elles, sont situées hors des métropoles. Elle est à ce titre un levier efficace de réduction des inégalités territoriales.

Une activité industrielle, émettrice de CO₂, mais vertueuse en comparaison des autres pays

Comme toute industrie, l'activité de fabrication d'ameublement est émettrice de CO₂. Mais son impact est limité du fait de ses caractéristiques particulièrement intéressantes sur le plan environnemental, telles que la durabilité des matériaux utilisés comme le bois ou la gestion performante de la fin de vie des meubles.

La filière a une empreinte carbone de 2,58 MtCO_{2eq}, près de 70 % de cette empreinte est généré par le poste « matières premières et approvisionnement » (cf. Figure 1).

Répartition de l'impact carbone par étape du cycle de vie du meuble, en MtCO_{2eq}, en 2020

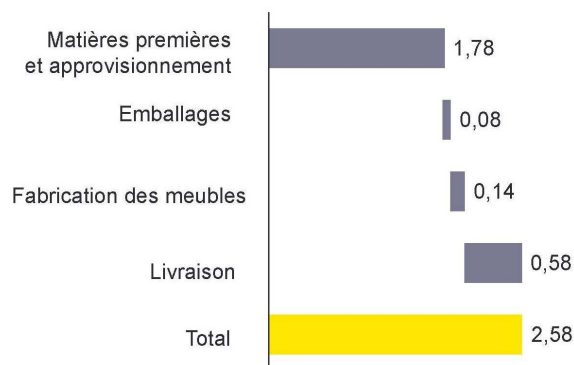
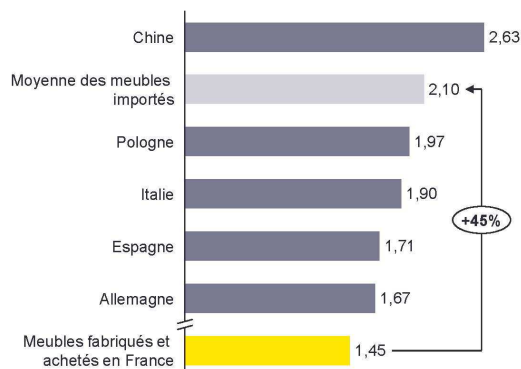


Figure 1 : Impact carbone de la fabrication d'ameublement en France en 2020 (Source : étude EY pour l'Ameublement français, 2022).

L'empreinte environnementale d'un meuble fabriqué en France est deux fois inférieure à celle d'un meuble fabriqué en Chine puis importé en France (cf. Figure 2). Cet impact n'est pas lié qu'aux transports mais aussi aux modes de production. Quand on sait que deux tiers des meubles achetés en France sont importés, la réindustrialisation durable de la France constitue ainsi une priorité d'ordre économique, social, mais aussi environnemental.

Nombre moyen de kgCO_{2eq}. émis par kg de meuble importé, pour les cinq principaux pays d'origine des importations françaises de meubles, en 2020



Note de lecture : pour 1kg de meuble importé de Chine, 2,6kg de CO₂ sont émis.

Figure 2 : Comparaison de l'impact carbone de meubles fabriqués en France vs. meubles importés, en 2020 (Source : étude EY pour l'Ameublement français, 2022).

Une activité qui utilise principalement du bois, exemplaire sur la gestion de la fin de vie

Le bois, matériau très peu émissif, représente 85 % du poids total des matériaux utilisés pour la production de meubles (82 % de panneaux de bois et 3 % de bois massif). Dans une logique d'économie circulaire, les panneaux à base de bois intègrent jusqu'à 40 % de bois recyclé. Ces utilisations du matériau bois contribuent à une exploitation raisonnée de cette ressource et au maintien des forêts, véritables puits de carbone.

96 % des déchets liés à l'ameublement sont revalorisés, dont 55 % en recyclage matière et 45 % en énergie, ce qui en fait une filière exemplaire sur la gestion de la fin de vie (et permet l'évitement de plus d'un quart des émissions de la filière). Cela représente près de 1,2 million de tonnes de meubles en fin de vie collectées en 2022 (année représentative hors pandémie).³

Décarbonation et réindustrialisation de la filière de l'ameublement : quelle feuille de route ?

La filière de la fabrication d'ameublement en France s'est fixée des objectifs ambitieux en matière de décarbonation et de développement économique, notamment la lutte contre le déficit commercial. Les deux objectifs vont de pair et sont les conditions d'une réindustrialisation durable du pays.

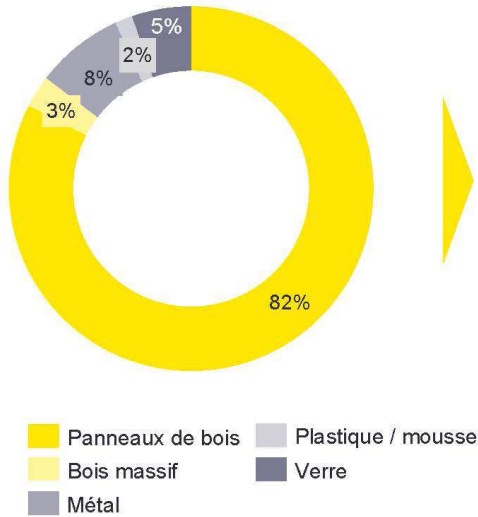
La question des émissions importées et la compétitivité-prix des pays non-exposés est une problématique importante pour les entreprises de la filière.

Bien que cette question soit critique pour l'avenir de la filière française et la souveraineté industrielle de la France, elle n'est pas utilisée par la filière comme une

³ Source – bilan ADEME filière Ameublement, <https://filieres-rep.ademe.fr/filieres-REP/filiere-EA/tableau-de-bord>

Le bois représente 85% du poids total des matériaux utilisés pour la production de meubles

Répartition de la quantité de matériaux utilisés pour la production de meubles par la filière (en %), en 2020



Sources : ADEME, EY

Le bois massif et les panneaux de bois sont relativement peu émissifs

Grammes de CO₂ émis par kg de matière produite, en 2020

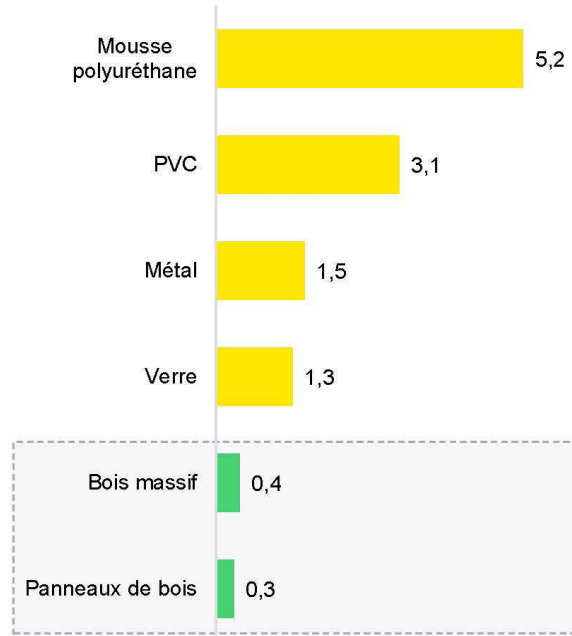


Figure 3 : Matériaux mis en œuvre dans la fabrication d'ameublement en France et impact carbone (Source : étude EY pour l'Ameublement français, 2022).

excuse pour reporter la mise en place d'un plan de décarbonation ambitieux.

Les leviers de réductions des émissions de CO₂ à horizon 2030

D'ici à 2030, la transformation des modes d'approvisionnement de fabrication et de transport constitue une priorité pour la décarbonation de la filière.

À court et moyen termes, la filière peut optimiser ses efforts de décarbonation grâce à des actions sur trois piliers :

- Décarboner encore plus l'approvisionnement en matières premières, en utilisant davantage de matières recyclées, notamment pour les matières les plus polluantes. Sur le panneau à base de bois, principal matériau utilisé dans l'industrie de l'ameublement, l'utilisation de colles biosourcées issues de co-produits de l'agriculture, les équipements en séchoir à bois basse température et l'augmentation de l'incorporation de bois recyclé – notamment issu de meubles en fin de vie – permettront de gagner d'ici quelques années un tiers d'émissions carbone sur ce matériau déjà extrêmement peu émissif.
- Agir sur le transport en privilégiant des transports plus propres (si le bateau et le train se développent), mais également en fabriquant de meubles plus légers.

- Réduire l'impact énergétique, en se fournissant à partir de sources renouvelables (panneaux solaires, chaudières utilisant les chutes de production à base de bois) ou en modernisant les équipements pour des machines moins énergivores.

Concilier décarbonation et réduction du déficit commercial

La filière s'est fixée pour objectif la réduction du déficit commercial, pour recréer des emplois en France et retrouver des marges de manœuvre permettant de financer l'innovation et l'adaptation au changement climatique.

La baisse des importations les plus émettrices, en particulier celles venues de Chine, implique un travail de coordination et de responsabilisation de la filière aval, en particulier distributeurs, consommateurs, et régulateurs publics.

Afin de réduire les émissions de CO₂ au niveau mondial, la qualité des modes de production, l'allongement de la durée de vie des produits et la prévalence des circuits courts, au plus proche du consommateur, doivent être privilégiés. *In fine*, les entreprises de l'Ameublement français pourraient devenir le berceau du *design* d'usage et de l'économie de la fonctionnalité.

Tableau 1 : Scénarios trajectoires 2020-2030
(Source : étude EY pour l'Ameublement français, 2022).

Scénarios trajectoires 2020-2030	Transition environnementale			Transition économique	Transition sociale
	CO ₂ produit en France	CO ₂ importé	CO ₂ total	Chiffre d'affaires	Emplois directs
Valeur référence 2019 (étude EY)	2,58 Mt	3,59 Mt	6,17 Mt	11 Mds€	60 000
Scénario désindustrialisation tendancielle (projection Insee)	- 40 %	+ 25 %	- 3 %	- 11 %	- 6 600
Scénario projet sectoriel 2022/2027 (réindustrialisation et internationalisation)	- 22 %	- 4 %	- 11 %	+ 18 %	+ 10 900

Ce seraient ainsi des productions de meilleure qualité, répondant aux nouvelles attentes des consommateurs, non délocalisables et soutenables sur le plan environnemental qui soutiendraient la réindustrialisation du pays. En parallèle, la filière a également établi une feuille de route ambitieuse pour développer ses entreprises à l'international, fondée sur une soixantaine d'actions concrètes, à même de réduire d'un tiers le déficit commercial actuel, en renforçant l'implantation française sur les marchés en croissance. Un travail sur la proposition de valeur de la filière, en France et à l'étranger, a aussi vocation à être lancé dans les prochains mois pour progresser en termes de compétitivité hors-prix.

Ces ambitions ont été évaluées dans le cadre de l'étude réalisée par EY, qui a permis de modéliser les impacts des deux scénarios (cf. Tableau 1).

Sans plan de transformation de la filière, la désindustrialisation de la fabrication d'ameublement en France devrait se poursuivre au profit des importations plus émettrices de carbone. Selon les projections de l'Insee, la production française de meubles devrait baisser de - 11 % entre 2020 et 2030. Cette désindustrialisation couplée aux efforts de décarbonation de la filière française présente un bilan *a priori* satisfaisant de - 40 % de CO₂ émis en France ; mais ce mouvement s'accompagne d'une hausse du carbone importé de + 25 % et d'une destruction de près de 10 % des emplois de la filière.

Ce scénario n'est donc pas soutenable d'un point de vue social et inopérant d'un point de vue environnemental.

A contrario, en ayant une approche volontariste misant sur la réindustrialisation et l'internationalisation de la fabrication d'ameublement en France, les émissions totales de carbone liées au secteur du meuble baissent de 11 % d'ici 2030, tout en contribuant à la création de 10 900 emplois. Décarbonation et réindustrialisation vont donc de pair dans une approche durable, soutenable et acceptable sur les plans économiques, sociaux et environnementaux.

Allonger la durée de vie des meubles pour préserver la ressource bois et stocker le carbone plus longtemps : transition vers l'économie de la fonctionnalité à horizon 2050

D'ici à 2050, la filière voit dans l'émergence du *design* d'usage et de l'économie de la fonctionnalité la solution à une décarbonation profonde compatible avec une croissance économique durable ; elle suppose un changement majeur des mentalités des parties prenantes de la filière, en premier lieu les consommateurs BtoB et BtoC... : location plutôt qu'achat, réparation plutôt que recyclage, qualité durable plutôt que bas prix ou développement du marché de seconde main...

Allonger la durée de vie des meubles

Le principal levier de décarbonation de la filière est l'allongement de la durée de vie des meubles, qui pourrait se traduire par une diminution des quantités de meubles produites à l'échelle mondiale.

L'éco-conception et la réparation sont les deux piliers de cette démarche de prolongation de la durée d'usage, à même de favoriser une moindre utilisation des ressources naturelles, dans une perspective d'économie circulaire. Elle présente également l'avantage de stocker le carbone plus longtemps dans les produits.

Dans le même esprit, la capacité de la filière à structurer le marché de la seconde main est un facteur clé de succès, tant sur le plan environnemental qu'économique. Cette démarche déjà développée sur d'autres marchés répond à une évolution des attentes des consommateurs. Les éco-organismes Ecomaison et Valdelia pourraient avoir un rôle moteur à jouer sur ce sujet en rénovant des meubles plutôt qu'en les valorisant par d'autres méthodes telles que le recyclage matière ou l'incinération. Cela pourrait ainsi permettre que la valeur ajoutée ne soit pas captée par un seul opérateur privé mais bénéficie à l'ensemble de la filière.

Développer l'économie de la fonctionnalité

Comme d'autres secteurs, la filière ameublement s'oriente vers l'économie de la fonctionnalité. Il s'agit de

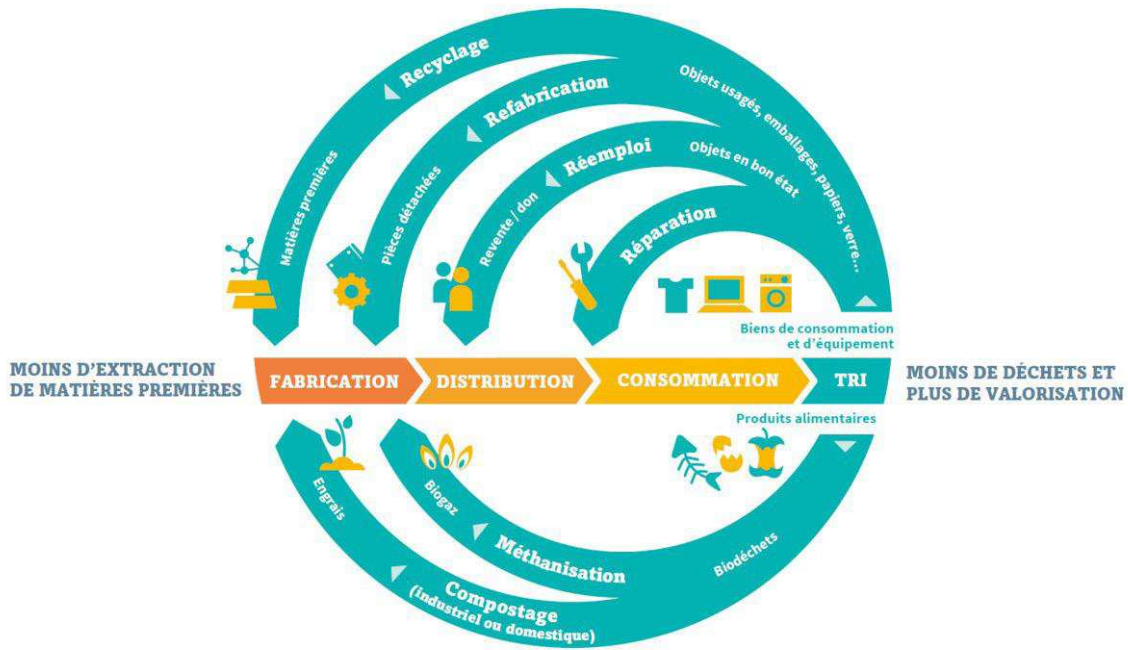


Figure 4 : Boucles de l'économie circulaire (Crédits : Ademe).

passer de la possession du meuble en tant que produit à l'usage du meuble selon un principe de "furniture as a service". Le développement du *design* d'usage et la transition vers une économie de la fonctionnalité est à même de réduire les quantités produites et de relocaliser les lieux de production et de services, au plus proche des consommateurs.

Une réflexion sur les *business models* pourrait permettre de continuer à créer de la valeur pour la filière tout en produisant moins, ce qui est un enjeu majeur pour une croissance durable et soutenable.

Conclusion

**Un double impact :
préserver la ressource bois et
stocker le carbone plus longtemps
dans les produits d'ameublement**

Les conclusions de l'étude menée par EY en 2022 ont été confirmées par l'étude conduite par Carbone 4 pour la filière bois en 2023. Il nous faut agir sur les changements de comportements des producteurs et des consommateurs. L'allongement de la durée de vie des meubles en s'appuyant sur les principes de l'économie circulaire (recyclage, réparation, réemploi...) permet d'économiser la ressource bois et de stocker plus longtemps le carbone dans les produits d'ameublement.

Bibliographie

Étude EY pour l'Ameublement français (2022), <https://www.ameublement.com/replay/la-filiere-de-l-ameublement-face-aux-grandes-transitions-de-l-economie> ; <https://www.ameublement.com/article/comment-concilier-decarbonation-et-reindustrialisation->

Étude Carbone 4 - 2030-2050 : Quel scénario Carbone pour la filière bois ? (2023), <https://www.codifab.fr/actions-collectives/2030-2050-scenario-carbone-filiere-foret-bois>

L'industrie papetière : un convertisseur de carbone biogénique contribuant à la lutte contre le changement climatique

Par Paul-Antoine LACOUR

Copacel

L'industrie papetière, en tant qu'utilisatrice de la cellulose produite par les végétaux ligneux, met sur le marché des produits composés de carbone biogénique (emballages, articles d'hygiène, molécules diverses), et substitue ainsi des biens manufacturés dérivés de carbone fossile. Sa contribution à la lutte contre le changement climatique passe également par un usage énergétique croissant de la biomasse ligneuse, ce qui lui permet de substituer de manière accrue des combustibles fossiles. Cette capacité à produire des matériaux biosourcés est cependant tributaire de la capacité qu'auront à l'avenir les forêts à fournir du bois, et donc à s'adapter aux conséquences du changement climatique.

L'analyse des liens entre forêts et changement climatique revêt pour l'industrie papetière une triple dimension. La première dimension vise à analyser le rôle des produits papetiers en matière de lutte contre le changement climatique, notamment en se substituant à des biens manufacturés issus de la chimie du carbone fossile. La deuxième dimension du sujet porte sur le rôle croissant de la valorisation énergétique de la biomasse forestière dans la décarbonation de cette industrie. Enfin, un troisième volet concerne l'impact des changements climatiques sur les ressources naturelles (eau et bois) utilisées par les usines papetières.

L'industrie papetière transforme la biomasse ligno-cellulosique en bioproduits substituant du carbone fossile

En France, c'est au sein de 80 usines que l'industrie papetière produit des matériaux, qui ont tous en commun d'être constitués d'un polymère, la cellulose, dont le carbone est biogénique. Certaines de ces entreprises isolent également des molécules dont les chaînes carbonées sont issues d'une ressource végétale, ce qui permet de les désigner sous le terme de bioraffinerie (CEPI, 2021). Vis-à-vis du changement climatique, la production de bioproduits (biomatériaux et biomolécules) présente l'avantage de substituer des produits issus de la transformation du carbone fossile. Ce mouvement de substitution a un intérêt considérable car il évite de recourir à de nouvelles ressources

carbonées (pétrole ou gaz) dont la fin de vie est émettrice de CO₂ fossile.

L'industrie papetière, une activité productrice de bioproduits...

La pâte de cellulose est la première famille des biomatériaux que fabrique l'industrie papetière. Sous ce terme se rangent différents produits, tous composés de fibres de celluloses issues d'organismes végétaux (majoritairement des arbres, mais des plantes annuelles, comme le coton, sont utilisées pour certains usages). Selon ses caractéristiques, cette pâte de cellulose peut être destinée à la fabrication de papiers ou de cartons (on parle alors de pâte papetière) ou utilisée comme matière première pour la fabrication de fibres textiles (pâte à dissoudre destinée à la production de viscose). Lorsque les caractéristiques des molécules sont strictement définies, la pâte (pâte de spécialité) peut également servir de substrat à des réactions chimiques, comme la production d'éthers de cellulose (qui entrent dans la fabrication de médicaments, peintures, etc.). À ces applications traditionnelles s'ajoute depuis quelques années la fabrication de nouveaux produits, ayant des propriétés remarquables, comme par exemple les Microfibrilles de Cellulose (MFC) (voir Photo 1).

Les papiers et les cartons sont la seconde famille de matériaux produits par les sites papetiers. Papiers et cartons sont constitués d'un entrelacs de fibres de cellulose (les fibres ont une longueur variant d'un à quelques millimètres, selon les essences forestières utilisées). Le matériau obtenu est dénommé « papier » lorsque la masse surfacique (grammage) est inférieure

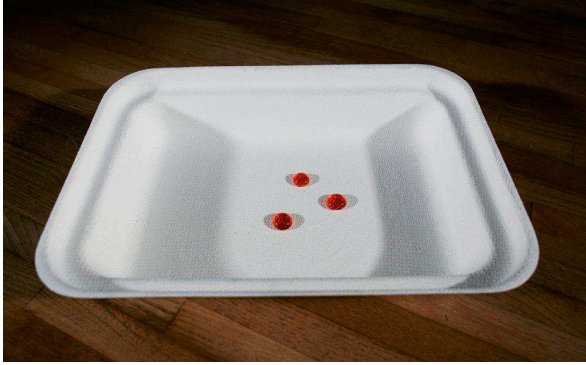


Photo 1 : Barquette alimentaire hydrophobe contenant des microfibrilles de cellulose (MFC) (Crédits photos : CTP).

à 224 g/m² et « carton » au-delà. Ce matériau, selon ses caractéristiques (résistance, blancheur, opacité...) peut être utilisé pour des applications diverses. On distingue ainsi les papiers graphiques (le matériau est utilisé comme support du texte ou de l'image) ; les papiers et cartons d'emballage (le matériau est utilisé pour la fabrication de sacs, de boîtes, de caisses) ; les papiers d'hygiène (les propriétés hydrophiles de la cellulose et sa douceur sont valorisées pour produire des mouchoirs, essuie-tout, articles d'hygiène...) et enfin les papiers de spécialités, utilisés pour des applications très diverses (papier cuisson, support d'abrasifs, papier décor, papier filtre, papier de soie...). Selon les caractéristiques recherchées, les papiers et cartons sont produits soit

en utilisant comme matière première de la pâte papetière, soit en recourant au recyclage de produits fibreux en fin de vie (« vieux papiers »). Cette seconde voie, qui consiste à utiliser un déchet (emballage en carton usagé, vieux journal, essuie-main humide...) s'est fortement développée depuis les trente dernières années. Plus de 80 % des déchets papier/cartons sont ainsi recyclés et la part des fibres récupérées entrant dans la fabrication d'une nouvelle feuille de papier ou carton représente plus de 68 % du total des fibres utilisées par l'industrie papetière. Pour ce qui concerne spécifiquement les emballages ménagers, l'objectif de recyclage a été défini par les pouvoirs publics de manière à passer de 68 % en 2024 à 83 % en 2029. Pour cela, les dispositifs de collecte devront évoluer, de manière à être mieux adaptés aux évolutions de consommation (développement du e-commerce notamment). Plus généralement, on notera que, d'après les chiffres établis par l'ADEME, l'emballage papier carton dans son ensemble (emballages ménagers et industriels) a atteint un taux de recyclage de 85,6 % en 2021, dépassant avec 9 ans d'avance l'objectif de 85 % en 2030 fixé par la législation européenne.

Différents types de molécules sont également produites sur certains sites papetiers (principalement ceux qui produisent de la pâte de cellulose). Il peut s'agir de macromolécules (comme les lignosulfonates issus de la lignine) ou des molécules de faible poids moléculaire (terpènes provenant de la résine des conifères, tanins...). Une voie toute nouvelle s'est également



Photo 2 : Vue aérienne d'une usine de production de pâte de cellulose. On peut noter au premier plan le parc à bois et l'atelier de mise en plaquettes (Crédits photos : Copacel).

ouverte sur certains sites, à savoir la production de biocarburants de seconde génération, destinés à se substituer à des carburants utilisés pour le transport terrestre ou aérien. Ces biocarburants issus du bois présentent comme intérêt principal de ne pas utiliser une ressource végétale qui pourrait être destinée à un usage alimentaire.

... remplaçant des équivalents issus du carbone fossile

L'utilisation de matières premières contenant exclusivement du carbone biogénique (bois, pâte de cellulose, papiers récupérés) évite d'introduire dans le cycle du carbone une masse additionnelle de carbone fossile. Cette substitution est déjà à l'œuvre depuis plusieurs années, ceci afin de répondre à des demandes des clients ou des prescriptions législatives (interdiction des sacs de caisse en plastique...). Dans le domaine des emballages, par exemple, plusieurs lois ont interdit l'emploi des résines plastiques, ce qui a offert des perspectives de développements importants aux produits cellulosiques.

Cette présentation succincte montre que l'industrie papetière doit être vue comme une activité dont la vocation est de produire des matériaux cellulosiques et des molécules dont l'emploi permet de satisfaire de très nombreux besoins des Humains (voir Photo 2). Cette activité de production de biomatériaux et biomolécules s'inscrit à l'intersection de la bioéconomie (l'économie de la transformation du carbone biosourcé) et de l'éco-

nomie circulaire (grâce au taux de recyclage élevé des déchets de produits fibreux). Cette double caractéristique confère aux entreprises papetières une position singulière et un avantage certain en matière de lutte contre le changement climatique.

La valorisation énergétique de la biomasse forestière joue un rôle croissant dans la décarbonation de l'industrie papetière

La biomasse forestière joue un rôle croissant dans la décarbonation de l'industrie papetière...

Même si elle a comme vertu de produire des matériaux biosourcés, et donc ne pas utiliser comme matières premières des ressources pétro-sourcées ou minérales, l'industrie papetière a besoin d'énergie pour faire fonctionner ses procédés. Cette énergie est soit de l'électricité (achetée sur le réseau ou produite sur site), soit de la chaleur (produite *in situ* dans des chaudières industrielles). L'électricité (6,0 TWh consommés en 2022) est utilisée comme force motrice des machines. La chaleur (18,3 TWh consommés en 2022, pour sa part, est nécessaire à la fabrication de la pâte ou encore pour vaporiser l'eau et sécher le papier.



Photo 3 : Les chaudières utilisent majoritairement des sous-produits du *process* papetier (Crédits photos : Copacel).

Ces consommations d'énergie (électricité et chaleur) sont émettrices de gaz à effet de serre, de sorte que, depuis le début des années 2000, les entreprises papetières se sont employées à réduire leurs émissions directes et indirectes. Cette réflexion collective a conduit le syndicat de l'industrie papetière (Copacel) à publier, en février 2022, sa feuille de route de décarbonation¹. Ce document présente une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre à horizon 2030, les leviers utilisables, ainsi que les mesures de politiques publiques nécessaires à la matérialisation de ces réductions. Cette feuille de route retient comme scénario la poursuite d'un effort de décarbonation correspondant à une baisse moyenne de 2,7 % par an des émissions de CO₂ fossile par tonne produite.

Parmi les différents leviers présentés (électrification des procédés, amélioration de l'efficacité énergétique, recours à des énergies décarbonées), un rôle majeur revient à la biomasse forestière. En ce qui concerne l'électricité, et même si le mix énergétique français est très décarboné grâce aux moyens de productions nucléaires, la voie suivie par l'industrie papetière est de développer des installations de cogénération de chaleur et d'électricité utilisant comme énergie primaire de la biomasse forestière. L'électricité « verte » ainsi produite se substitue ainsi à celle du réseau, ce qui contribue à l'atteinte des objectifs de la France en matière d'énergies renouvelables.

En ce qui concerne la production de chaleur, le développement des chaudières utilisant de la biomasse a été spectaculaire (voir Photo 3). En 2023, l'énergie provenant de la biomasse ligneuse représente ainsi 63 % de la consommation totale de chaleur de l'industrie papetière (le solde étant constitué de gaz). La part très importante de cette énergie non émettrice de CO₂ fossile tient à l'activité même de l'industrie papetière : l'utilisation de la biomasse dans les procédés permet de valoriser sous forme énergétique la fraction de celle-ci impropre à la fabrication de produits manufacturés. Ainsi, lors de la fabrication de la pâte de cellulose, la lignine et les hémicelluloses forment un mélange (liqueur noire) dont la combustion est une importante source d'énergie. Dans le procédé papetier fondé sur le recyclage des fibres, toutes celles impropres à la fabrication d'une nouvelle feuille (par exemple parce que trop courtes, ou mélangées avec des matières non fibreuses) sont éliminées. Elles se retrouvent, soit dans les Combustibles Solides de Récupération (CSR), soit dans les boues papetières. La combustion de cette matière organique, qui prend son origine dans le bois, contribue là encore à la production d'énergie décarbonée.

... mais son utilisation doit être effectuée dans le respect de la hiérarchie des usages

Dans le cadre de l'industrie papetière, la valorisation énergétique de la biomasse, s'effectue de manière complémentaire à la production de biens manufac-

turés (pâte, papier, carton). L'utilisation énergétique de la biomasse est en effet très majoritairement réalisée avec des sous-produits du process (et non avec des matières premières ligneuses qui pourraient être utilisées pour produire des biens manufacturés). Ce modèle d'utilisation de la biomasse forestière est illustratif du principe « d'utilisation en cascade » du bois, promu par l'article 29 la directive 2023/2413 sur les énergies renouvelables. En application de ce principe, les politiques publiques doivent veiller à ne pas orienter la biomasse forestière directement vers la production d'énergie, mais s'assurer au contraire qu'elle est utilisée pour produire un bien manufacturé (bien qui sera recyclé et uniquement, *in fine*, lorsque le recyclage n'est plus possible, utilisé pour produire de l'énergie).

Les ressources naturelles utilisées par l'industrie papetière, dont le bois, sont affectées par le changement climatique

Les procédés papetiers nécessitent des ressources naturelles sensibles aux variations climatiques (l'eau pour tous les sites et le bois pour ceux produisant de la pâte de cellulose). La question qui se pose est donc de savoir si la production d'une masse croissante de produits biosourcés sera possible dans un contexte où les ressources naturelles qui la permettent sont elles-mêmes soumises à des contraintes climatiques.

L'activité papetière est impactée par le changement climatique

La question de la disponibilité en eau se pose à double titre, à la fois pour les procédés industriels, mais également en ce qui concerne la santé des forêts. Concernant les procédés, l'eau est indispensable à la fabrication de la pâte de cellulose (mise en suspension et lavage des fibres) ainsi que lors de la fabrication d'un matelas fibreux constituant une feuille de papier ou de carton. En d'autres termes, aucune papeterie ne peut se passer d'eau. Les efforts très importants accomplis en matière d'économie d'eau (les prélèvements d'eau pour la production de pâte et de papier ont diminué de 55 % au cours des trente dernières années) permettent, sur ce point, de considérer l'avenir avec espoir, même si on ne peut exclure des tensions fortes dans certains bassins hydrologiques.

La situation est en revanche plus incertaine en ce qui concerne l'impact à moyen terme de la baisse de pluviométrie sur la santé des forêts. Les stress hydriques induisent en effet une mortalité directe et un affaiblissement des peuplements forestiers, qui deviennent alors plus sensibles à différents types de risques biotiques (principalement des insectes, à l'image de la prolifération des scolytes dans l'Est de la France ces dernières années). Les risques abiotiques sont également accrus (hausse de la prévalence des incendies dans les massifs ou la sécheresse de la biomasse devient élevée). Symétriquement, des épisodes de pluviométrie forte et prolongée sont susceptibles de restreindre, voire d'interdire, les opérations d'exploitation fores-

¹ https://www.copacel.fr/wp-content/uploads/2022/03/20220216_copacel_feuille_de_route_de_decarbonation_filiere_papier_carton-1.pdf

tière. Même si l'impact des engins d'exploitation sur les sols a diminué grâce aux progrès techniques, des sols détrempés proscrivent la circulation d'engins, ce qui entraîne des conséquences négatives pour les entreprises chargées de ces travaux (pertes de revenus), mais peut également conduire à un ralentissement de la production d'une usine de pâte de cellulose par défaut de bois. Enfin, le risque de tempêtes plus fréquentes, et dont les conséquences seraient plus sévères, constitue un autre élément de déstabilisation des approvisionnements en bois. L'évolution de ces différents facteurs est difficile à modéliser à l'échelle des bassins d'approvisionnement des usines de pâte de cellulose (rayon moyen de 200 km autour de l'usine), mais constitue une source d'incertitude à moyen terme.

... mais peut dans le même temps servir d'exutoire aux bois de crise

Un élément positif, toutefois, tient à ce que les procédés de production de pâte s'accommodent, dans une certaine limite, des « bois de crise » (voir l'article de Fabien Carouille dans ce numéro). À la différence des activités utilisant du bois d'œuvre (sciage, tranchage,

déroulage), pour lesquelles les caractéristiques mécaniques du bois ou son aspect visuel conditionnent son utilisation, l'industrie papetière s'intéresse à la qualité des fibres, qui sont en général moins altérées par les dégradations que ne le sont des arbres pris dans leur ensemble. Ainsi, après la tempête Klaus (2009), l'industrie de la pâte avait été capable de valoriser pendant plus de 5 ans les arbres brisés ou déracinés. Dans la même logique, les bois très secs, conséquence de la prolifération des scolytes depuis 2018 au sein des peuplements d'épicéas, ont pu pour partie d'entre eux être utilisés (en mélange avec des bois frais) pour produire de la pâte. Enfin, une partie des bois incendiés lors des feux qui ont frappé le massif des Landes en 2022 a également pu être valorisée.

Ces différents exemples démontrent qu'il est nécessaire de prévenir les atteintes aux massifs forestiers susceptibles d'être engendrées par des aléas climatiques, et ainsi limiter les volumes de « bois de crise » qui en résultent. Toutefois, une fois les sinistres constatés, il est utile de pouvoir valoriser les bois grâce à des procédés industriels qui s'accommodent de leur altération.

Le bois énergie, une énergie renouvelable incontournable à la transition énergétique

Par **Émilie MACHEFAUX**, **Nicolas TONNET** et **Jérôme MOUSSET**

Agence de la Transition écologique (ADEME)

Alors que la directive 2023/2413 du 18 octobre 2023 sur les énergies renouvelables (RED III) fixe un nouveau cap ambitieux selon lequel « les États membres veillent collectivement à ce que la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie de l'Union en 2030 soit d'au moins 42,5 % », la chaleur renouvelable produite à partir de bois représente un enjeu stratégique de la transition énergétique. En créant des voies de valorisation pour des résidus ou des coproduits qui ne trouveraient pas de débouchés, le bois énergie est une composante essentielle de l'équilibre économique de la filière bois dans son ensemble. Cependant, compte tenu des incertitudes sur la ressource disponible liées au changement climatique et des nouveaux usages de la biomasse, il convient d'avoir une vision systémique de la ressource et des valorisations. En France, la ressource bois est renouvelable, le gisement reste cependant limité, aussi il est important de l'utiliser de façon optimisée et là où elle est la plus pertinente pour répondre aux besoins de la transition écologique.

Forêt et filière bois au cœur de la transition écologique

Les forêts rendent de nombreux services essentiels à la société. Elles constituent des réservoirs importants de biodiversité, contribuent à la préservation des sols et de la qualité des eaux, au captage et au stockage du carbone, aux valeurs et services socio-culturels et fournissent du bois pour les matériaux et l'énergie.

En absorbant du dioxyde de carbone (CO₂), grâce à la photosynthèse, les forêts et la filière bois jouent trois rôles essentiels dans l'atténuation du changement climatique :

- un rôle de réservoir du fait du stockage de carbone biogénique dans la végétation (y compris le bois mort et la litière), dans les sols des forêts, ainsi que dans les produits bois ;
- un rôle de puits si les stocks de carbone dans le réservoir forestier augmentent permettant ainsi de réduire la concentration de CO₂ dans l'atmosphère ;
- un rôle de réduction des émissions d'origine fossile grâce à l'utilisation du bois en substitution d'autres matériaux ou énergies davantage consommateurs ou émetteurs de carbone fossile.

Par sa capacité à maintenir et à augmenter les stocks de carbone en dehors de l'atmosphère, dans les forêts et les produits bois (rôle 1 et 2), et à réduire les émissions de gaz à effet de serre d'origine fossile (rôle 3), le secteur forêt-bois est stratégique pour atteindre l'objectif de neutralité carbone en 2050.

La forêt a également une fonction productive. La surface forestière française (17,3 Mha en métropole) et la gestion sylvicole associée permet à notre pays de disposer en quantité de ressources en bois.

Ainsi, sur le plan économique, les activités qui découlent de la forêt sont multiples :

- 37 % des volumes de bois prélevés servent à produire du bois d'œuvre à destination de la construction (charpentes, menuiseries...) : les résidus de ces activités (connexes...) sont valorisés en partie vers l'industrie (pour produire du papier ou des panneaux...) ou la filière du bois énergie ;
- 18 % des volumes de bois prélevés alimentent directement l'industrie. 45 % des volumes sont prélevés pour produire de l'énergie, que ce soit par les particuliers, ou par des professionnels pour produire par exemple de la plaquette forestière à destination de chaufferies pour alimenter les réseaux de chaleur urbain.

Le bois énergie incontournable à la transition énergétique

Les besoins de chaleur, qui représentent aujourd'hui 43 % de la consommation d'énergie en France, sont encore majoritairement couverts par des énergies carbonées et importées (gaz, fioul, charbon). La part de chaleur renouvelable et de récupération en France métropolitaine augmente. Elle est passée de 24 % en

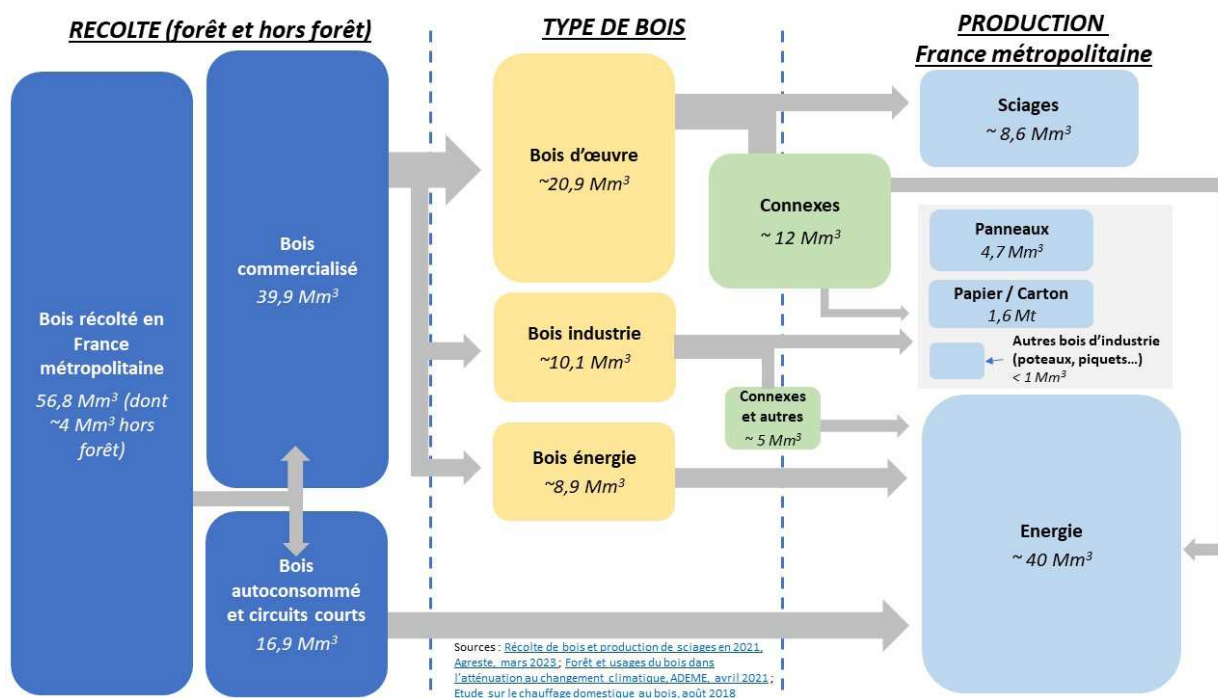


Figure 1 : Récolte de bois et production de sciages en 2021 (Source : Agreste, mars 2023) ; Forêts et usages du bois dans l'atténuation au changement climatique (Source : ADEME, avril 2021) ; Étude sur le chauffage domestique au bois (Source : ADEME, Solagro, Biomasse Normandie, BVA, août 2018).

2021 à 27,2 % en 2022¹. Néanmoins, pour atteindre l'objectif fixé par la loi², de 38 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale de chaleur en 2030, le rythme doit encore s'accélérer en complément d'efforts significatifs en matière d'efficacité et de sobriété énergétiques.

Utilisé depuis très longtemps, le bois énergie est aujourd'hui la première énergie renouvelable en France, avec près de 34 % de la production actuelle d'énergie renouvelable. 7 millions de foyers, soit un quart des ménages, se chauffent au bois *via* un appareil domestique individuel (poêle, chaudière, insert...). Le bois énergie permet de relocaliser la production d'énergie, il contribue à augmenter l'indépendance énergétique de la France et à améliorer sa balance commerciale *via* la baisse des importations d'énergies fossiles. La filière bois énergie crée des emplois locaux et non délocalisables sur nos territoires (environ 26 000 emplois directs³).

Des objectifs ambitieux pour le développement de la chaleur renouvelable produite à partir de bois ont été définis dans le cadre des politiques européennes et françaises pour les secteurs collectif, industriel et domestique. Dans les secteurs collectif et tertiaire, le développement des réseaux de chaleur est indispensable pour mobiliser massivement les gisements

locaux d'énergie renouvelable et de récupération (EnR&R) non distribuables autrement. Dans l'industrie, l'enjeu est le remplacement des chaudières alimentées en énergie fossile par des chaudières biomasse, mais également par d'autres énergies renouvelables ou de récupération (chaleur fatale, géothermie, solaire). Enfin, s'agissant du chauffage au bois domestique, il s'agit de remplacer à un rythme rapide les appareils indépendants de chauffage au bois peu performants par des équipements plus performants en termes de rendement énergétique et d'émissions de polluants atmosphériques. Cette action de renouvellement des appareils à bois est à inscrire dans une politique globale de rénovation énergétique des logements et de sobriété énergétique.

L'atteinte des objectifs de production de chaleur à partir de biomasse devra s'appuyer sur un développement de l'ensemble de la filière bois qui se traduira par une hausse des prélèvements de bois en forêt, mais également sur une diversification des approvisionnements (bois déchet, connexes de scieries, sous-produits agricoles et industriels).

L'ADEME positionne le bois énergie en complémentarité des autres usages

Au sein des débouchés possibles pour le bois de nos forêts, la priorité est d'orienter la ressource vers des usages matériaux dits à longue durée de vie permettant de stocker du carbone (charpente, meubles, etc.) ou du

¹ Panorama de la chaleur renouvelable et de récupération, édition 2023 : <https://fedene.fr/ressource/panorama-de-la-chaleur-renouvelable-et-de-recuperation/>

² <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000031044385>

³ <https://bibliothèque.ademe.fr/actualites/marches-et-emplois-n7>

bois industrie (panneaux, isolants). C'est d'ailleurs une exigence désormais inscrite dans le droit européen⁴.

Le développement de l'exploitation du bois pour la construction induit des coproduits bois ou des résidus. Ainsi lors des éclaircies successives puis lors d'une coupe en forêt pour produire du bois matériau, une partie du bois récolté ne sera pas adaptée à cet usage matériau. Ces coproduits de la sylviculture ou connexes de transformation (chutes de bois, écorces, sciures) peuvent être valorisés soit en matière (pour le papier, le carton, les panneaux...) soit en énergie. Aujourd'hui, la production d'énergie à partir de bois représente 68 % des volumes de bois prélevés directement ou indirectement (résidus non valorisables en bois construction ou en bois industrie). En créant des voies de valorisation pour des résidus qui ne trouveraient pas de débouchés, le bois énergie est donc un maillon essentiel de l'équilibre économique de la filière bois dans son ensemble. C'est bien dans cette logique de complémentarité que l'ADEME soutient la filière bois énergie.

Dans ses scénarios prospectifs⁵, l'ADEME a estimé que la mobilisation de la biomasse pour décarboner les secteurs des matériaux, de la chimie ou de l'énergie pourrait doubler d'ici 2050, mais sous certaines conditions importantes d'évolution des pratiques agricoles, des régimes alimentaires, de gestion sylvicole et de répartition entre usages. Cette estimation est globalement dans les mêmes ordres de grandeur que les projections en cours de réflexion dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC). Les analyses montrent que ce potentiel de mobilisation de la biomasse vient essentiellement de l'agriculture, notamment avec la mise en place de pratiques d'agroécologie (couverts végétaux intermédiaires, haies et agroforesterie...) et une évolution vers des régimes alimentaires plus durables et plus équilibrés (avec une réduction des protéines animales). Cette mobilisation supplémentaire de biomasse agricole n'est ainsi pas liée à une intensification des systèmes agricoles. Le volume supplémentaire de mobilisation de biomasse forestière est beaucoup plus modeste (+ 10 Mm³, en complément du niveau de récolte actuelle de l'ordre de 52 Mm³) permettant de tenir compte des impacts sur la forêt de l'accélération du changement climatique, de la préservation des écosystèmes et de la nécessité de replantation des forêts sinistrées et dépérissantes. Ces hypothèses seront à actualiser au regard de la prochaine publication IGN FCBA sur les scénarios de mobilisation et de valorisation du bois.

Bien que renouvelable, la ressource bois est limitée, il est donc nécessaire de planifier et prioriser certains usages au niveau national (via les politiques publiques) mais également à l'échelle locale pour bien prendre en compte les spécificités régionales. Pour cela, il est nécessaire d'avoir une vision systémique de la ressource disponible et des usages attendus de la biomasse notamment dans un contexte d'accélération du changement climatique. La création d'un groupe

d'intérêt scientifique⁶ composé de représentants de l'ADEME, de l'INRAE, de l'IGN et de FAM, permettra ce partage de données et de méthodes afin d'améliorer le suivi des ressources et des usages au niveau national et territorial, et d'éclairer les décideurs publics et privés. Cette instance aura pour vocation d'orienter l'action publique et de s'assurer de la mise en cohérence de l'ensemble des orientations publiques concernant les usages de la biomasse.

À l'échelle régionale, il est important de rappeler et de renforcer le rôle des cellules biomasse qui valident les plans d'approvisionnement. Pour répondre à cela, il semble nécessaire d'élargir le périmètre d'action de ces cellules à l'ensemble des usages de la biomasse pour les dossiers sollicitant une aide publique (usage énergétique et usage matière de la biomasse), de les renforcer en moyens et de les outiller pour leur permettre d'avoir cette vision globale sur la ressource et les usages à l'échelle des territoires.

La contribution du bois énergie à l'atténuation du changement climatique dépend des pratiques forestières de la récolte du bois

Tout au long de leur vie, les arbres absorbent et stockent du carbone. Pour cette raison, le bois énergie est souvent associé à l'idée de neutralité carbone : on considère les émissions de CO₂ générées au moment de la combustion du bois comme nulles, car elles ont été captées auparavant par la croissance des arbres. Pourtant, ce mode de calcul est insatisfaisant car il ne prend pas en compte le délai entre les émissions de combustion immédiates et le temps long de pousse des arbres.

Pour limiter l'impact climatique du bois énergie, certaines pratiques forestières sont meilleures que d'autres. Schématiquement, sur une parcelle forestière, le stock de carbone présent dans les arbres et les sols diminue au moment de la récolte de bois puis de la combustion du bois, mais cette diminution n'est pas identique selon le type de coupe, le type de peuplement ou sa maturité... Il apparaît essentiel de progresser sur la compréhension des phénomènes en jeu pour définir de meilleures pratiques forestières pour la production de bois énergie.

Pour partager les connaissances acquises autour de ce sujet, l'ADEME a publié un avis d'expert⁷ qui met en avant l'enjeu de l'origine du bois et du mode de gestion sylvicole dans le bilan gaz à effet de serre de la filière, certaines pratiques sylvicoles permettant par exemple d'augmenter la production de bois énergie tout en optimisant les stocks de carbone en forêt. Dans la grande majorité des cas étudiés, l'impact climatique du

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>

⁵ <https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/>

⁶ <https://presse.ademe.fr/2024/03/avis-dexpert-la-biomasse-un-enjeu-strategique-de-la-transition-ecologique.html>

⁷ <https://librairie.ademe.fr/ged/6690/avis-expert-foret-bois-energie-chgmt-clim-2022.pdf>

bois énergie apparaît meilleur que celui des énergies fossiles.

Plus généralement, il est recommandé de prioriser, pour l'usage énergétique, des récoltes de bois ne trouvant pas de débouché matériau et qui :

- auraient dans tous les cas été coupées : actions sylvicoles nécessaires à la récolte du bois d'œuvre, coupes sanitaires, récolte de bois issus d'événements accidentels (tempêtes, incendies), récolte du houpier tout en laissant des menus bois au sol ;
- favorisent la production de bois d'œuvre : coupes sélectives des arbres de faible diamètre ;
- sont issues d'accrus forestiers récents (nouveaux boisements) sur des terres actuellement non boisées en déprise agricole ou des friches urbaines.

Les forêts sont sensibles à la fois aux évolutions climatiques, à la pollution atmosphérique et à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes. Ces perturbations conduisent à une modification de la vitesse de croissance et à une surmortalité des peuplements⁸. Ces impacts auront donc des conséquences sur les services écosystémiques fournis par les forêts. Récemment, les dernières estimations ont mis en évidence une division par deux du puits forestier en 10 ans (c'est-à-dire une diminution de la capacité de la forêt à capter du CO₂ de l'atmosphère).

Dans ce contexte, il apparaît essentiel d'accompagner l'adaptation de nos forêts aux effets du changement climatique. De façon générale, les pratiques favorisant la résilience des peuplements et réduisant les risques face aux impacts attendus du changement climatique sont donc à privilégier (diversité des essences, âges et tailles sur la parcelle). Le bois énergie fait partie intégrante des outils à disposition des sylviculteurs dans leurs actions de gestion durable en offrant notamment des exutoires potentiels à des bois scolytés qui ne trouveraient pas de débouchés en bois industrie ou en bois construction du fait de leur qualité ou des volumes importants attendus.

Afin de se placer dans une démarche d'amélioration continue, l'ADEME souhaite poursuivre le travail engagé avec la filière bois pour mieux connaître les pratiques de récolte associées au bois énergie et favoriser les meilleures pratiques permettant de préserver la qualité des écosystèmes dans un contexte d'accélération du changement climatique et donc de fragilisation de certains massifs, et également renforcer les dispositifs de traçabilité. Cette démarche s'inscrit dans un contexte européen favorable. La directive européenne relative aux énergies renouvelables dite RED (Renewable Energy Directive) intègre de nouvelles exigences sur l'origine du bois tout en inscrivant un principe d'usage en cascade qui favorise les usages matériaux.

⁸ <https://www.ign.fr/reperes/la-foret-ne-peut-pas-etre-un-puits-infini-de-carbone>

Conclusion

La sobriété des usages de la biomasse est un des enjeux incontournables pour le maintien de l'équilibre ressources – usages, et plus largement pour la réussite de la mise en œuvre d'une stratégie de mobilisation durable de la biomasse à la hauteur des objectifs fixés dans les politiques publiques⁹.

Le bois énergie est un des leviers qui permettra de réduire le recours aux énergies fossiles notamment pour la production de chaleur. Dans ce contexte, et en veillant au respect de la préservation de la qualité des écosystèmes, accélérer le remplacement des installations fonctionnant aux énergies fossiles par des installations au bois performantes reste une priorité. Le bois est une ressource renouvelable mais limitée, aussi il est important de l'utiliser de façon optimisée et là où elle est la plus pertinente pour répondre aux besoins. Du point de vue de la chaleur, le bois énergie sera particulièrement pertinent pour des besoins de hautes températures ou lorsqu'aucune énergie locale (géothermie, solaire thermique...) ne peut satisfaire les besoins. L'ADEME recommande aux collectivités et aux entreprises de s'inscrire dans une démarche de type « EnRChoix »¹⁰, en privilégiant la sobriété, la mutualisation des moyens de production et la mobilisation de certaines énergies renouvelables et de récupération, complémentaires au bois énergie telle que la chaleur fatale, la géothermie ou le solaire thermique.

⁹ <https://bibliothèque.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/6860-biomasse-enjeu-strategique-de-la-transition-ecologique.html>

¹⁰ <https://www.enrchoix.idf.ademe.fr/>

Investir dans les outils de production et la captation de valeur ajoutée en France

Par Sylvain BORDEBEURE

Référent filière bois à l'ADEME à la direction Bioéconomie et Énergies renouvelables

Et Dominique WEBER

Président du Comité Stratégique de Filière Bois (CSF Bois)

Bien que la France bénéficie d'une ressource forestière importante et diversifiée, les filières de première et seconde transformation restent encore insuffisamment capacitaires et pour leur montée en gamme afin de limiter la dépendance de la France aux importations, avec un impact économique et environnemental pouvant donc être amélioré pour plus de souveraineté. Le soutien de nombreux projets industriels dans le cadre de France 2030 devrait permettre un rééquilibrage progressif de notre balance commerciale et de mieux répondre aux besoins notamment du marché de la construction, avec la production de produits d'ingénierie. Le développement des capacités de séchage est également un enjeu fort, intégrant la valorisation sur site des connexes de plus faible qualité pour une maîtrise des besoins énergétiques.

La filière forêt-bois est identifiée comme un chantier prioritaire de la planification écologique, avec des dispositifs de soutien qui se poursuivent pour développer et optimiser la valorisation des ressources forestières, notamment celles qui sont issues de peuplements sous-exploités, sinistrés, déperissants et/ou vulnérables aux effets du changement climatique.

Contexte

Avec 17,3 Mha et 3 055 Mm³, la France métropolitaine possède la quatrième forêt d'Europe en surface et la troisième en volume¹. La forêt française est principalement feuillue (72 % des surfaces forestières et 57 % des volumes sur pied) avec une récolte annuelle de bois d'œuvre et de bois d'industrie de 30 Mm³, dont 70 % de résineux. La production de sciages est de 8,5 Mm³/an avec 85 % de résineux et 15 % de feuillus.

Les activités de production forestière, de transformation et de mise en œuvre de produits bois alimentent cinq marchés de destinations finales (construction, emballage bois et carton, énergie, meuble, produits de consommation courante) à hauteur de 27,6 milliards d'euros de valeur ajoutée en 2021 pour 60 000 entreprises². Cependant, le commerce extérieur de la filière forêt-bois reste négatif avec un déficit annuel supérieur à 5 milliards d'euros (hors papier-carton). Par conséquent, la France exporte des grumes et importe des sciages et des produits transformés, à plus grande valeur ajoutée pour un coût environnemental plus important.

France 2030 a retenu la filière forêt-bois parmi les secteurs stratégiques pour l'économie française notamment pour l'atteinte des objectifs de la transition vers une économie décarbonée à l'horizon 2050, comme le montre la stratégie nationale bas carbone (SNBC)³. Elle constitue par ailleurs un atout pour regagner en souveraineté industrielle, comme le montre le programme national pour la forêt et le bois (PNFB)⁴. Pour y parvenir, il convient de développer ses marchés (bois matériau, bois fibres, molécules, bois énergie) avec une meilleure mobilisation et valorisation de la ressource forestière nationale.

Bilans des investissements soutenus dans le cadre de France 2030

Depuis fin 2021, l'appel à projets « Industrialisation des produits et systèmes constructifs bois » a permis le soutien de 71 projets sur 6 relèves. Le budget global alloué est de 200 M€ pour 1,5 milliard d'investissements. Ces projets vont permettre d'accroître la mobili-

¹ Source : Memento FCBA 2023, <https://www.fcba.fr/le-memento-2023-est-paru/>

² Source : Veille Économique Mutualisée de la filière Forêt-Bois, <https://vem-fb.fr>

³ <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

⁴ <https://agriculture.gouv.fr/le-programme-national-de-la-foret-et-du-bois-2016-2026>

Tableau 1 : Impacts attendus des appels à projets France Relance et France 2030 (2021-2023) soutenant les investissements des industries du bois (Source : Bilan prévisionnel ADEME France 2030).

Transformation en produits bois finis ou semi-finis	Feuillus	Résineux	Total général
Production supplémentaire de sciages (m ³ /an)	86 794	1 188 401	1 275 195
Production supplémentaire de panneaux massifs multicouches (LVL, BMM) (m ³ /an)	15 000	98 100	113 100
Production supplémentaire de CLT (m ³ /an)	750	129 826	130 576
Production supplémentaire de lamellé-collé (m ³ /an)	8 950	108 422	117 372
Production supplémentaire de produits rabotés (liteaux, bois d'ossature, carrelots, etc.) (m ³ /an)	59 775	116 725	176 500
Production supplémentaire de panneaux issus de bois de trituration (m ³ /an)	600 000	150 000	750 000
Production supplémentaire de parquets (m ² /an)	1 275 000		1 275 000
Production supplémentaire de panneaux isolants (t/an)		98 842	98 842
Production supplémentaire de panneaux contreplaqués (m ³ /an)	10 000	5 000	15 000

sation et la transformation du bois sur le territoire national et de réduire ainsi l'importation de produits finis.

Plusieurs projets vont également permettre le développement de nouvelles solutions constructives biosourcées (isolants, blocs à maçonner, etc.) à partir de co-produits agricoles (lin, chanvre...) ou forestiers.

En complément des investissements productifs, l'appel à projets « Biomasse Chaleur pour l'Industrie du Bois » a permis d'accompagner les industries du bois dans la mise en place de nouvelles capacités de séchage associées à des installations biomasse performantes pour répondre à leurs besoins énergétiques, en réduisant l'usage des énergies fossiles. 31 projets (dont 13 avec cogénération) ont été accompagnés pour un investissement global de 458 M€ et une aide de 186 M€. La production thermique associée est de 1,8 TWh/an et la production électrique par cogénération est de 247 GWh/an. Ce dispositif va permettre également le développement des capacités de séchage du bois d'œuvre associés à la première transformation (sciages et panneaux) avec 1,37 Mm³/an séchés supplémentaires.

Exemples de projets soutenus

Implantation d'une première unité de production de LVL

Le groupe Thebault est une entreprise familiale spécialisée dans la fabrication de panneaux contreplaqués. Ce leader national du contreplaqué investit près de

100 M€ (avec une aide de 17 M€) dans la création de la première unité de production industrielle française de poutres et panneaux en bois LVL à Lempdes-sur-Allagnon (43), qui valorisera les ressources de Sapin Pectiné locales. À terme, l'usine assurera une production annuelle de 100 000 m³ de LVL (Laminated Veneer Lumber), un produit d'ingénierie à partir de placages collés, fortement demandé par le marché de la construction.

Augmentation des capacités de production de bois d'ingénierie

Le groupe Piveteau investit plus de 100 M€ (13,5 M€ d'aide) dans ses capacités de production de CLT (Cross Laminated Timber) et de lamellés-collés sur les deux sites de production à Égletons (19) et Sainte-Florence (85). Le groupe deviendra ainsi le principal producteur de CLT en France avec plus de 100 000 m³ et pourra concurrencer les acteurs européens en substituant une part des bois d'importation.

Production de bardages de châtaignier

Suite à une démarche d'écoconception, la scierie familiale Rahuel basée à Combourg (35) investit dans une nouvelle ligne de sciage et de produits rabotés, notamment pour produire des bardages en châtaignier. Ces investissements de 12,8 M€ (avec une aide d'1,8 M€) devraient permettre à terme un triplement des volumes de sciages et un doublement des volumes de produits finis rabotés.

Développement de la seconde transformation du hêtre pour répondre au marché français avec une plus grande valeur ajoutée et la substitution des importations

La scierie et caisserie de Steinbourg est l'une des principales unités de transformation du hêtre en France avec une part importante de produits exportés. Elle souhaite aujourd'hui développer ses capacités de transformation avec le développement de nouveaux produits, à l'exemple des carrelets pour les poutres et poteaux, les fenêtres, portes et escaliers et répondre ainsi à de nouveaux marchés sur le territoire national. Ces investissements productifs (9 M€ pour une aide de 2,25 M€) font suite à des investissements importants sur le volet énergie et séchage, qui ont été soutenus par l'ADEME dans le cadre de France 2030 et du Fonds Chaleur : une chaudière de 4 MW associée à 20 séchoirs-étuves (dont 8 nouveaux) pour une capacité globale de séchage de 3 000 m³.

Développement des capacités de production de panneaux OSB

Le groupe Swiss Krono lance des investissements très importants à la fois pour la modernisation de son site de production de panneaux OSB à Sully-sur-Loire (45) mais aussi pour l'implantation d'une nouvelle unité de production à Fargues-sur-Ourbise (47) qui atteindra à terme une production de 600 000 m³ de panneaux OSB par an. Les investissements sont supérieurs à 150 M€ avec une aide de 14 M€.

Orientations et perspectives

Les investissements des entreprises et industries du bois (hors secteur forestier), avant la période de relance, étaient de l'ordre de 4 milliards d'euros par an pour une valeur ajoutée créée de 27,6 milliards d'euros par an (estimation CSF Bois à partir de sources Banque de France).

La priorité donnée dans France 2030 au secteur, matérialisée par une enveloppe et des appels à projets dédiés, va permettre de soutenir plusieurs nouveaux investissements additionnels structurants afin de mieux répondre aux différents marchés, notamment celui de la construction bois, tout en optimisant les ressources bois territoriales. Une part de ces investissements a été dédiée à la transformation d'essences de bois spécifiques peu exploitées (exemple du sapin pectiné ou du châtaignier), ainsi que de bois de qualité et de dimensions hétérogènes.

Les industriels vont devoir faire face à des crises climatiques plus fréquentes sur la ressource (bois dépérissants, incendiés, attaqués par les insectes et champignons) qui nécessiteront une adaptation des outils de transformation, avec une forte flexibilité.

C'est une étape vers l'objectif de renforcement de la souveraineté industrielle de la transformation du bois en France : le CSF Bois estime que l'accélération du rythme des investissements devrait pouvoir être encore

soutenue jusqu'en 2027 pour opérer les rattrapages permettant de mieux satisfaire la demande intérieure et de mieux valoriser la ressource forestière française.

Le soutien à des investissements reste donc nécessaire et se poursuit dans le cadre du lancement de nouveaux dispositifs prévus par le budget opérationnel de programme du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire dans la loi de finances pour 2024, avec l'ADEME comme opérateur :

- L'appel à projets (AAP) « Industrialisation Performante des Produits Bois » pour développer et optimiser la transformation du bois (association possible avec d'autres matériaux notamment biosourcés) pour les différents marchés, avec une priorité pour les usages à longue durée de vie.
- L'AAP « Biomasse Chaleur pour l'Industrie du Bois » pour accompagner le développement des moyens de séchage du bois d'œuvre et l'autonomie énergétique à partir des sous-produits générés par l'activité.

Les technologies de transformation du bois ont par ailleurs été reconnues dans leur ensemble comme « technologies vertes » favorables à la transition environnementale dans la récente loi « Industrie Verte ».

Étendre le crédit d'impôt au titre des investissements dans l'industrie verte aux industries du bois, secteur stratégique pour la transition vers une économie décarbonée, aurait pour effet bénéfique de toucher toutes les entreprises investissant, au-delà des seuls lauréats d'appels à projets.

Une telle mesure fiscale venant renforcer la compétitivité d'ensemble de la transformation du bois en France ajouterait un important effet de levier aux mesures de redressement déjà engagées, tel que la baisse des impôts de production (pour toute l'industrie) et les appels à projets dédiés au secteur bois.

À défaut d'être déjà arbitrée favorablement, la filière porte aussi cette proposition pour aller plus loin dans une souveraineté industrielle bois regagnée, valorisant un des rares matériaux constituant également une ressource nationale assez souveraine et 100 % renouvelable : 63 % du bois d'œuvre consommé en France est déjà produit et transformé en France !

Forêt, territoire et société

Par Anne-Catherine LOISIER

Sénatrice de la Côte d'Or

La forêt française est d'intérêt général comme l'indique le code forestier. Ses atouts sont multiples qu'il s'agisse de contribuer à la neutralité carbone, de développer une économie circulaire et des emplois non délocalisables, d'assurer une ressource pour la biodiversité, pour les usages du bois comme matériau ou comme source d'énergie, de favoriser les loisirs et le tourisme vert.

Elle est confrontée à des menaces : incendies et sécheresses, scolytes, gibier, sous-investissement dans son renouvellement ou pratiques inappropriées pour sa résilience. Y répondre passe par la mobilisation de financements, une gouvernance adaptée incluant les collectivités locales mais également une coopération internationale. Un sommet pour l'avenir de la forêt devrait permettre une meilleure prise de conscience des enjeux de long terme dont elle est porteuse.

Construire l'avenir de la forêt française, un défi de multifonctionnalité

La forêt française est d'une exceptionnelle richesse et diversité. De ce fait elle constitue une ressource et la solution a beaucoup d'enjeux sociétaux actuels (énergie, matériau, captation et stockage de carbone, paysage, filtration de l'eau, espace de ressourcement et de loisirs...).

Elle fait cependant face à de nombreux défis, des changements climatiques aux tensions sur les usages.

Des enjeux sociétaux primordiaux

Pour atteindre les objectifs de neutralité carbone pour 2050, préserver sa production nationale, l'économie circulaire qui y est liée et les 440 000 emplois non délocalisables qui irriguent les territoires ruraux, la France doit adapter dès à présent sa forêt au changement climatique en y consacrant les investissements nécessaires.

Il serait vertueux de mobiliser la commande publique et de favoriser les investissements privés qui utilisent du bois, matériau renouvelable qui séquestre le carbone et se substitue à d'autres matériaux ayant une empreinte carbone plus préjudiciable.

Les sujets forestiers sont d'intérêt général pour notre pays. L'appétence grandissante de la société civile impose de privilégier la pédagogie, afin qu'une vision partagée se dégage autour de la forêt et de sa durabilité dans la lutte contre le changement climatique. Il est indispensable de renforcer les connaissances sur l'écosystème vertueux de la filière bois et parallèlement de revoir la réglementation sur les pratiques sylvicoles « irritantes » (dont les coupes rases). Pour développer cette meilleure connaissance des réalités, les com-

munes forestières proposent notamment de mettre en place des « Aires forestières éducatives » autour des établissements scolaires.

Reconnaissance des services écosystémiques : valoriser l'ensemble des bénéfices de la forêt

Au-delà de sa valeur économique, la forêt fournit une multitude de services écosystémiques essentiels à la société, tels que la régulation du climat, la filtration de l'eau, la protection des sols et la préservation de la biodiversité. Il est important de reconnaître et de valoriser ces services écosystémiques et pour cela de sensibiliser davantage le public au rôle et à l'importance de la gestion forestière.

La rémunération des services écosystémiques ou paiements pour services environnementaux (PSE) est aujourd'hui un mécanisme à développer pour compenser les propriétaires forestiers des services rendus par leurs forêts.

Je pense à la séquestration du carbone, la régulation hydrologique, la préservation de la biodiversité, l'entretien d'espaces de ressourcement... Cette approche permettra non seulement de reconnaître la valeur des forêts au-delà de leur seule valeur marchande, mais aussi d'inciter les propriétaires à améliorer encore leurs pratiques de gestion durable.

Financer l'adaptation aux changements climatiques et l'innovation dans la filière

Parce que les évolutions y sont, la plupart du temps, lentes, « la forêt perd toujours les arbitrages budgés-

taires » avait constaté le ministre de l'Agriculture Edgar Pisani en 1964.

Depuis cinquante ans cette affirmation n'a pas été beaucoup démentie... Sauf très récemment avec l'annonce de 150 millions d'euros pour le reboisement. Mais encore faudrait-il que ces financements parviennent réellement sur le terrain avec des pratiques sylvicoles qui assurent le succès des plantations.

En 2000, la politique forestière a perdu un de ses principaux outils avec la suppression du Fonds Forestier National. Créé en 1946, ce fonds a dynamisé la sylviculture française, permettant des plantations de plus de 2 millions d'hectares, des aménagements de routes et pistes forestières, des équipements de défense contre l'incendie.

Ce compte spécial du Trésor, alimenté par une taxe à hauteur de 100 millions d'euros par an, a encouragé le développement des pépinières et la modernisation des scieries.

Les générations de peuplements qui arrivent aujourd'hui à maturité sont largement issues de cette période faste pour la forêt française. Grâce à ces investissements stratégiques, la France est devenue le quatrième pays forestier européen, riche de massifs diversifiés et d'arbres de grande qualité, produisant du bois d'œuvre à haute valeur ajoutée, utilisé pour la construction, la tonnellerie...

La filière s'est consolidée pour atteindre aujourd'hui 440 000 emplois, répartis sur tout le territoire.

La forêt et la filière ont longtemps « survécu » sur ces acquis, délaissées et sous-financées.

De ce fait, elles ont vieilli et sont devenues plus vulnérables aux changements climatiques comme à la concurrence venue d'Europe et d'ailleurs.

Manque d'investissements et désindustrialisation ont creusé le déficit de la balance commerciale de la filière, tandis que les attaques de parasites et les sécheresses à répétitions venaient fragiliser de plus en plus de massifs forestiers.

À cela il faut désormais ajouter l'abondance de gibiers qui causent des dégâts croissants, s'attaquant aux jeunes plants comme à la régénération naturelle.

La forêt est « au pied du mur ».

Les pouvoirs publics tentent à présent de relancer à la fois les reboisements et les usages du bois. Le défi est de taille car nous plantons que 70 millions d'arbres par an – il faudrait multiplier ce chiffre par cinq pour rattraper notre retard – quand l'Allemagne en plante 300 millions et la Pologne 1 milliard. Tout récemment, l'Australie s'est également fixée l'objectif de planter 1 milliard d'arbres. La Chine, qui a consommé une grande partie de ses forêts et importe massivement du bois, replante massivement.

L'exercice ne va toutefois pas de soi et nécessite une expertise pour le choix des essences les mieux adaptées aux changements climatiques. Ces dernières années, tout s'est accéléré.

Les dépérissements liés à plusieurs années de sécheresse cumulées et aux attaques parasitaires plus fréquentes, frappent de plus en plus de massifs forestiers.

Les crises successives des scolytes et autres insectes ravageurs n'en finissent pas de préoccuper les forestiers privés et publics.

Elles se traduisent par des mises sur le marché de volumes supplémentaires de bois (7 millions de m³ d'épicéas dans le Grand Est lors de la première vague de scolytes et aujourd'hui des millions de m³ de hêtres en sursis).

Les conséquences sont doubles : pertes des stocks sur pieds et donc des puits de carbone, mais aussi chute des cours par surabondance sur les marchés.

Les possibilités pour l'État de compenser les pertes occasionnées par ces crises sanitaires sont strictement limitées par la réglementation européenne qui n'autorise les soutiens qu'en cas de calamité naturelle. Dans ce contexte, le Gouvernement a proposé différents types d'aides allant du transport des bois scolytés pour évacuer les bois devenus dangereux en forêts, au reboisement des parcelles sinistrées. Ce combat perdure car année après années de nouvelles parcelles dépérissent.

Les dégâts de gibier sont également un sujet de préoccupation. En forte croissance, ils sont intégralement à la charge du propriétaire car contrairement aux dégâts causés à l'agriculture, ils ne sont pas indemnisés.

Les populations de chevreuils et cervidés, mangent ou se frottent sur les jeunes plants, anéantissant les efforts coûteux de replantation. L'une des solutions consiste alors à protéger les jeunes arbres avec des équipements spécifiques. On estime que près de 60 millions d'euros sur les 150 du Plan de relance sont consacrés aux protections des jeunes plants.

Pour garantir la santé et la durabilité de nos forêts, il faut également le regard avisé du forestier qui choisira l'essence la plus résiliente, développant une meilleure résistance aux sécheresses et aux incendies.

Ce choix est fonction de nombreux paramètres et dépend de la « station », c'est à dire de la localisation de la parcelle, de l'hydrométrie, de l'altitude, de l'orientation, du sol... les risques se multiplient ces dernières années, rendant le travail du forestier encore plus complexe.

Adapter la gouvernance des forêts

Il est aujourd'hui essentiel de changer les méthodes et notamment de s'engager dans une stratégie globale de décloisonnement entre forêt publique et privée pour mutualiser les compétences et les outils à l'échelle des massifs.

Cette tendance se développe ces dernières années sans pour autant aller jusqu'à fédérer les acteurs autour d'un seul et unique opérateur.

Mais les bouleversements que connaît la forêt depuis quelques années et pour quelques décennies encore, sont de nature à transformer sa gouvernance et son administration pour plus de réactivité et une meilleure maîtrise des coûts et des investissements dans les massifs.

Il n'y a désormais plus d'atermoiements possibles : il nous faut sauver la multifonctionnalité et nos écosystèmes forestiers vertueux qui créent des ressources, de l'emploi, de la biodiversité et des espaces de ressourcement.

Les stratégies forestières sont désormais en perpétuelle adaptation à l'échelle des territoires (Plan régional forêt-Bois, Schéma Régional de Gestion Sylvicole – SRGS...) mais il devient également essentiel de synchroniser les différentes politiques publiques afin d'éviter des injonctions contradictoires.

Pour gérer la crise des scolytes, des cellules de crise régionales sont d'ores et déjà actives, avec la participation du ministère de l'Agriculture. Plus globalement, dans le cadre des réflexions préalables à la loi 3DS, il est proposé de transférer une compétence réglementaire en matière de forêt aux Régions (notamment les plus forestières). Il manque un échelon national : l'État n'a pas répondu aux demandes de reconnaissance de la situation de crise et de mise en place d'une cellule au niveau national. Il existe un réel besoin de coordination interministérielle au niveau du Premier ministre pour suivre et traiter les sujets transverses qui concernent la forêt et son avenir.

En toute cohérence, une politique forestière doit aussi s'engager à l'échelon européen, au sein de la direction européenne en charge de l'agriculture, dans le cadre du green deal et de la stratégie européenne sur le climat. Il serait opportun de mettre en place une cellule de crise au niveau européen, pour mobiliser des crédits pour la forêt. Des pays voisins comme l'Allemagne, l'Autriche, connaissent des situations similaires. La Tchéquie, a subi la crise des scolytes un an avant la France. La régénération naturelle attendue n'a pas poussée, car le sol a enregistré, cet été, une température de 50 degrés à laquelle aucune essence présente sur ce territoire ne peut repousser naturellement.

L'ampleur des atteintes aux écosystèmes forestiers de ces dernières années justifierait une coopération européenne renforcée.

Construire un consensus sociétal autour de la gestion forestière

La forêt française est également le théâtre de nombreuses interactions sociales et culturelles. Ainsi, aborder la question de sa gestion et de son développement nécessite de prendre en compte les attentes et les préoccupations de la société dans son ensemble.

L'utilité sociétale de la filière forêt-bois

Investir dans la pédagogie forestière

La sensibilisation du grand public et la formation des générations futures sont des éléments cruciaux pour construire un consensus autour de la gestion durable des forêts. Il est nécessaire de mettre en place des programmes éducatifs et des initiatives de sensibilisation qui mettent en avant le rôle essentiel des forêts dans la lutte contre le changement climatique, la préservation de la biodiversité et la fourniture de ressources naturelles renouvelables.

Les « Aires forestières éducatives » proposées par les communes forestières constituent un excellent exemple d'initiative visant à impliquer les écoles et les établissements scolaires dans la découverte et la préservation de l'écosystème forestier. Ces espaces pédagogiques offrent aux jeunes générations l'opportunité d'apprendre de manière concrète sur la valeur des forêts, le rôle des filières dans les territoires, tout en favorisant leur engagement dans sa protection et sa gestion durable.

Les universités et les centres de recherche jouent un rôle crucial dans la sensibilisation et l'éducation du public sur les enjeux forestiers. En développant des programmes d'études spécialisés en foresterie et en sciences environnementales, ces institutions contribuent à former une nouvelle génération de professionnels conscients des défis et des opportunités liés à la gestion forestière durable.

Impliquer les parties prenantes

La gestion forestière nécessite une approche impliquant les différents acteurs et parties prenantes, tels que les propriétaires forestiers, les exploitants, les associations environnementales, les collectivités locales, les usagers de la forêt et les citoyens. Le dialogue entre ces parties prenantes est important pour identifier les besoins, les priorités et les solutions les plus adaptées à chaque contexte.

Les Plans locaux forestiers et les projets de gestion participative, tels que les plans de développement de massifs (PDM) et les Chartes Forestières locales, offrent des cadres propices à la concertation et à la collaboration entre les acteurs locaux. Ces initiatives permettent de développer une approche intégrée de la gestion forestière, prenant en compte les intérêts économiques, sociaux et environnementaux des différentes parties prenantes.

Par ailleurs, les certifications forestières, telles que le label PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification), jouent un rôle déterminant dans la valorisation des pratiques forestières durables. En garantissant que le bois et les produits forestiers proviennent de forêts gérées de manière responsable, ces certifications offrent aux consommateurs la garantie que leurs achats contribuent à la préservation des forêts et à la promotion de la gestion durable.

Conclusion

Depuis plus de deux siècles, la forêt est d'intérêt général et définie comme telle dans notre code forestier. La biodiversité est un outil et non pas un obstacle au développement de la forêt. Il n'est plus possible d'agir en forêt publique sans l'accord et le soutien de l'opinion publique.

Peut-être faudrait-il lancer un appel solennel sous forme de sommet pour l'avenir de la forêt (ou Grenelle de la forêt), afin de définir les mesures permettant de s'adapter au changement climatique tout en répondant au mieux aux attentes sociétales ?

L'aspect sociétal de la gestion forestière revêt une importance cruciale pour garantir la durabilité et la

multifonctionnalité des forêts françaises. En investissant dans la sensibilisation, l'éducation, le dialogue, la reconnaissance des services écosystémiques, la communication et la transparence, il est possible de construire un consensus plus large et plus solide autour de la gestion durable des forêts. En unissant les efforts des différentes parties prenantes et en engageant le public dans le processus de décision, nous pouvons garantir un avenir durable pour nos forêts, tout en répondant aux besoins et aux attentes de la société dans son ensemble.

Il s'agit non moins de fonder un nouveau pacte sociétal pour la forêt.

Le Grand Site de France de Bibracte – Morvan des Sommets : une expérience de dialogue territorial en contexte de conflit forestier

Par Jean CACOT et Vincent GUICHARD

Bibracte EPCC

Marieke BLONDET et Éric LACOMBE

Centre de Nancy d'AgroParisTech et laboratoire Silva (UMR 1434)

Philippe BARRET et Nicolas LE MÉHAUTÉ

DialTer

Le site de la ville antique de Bibracte, qui occupe l'un des sommets du Morvan, le mont Beuvray, doit une partie de sa valeur patrimoniale à la forêt qui sert d'écrin aux vestiges archéologiques. Domaine public de près de 1 000 hectares, c'est un haut lieu patrimonial de la Bourgogne, protégé au titre des Monuments historiques et à celui des Sites, qui accueille environ 100 000 visiteurs par an. Les effets déjà notables du changement climatique sur les peuplements forestiers du site induisent une situation nouvelle à tous points de vue, y compris celui des interrogations montantes du public, qui peuvent prendre parfois la forme de critiques véhémentes, sur la façon dont est conduite la gestion de ce massif forestier. Pour affronter ces difficultés, a été mis en place un dispositif de recherche qui participe d'une expérimentation plus large conduite sous couvert de la démarche Grand Site de France et qui comprend une composante de dialogue territorial.

Le Morvan : des enjeux sylvicoles exacerbés par le changement climatique

Les acteurs de la forêt sont confrontés au défi de l'adaptation des forêts au changement climatique, dont les effets sont encore à cerner, et de la mise en œuvre d'une sylviculture adaptative, acceptable du point de vue environnemental, sociétal et économique. Cette difficulté est particulièrement exacerbée dans le Morvan, massif montagneux situé à la croisée des quatre départements bourguignons et recouvert pour moitié par une forêt constituée à part égale de feuillus et de résineux. Les effets du changement climatique sur le cycle de l'eau et les écosystèmes forestiers s'y font déjà ressentir fortement et il est à craindre qu'ils se traduisent bientôt par des conditions impropres au maintien de certaines essences, notamment le hêtre. Ces préoccupations sont d'autant plus prégnantes que le paysage du Morvan est résolument forestier, consé-

quence de la déprise agricole à l'œuvre tout au long du XX^e siècle.

Une tendance lourde de la sylviculture du Morvan est le recours massif à des peuplements de résineux (surtout du sapin de Douglas) gérés en futaie régulière (où tous les arbres ont le même âge), avec l'objectif de production de bois moyens en cycle court. Cette situation est le résultat d'une politique incitative efficace menée *via* le Fonds forestier national (FFN) dans la seconde moitié du siècle dernier afin de restaurer la productivité de forêts surexploitées pendant des siècles pour produire le bois de chauffage de Paris (Balland, 2023). L'arrivée à maturité économique de ces peuplements résineux pose la question des modalités de régénération ou de changement d'itinéraire sylvicole après coupe rase. Si, jusqu'à présent, une vision monofonctionnelle à but de production était dominante, le souci est croissant, dans le contexte du changement climatique, de favoriser la résilience de l'écosystème forestier, notamment au travers de sa diversité spécifique et,

ce faisant, de l'augmentation de sa résilience. Par ailleurs, le mode de sylviculture largement dominant par coupes rases est de moins en moins accepté, d'autant plus que ces coupes se sont inévitablement multipliées, pour des raisons sanitaires, depuis 2018 avec la « crise du scolyte » qui a quasiment anéanti les épicéas.

Le laboratoire forestier du mont Beuvray

Le mont Beuvray est un domaine public protégé de 950 hectares (Site classé, Monument historique, Natura 2000) dont la propriété est partagée entre l'État (ministère de la Culture) et le Parc naturel régional du Morvan (voir les Figures 1, 2 et 3). Sa gestion est déléguée à Bibracte EPCC (établissement public de coopération culturelle), qui a passé une convention avec l'ONF pour les questions forestières (Guichard, 2022). La gestion

qui a été mise en place depuis les années 1990 vise l'irrégularisation et la diversification des peuplements, issus pour moitié de plantations de résineux dans les années 1970. Ce choix fut initialement dicté par un souci de qualité paysagère.

Le site est surtout connu (et protégé) pour avoir abrité la ville de Bibracte, capitale éphémère du peuple éduen au 1^{er} siècle avant notre ère, avant son transfert à Augustodunum – Autun. À ce titre, Bibracte EPCC anime un programme permanent de recherche archéologique sur le site, qui mobilise différentes approches environnementales.

Le lieu est particulièrement propice à la constitution d'un laboratoire d'expérimentation pour l'adaptation des forêts au changement climatique. Plusieurs raisons à cela : la représentativité des écosystèmes et des peuplements du mont Beuvray vis-à-vis de la forêt du Morvan, la maîtrise foncière du terrain d'expérimenta-



Figure 1 : Vue panoramique du mont Beuvray montrant une marqueterie paysagère de parcelles de feuillus et d'autres converties dans les années 1970 en peuplements résineux réguliers (© BourgogneLive / Aurélien Ibanez 2015 ; photothèque de Bibracte n°104597).

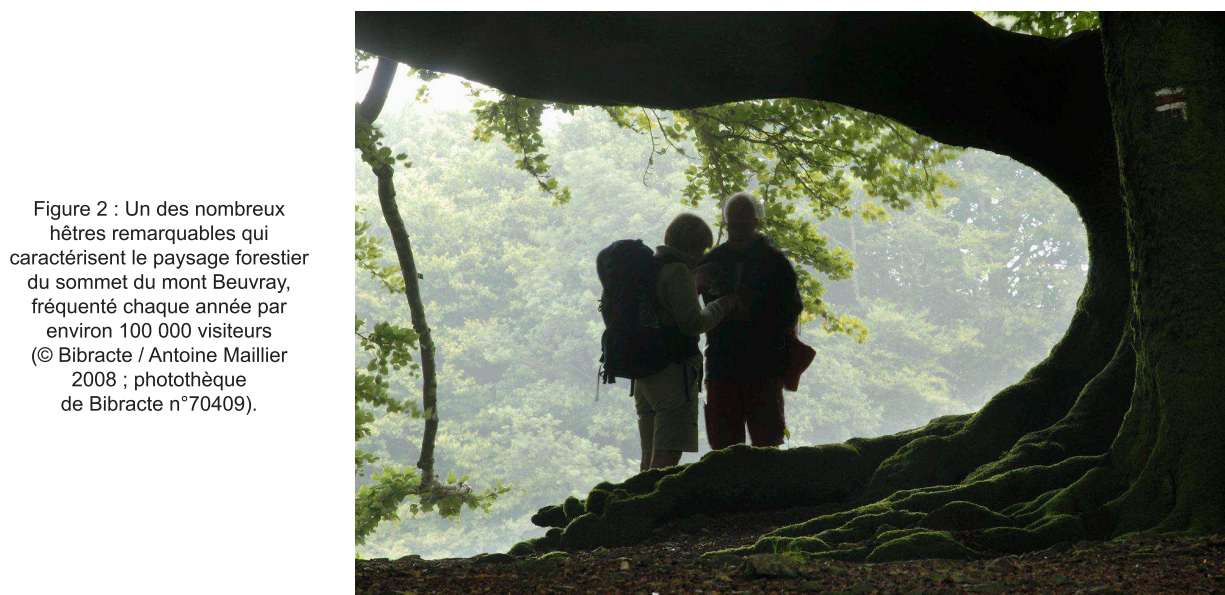


Figure 2 : Un des nombreux hêtres remarquables qui caractérisent le paysage forestier du sommet du mont Beuvray, fréquenté chaque année par environ 100 000 visiteurs (© Bibracte / Antoine Maillier 2008 ; photothèque de Bibracte n°70409).



Figure 3 : Coupe sanitaire rase d'un peuplement régulier d'épicéas atteint par une attaque de scolyte sur le sommet du mont Beuvray : la parcelle a été replantée par un mélange de feuillus endémiques par souci de qualité paysagère et de biodiversité (© Bibracte / Arnaud Meunier 2021 ; photothèque de Bibracte n°128990).

tion par la puissance publique, l'expérience de Bibracte en matière d'animation d'une communauté scientifique, la forte valeur écologique, patrimoniale et paysagère du site et son ouverture au public, qui incite à une approche « socio-éco-systémique » intégrée et pluridisciplinaire des enjeux forestiers.

Le laboratoire a été mis en place en 2022 grâce à des subsides de l'Union européenne et de la région Bourgogne-Franche-Comté collectés dans le cadre du Partenariat européen pour l'innovation en agriculture et foresterie (PEI-AGRI), un dispositif d'appui à l'innovation financé par le FEADER (Fonds européen pour l'Agriculture et le Développement rural). Il s'inscrit dans un projet d'expérimentation territoriale développé dans le cadre de la démarche Grand Site de France, une politique du ministère de la Transition écologique destinée à inciter les communautés locales à prendre en charge la gestion des Sites classés majeurs du territoire national, ainsi que l'écrin paysager dans lequel ils s'inscrivent (Boisseaux *et al.*, 2022), soit dans notre cas une zone montagneuse de 420 km² comprenant douze communes et 4 000 habitants. Ce projet fondé sur la démarche paysagère s'efforce de prendre en compte les différents enjeux spécifiques de ce petit territoire (forêt, agriculture, gestion de l'eau, tourisme et services) en s'appuyant sur l'attachement partagé de ses habitants pour son paysage préservé et son patrimoine (Guichard, 2024). Il mobilise les compétences d'une dizaine d'organismes de recherche et des organisations professionnelles concernées.

Le laboratoire appréhende de façon concertée trois enjeux auxquels est confrontée la gestion forestière face au changement climatique : la préservation de la res-

source en bois, la caractérisation et la préservation des services écosystémiques, enfin l'acceptabilité sociale des pratiques sylvicoles. Avec un financement assuré jusqu'à 2026, il mobilise en première ligne l'ONF et le Parc naturel régional du Morvan, plusieurs équipes de recherche – laboratoires Silva (Nancy) et Biogéosciences (Dijon), Faculté de recherches forestières de l'université Mendel (Brno) et Institut des sciences de la Terre d'Orléans –, ainsi que des experts indépendants.

Dans cet article, nous nous centrerons sur l'acceptabilité sociale des pratiques sylvicoles et sur l'implication de la société dans les décisions de gestion forestière, ce qui constitue un volet d'action à part entière du laboratoire.

Associer les citoyens à la gestion forestière, sous quelle forme et à quelle échelle ?

La gestion de la forêt française suscite un débat public et politique complexe et de plus en plus vif (Blondet, 2022), qui oppose notamment les acteurs de la filière, principalement préoccupés de maintenir une économie du bois prospère, et des acteurs de la « société civile », très divers et soucieux de préserver la multifonctionnalité de la forêt, sa biodiversité et les services éco-socio-systémiques qu'elle procure, au nombre desquels la qualité paysagère (Corvol-Dessert, 1995 ; Deuffic et Lanos, 2020 ; Marage, 2020).

Dans le Morvan, la crise sanitaire et sociale que traverse la forêt est pour une grande partie le legs de pratiques de monoculture qui occasionnent une grande vulnérabi-

lité des forêts aux aléas, notamment ceux occasionnés par le changement climatique et la circulation de plus en plus large des pathogènes. Ces pratiques ont également une rigidité qui est peu propice à un changement de trajectoire : irrégulariser et diversifier un peuplement résineux monospécifique, par exemple, est une tâche délicate et de longue haleine. S'ajoute à cela un grand morcellement du foncier – résultante de l'origine agricole de nombreuses parcelles – qui freine la diffusion de bonnes pratiques. En outre, « il apparaît essentiel que les propriétaires forestiers élargissent leur regard pour considérer, au-delà de leurs seuls intérêts, qu'ils contribuent au bien commun d'un territoire » (Marage, 2020). Si cette idée de forêt comme « bien commun » ne fait pas consensus, de plus en plus de personnes au sein de la filière s'accordent sur le fait qu'un changement de stratégie est indispensable afin d'assurer « la gestion durable et la vocation multifonctionnelle, à la fois écologique, sociale et économique, des bois et forêts » (code forestier, art. L.121-1).

Dans ce contexte, le souci de prêter attention aux attentes des citoyens progresse rapidement, sous la contrainte d'une pression sociale de plus en plus insistante (voir la Figure 4). Les enjeux sociétaux sont ainsi le premier des quatre défis scientifiques assignés au programme et équipement prioritaire de recherche (PEPR) FORESTT qui s'engage en 2024 avec des moyens très conséquents alloués par l'État, via l'Agence nationale de la Recherche, dans le cadre du plan France 2030.

En forêt privée, l'élaboration des schémas régionaux de gestion sylvicole (SRGS) par le Centre national de la Propriété forestière (CNPF) s'accompagne d'une large consultation qui peut conduire à la prise en compte de revendications des parties prenantes. Ainsi, la révision récente du SRGS de Bourgogne-Franche-Comté a permis d'abaisser le seuil des coupes rases de 4 à 2 ha en terrain très pentu, soit un premier pas dans une direction où beaucoup souhaiteraient des avancées nettement plus radicales. Dans l'échelle de la participation de Sherry Arnstein (1969) ou plus récemment de Dietz et Stern (2008), ce type de pratique se cantonne aux deux premiers échelons : information et consultation. Le niveau régional de la démarche limite en effet la prise en compte fine des habitants et des motifs spécifiques de leur attachement à leur environnement.

En forêt publique, l'Office national des Forêts affiche depuis 2022 le dialogue avec la société comme un de ses six axes stratégiques. Les réunions multi-acteurs désormais organisées lors de la révision des documents de gestion permettent de franchir un échelon de plus, en engageant une concertation d'autant plus efficace que celle-ci s'attache à un espace forestier cohérent, ce qui permet de mieux impliquer les acteurs locaux sur des enjeux de terrain concrets. Le dispositif Forêt d'Exception mis en place au début des années 2010 sert de terrain d'expérimentation privilégié, dans des forêts à forts enjeux sociaux, sur ces questions de dialogue avec les acteurs concernés (Gernigon, 2019).

L'ambition du laboratoire forestier du mont Beuvray est également de gravir cet échelon supplémentaire en proposant aux parties prenantes locales de co-construire l'avenir du massif du mont Beuvray et, ce faisant, d'éta-



Figure 4 : Affiche placardée en 2023 dans un grand nombre de lieux publics par l'association La Bresseille « qui a pour objet de veiller à la défense des forêts de feuillus du Sud Morvan, la lutte contre les pratiques de coupes rases et la mise en place d'une sylviculture mélangée à couvert continu » lors du changement de propriétaire d'un massif forestier tout proche du mont Beuvray.

blir des recommandations pertinentes pour l'ensemble du territoire de projet du Grand Site de France, voire au-delà. Dans l'esprit de la démarche paysagère, il s'agit de renforcer les motifs d'attachement partagés par les habitants et les parties prenantes du territoire en vue de les amener à se constituer en une communauté territoriale active.

Un dispositif de dialogue territorial pour construire une vision partagée de l'avenir de la forêt

Le dialogue territorial se situe bien au troisième étage de l'échelle de la participation citée ci-dessus (Barret et Guiheneuf, 2012 ; Dietz et Stern, 2008 ; Le Méhauté, 2022). Il ne s'agit plus seulement de communiquer ou de recueillir des avis, mais d'accompagner les parties prenantes pour leur permettre de co-construire des propositions qui seront soumises dans un second temps aux décideurs. Cette articulation entre co-construction et décision est fondamentale. Il s'agit de clarifier qui prendra la décision, mais aussi de s'assurer dès le départ que la décision sera présentée et expliquée aux parties prenantes engagées dans le processus et ainsi conduire à leur adhésion.

Pour cela, le dialogue territorial se démarque du mode débat, couramment pratiqué dans les processus de concertation, qui vise des échanges rationnels d'arguments et donne souvent lieu à des joutes argumentatives entre contradicteurs. Au contraire, le dialogue territorial met l'accent sur la compréhension

mutuelle des perceptions et des préoccupations de chaque partie prenante, ce qui constitue le premier temps du processus. À ce stade, il s'agit bien de se comprendre et non pas de se mettre d'accord ; faire en sorte que la préoccupation de chacun devienne la préoccupation de tous. La recherche d'un accord intervient tardivement, après ce premier temps d'expression, d'écoute et de compréhension ; et après un deuxième temps, centré sur l'exploration ouverte de pistes de solution.

Ce type de dialogue qui vise, à la fois, à produire une vision et des propositions partagées et à renforcer la capacité des acteurs du territoire à coopérer entre eux, dans le respect de leurs différences, est clairement favorisé par un travail de préparation spécifique, par la constitution d'un groupe multi-acteurs stable et par la posture de neutralité de l'animateur.

La préparation repose essentiellement sur des entretiens bilatéraux entre l'animateur du processus et les principaux acteurs concernés par le projet ou le problème abordé. La synthèse des entretiens, anonymisée, est diffusée à toutes les personnes rencontrées et comporte également les propositions de l'animateur/médiateur concernant le cadre et le dispositif de dialogue. Dans le cas de Bibracte, l'équipe de médiateurs a réalisé plus de vingt-cinq entretiens.

La constitution d'un groupe multi-acteurs où les acteurs concernés sont représentés de manière équilibrée et où ils s'engagent à respecter quelques principes et règles de fonctionnement facilite cette dynamique de compréhension mutuelle, la construction de la confiance et la production relativement rapide de propositions. À Bibracte, nous prévoyons quatre réunions de 2 h 30, dont deux en sous-groupes thématiques. À ces réunions s'ajouteront des sorties sur le terrain et un « marché des savoirs » qui permettront d'intégrer une dimension essentielle du dialogue territorial : le partage des savoirs, qu'ils soient scientifiques ou d'expérience. L'ensemble se déroule sur la durée de l'année 2024.

L'animation par un tiers qui adopte une posture de neutralité par rapport au sujet abordé et aux personnes présentes est un autre point essentiel du dialogue territorial. Cet animateur/médiateur joue un rôle clé dans la préparation et le démarrage du processus et se retire progressivement pour donner de plus en plus de place aux acteurs, de telle sorte que ceux-ci puissent poursuivre le dialogue sans appui extérieur, quand sera venu le temps de la mise en œuvre des décisions ou des orientations.

Enfin, nous ambitionnons de transformer ce groupe multi-acteurs en une instance qui aura pour rôle de suivre la mise en œuvre des décisions, voire de formuler de nouvelles propositions. Cette inscription dans la durée est d'autant plus importante que les incertitudes liées au changement climatique demandent une capacité d'adaptation bien plus grande de la part des sociétés humaines et appellent un renforcement et un renouvellement de nos processus démocratiques face à la montée des tentations autoritaires. Une telle concertation inscrite dans la durée est particulièrement nécessaire pour répondre au temps long des forêts.

Ressources internet

www.bibracte.fr, <https://grandsite-bibracte-morvan.fr>, <https://forestlab.hypotheses.org>, www.grandsitedefrance.com

Bibliographie

- ARNSTEIN S. (1969), "A ladder of citizen participation", *Journal of the American Planning Association*, 35(4), pp. 216-224, <https://doi.org/10.1080/01944366908977225>
- BALLAND V. (2023), « Les paysages forestiers de l'approvisionnement parisien : les conséquences environnementales du flottage dans le Haut Morvan montagnard (XIV^e-XVIII^e siècles) », In JACOB-ROUSSEAU N., JARRIGE F. & LANGOUREAU D. *Le flottage du bois en Europe. Techniques, sociétés et environnements*, Dijon, Éditions universitaires de Dijon, pp. 235-255.
- BARRET PH. & GUIHENEUF P.-Y. (2012), *Guide pratique du dialogue territorial*, La Tour d'Aigues, Éditions de l'Aube.
- BLONDET M. (2022), « Le retour de la périphérie ? Engouement montant pour la forêt et alternatives forestières », Communication au Congrès du CTHS (Paris, mai 2022), En cours de publication.
- BOISSEAUX TH., BACCAÏNI B. & CABRIT J.-L. (2022), « Les Grands Sites de France, la force fédératrice du paysage au cœur de l'action des territoires », Paris, Inspection générale de l'Environnement et du Développement durable (Rapport n°014170-01), http://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/014170-01_rapport_publie_cle5b9942.pdf
- CORVOL-DESSERT A. (1995), « La forêt. Les savoirs et le citoyen. Regards croisés sur les acteurs, les pratiques et les représentations », In VANNIER P. & MEILLER D. (dir.), *La Forêt. Les savoirs et le citoyen*, Chalon-sur-Saône, ANCR.
- DEUFFIC PH. & BANOS V. (2020), « Permanences et nouveaux des conflits dans les forêts françaises. Une contribution interprétative », *Cahiers de géographie du Québec*, 65(183), pp. 229-243, <https://doi.org/10.7202/1093666ar>
- DIETZ T. & STERN P.C. (Éds.) (2008), *Public participation in environmental assessment and decision making*, Washington DC, The National Academies Press, Washington (accessible en ligne).
- GERNIGON C. (2019), *Les enseignements de Forêt d'Exception®. Concertation et dialogue territorial en forêt*, Paris, Office national des forêts (accessible en ligne).
- GUICHARD V. (2022), « Bibracte : la deuxième vie d'une ville gauloise », *Culture et Recherche*, 142, pp. 113-117, <https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/Enseignement-superieur-et-Recherche/La-revue-Culture-et-Recherche/La-recherche-culturelle-et-l-Europe>
- GUICHARD V. (2024), « Du projet de site au projet expérimental de territoire : le cheminement du Grand Site de France de Bibracte – Morvan des Sommets », *Culture et Recherche*, 146, pp. 92-95.
- LE MÉHAUTÉ N. (2022), *Médiations environnementales, pour construire un monde commun*, Toulouse, Érès.
- MARAGE D. (2020), « Vivre de paysage dans le Morvan ou l'impensé de la gestion forestière morvandelle », *Projets de paysage : revue scientifique sur la conception et l'aménagement de l'espace*, 22 (Forêt et Paysage), <https://doi.org/10.4000/paysage.8182>

Les chiffres clés de la Veille économique mutualisée (VEM) de la filière forêt-bois

Par **Éric TOPPAN**
France Bois Forêt

Et **Mouchira LAHIANI**
Institut Technologique FCBA

La filière forêt-bois s'est dotée d'un outil inédit regroupant toutes les données existantes qui permet de produire les chiffres clés de la filière. Ainsi, en 2022 la production en valeur de l'ensemble de la filière forêt-bois a atteint 76,6 Mds€. La valeur ajoutée s'est élevée à 24 Mds€ en hausse par rapport à 2021 de 4 % principalement portée par le bois énergie et l'amont forestier. L'augmentation de la valeur ajoutée de la filière est plus rapide que celle de l'économie française.

Le nombre d'ETP s'établit désormais à un peu plus de 417 000 en 2022. La filière forêt-bois représente ainsi 12,9 % de l'emploi des filières à base industrielle. Le solde du commerce extérieur de la filière bois s'établit à - 11 Mds€ en 2022, en dégradation de 24 % par rapport à l'année 2021 (à un rythme moins rapide que le déficit commercial de l'économie française). Cela s'explique par une très forte demande, notamment dans la construction et la rénovation et les besoins de diversification énergétique dans le contexte de fortes hausses des prix. Avec un taux de couverture de la demande par l'offre nationale de 55 % et un faible taux d'exportation (30 %), la filière forêt-bois française se caractérise par son orientation vers le marché intérieur. Les différents produits de la filière sont réalisés avec une part importante de bois provenant de ressources françaises, avec des retombées socio-économiques associées : réduction des émissions de carbone, emplois et valeur ajoutée créés dans les territoires...

France Bois Forêt est l'interprofession nationale de la filière forêt-bois. Créée le 8 décembre 2004 sous l'égide du ministère de l'Agriculture en charge des Forêts, elle fédère les organisations professionnelles de la filière et est reconnue comme interlocutrice par les pouvoirs publics sur les sujets forêt-bois. En concertation avec ses 24 organisations membres, France Bois Forêt met en œuvre des actions collectives de communication et de promotion de la forêt française et des usages du bois, de recherche, d'innovation et de développement (www.franceboisforet.fr).

En 2016, France Bois Forêt a conclu un partenariat avec quatre ministères et le CODIFAB (Comité professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois) pour créer un outil inédit : la Veille économique mutualisée (VEM) de la filière forêt-bois. La VEM a pour objectif de regrouper toutes les données existantes et de concevoir et réaliser des indicateurs, clairs et lisibles. Le Tableau Emploi-Ressource (TER), outil de connaissance économique de la filière forêt-bois, apporte des résultats annuels (valeur ajoutée, emploi...) et une description des flux entre branches.

Production, emploi et valeur ajoutée de la filière

En 2022, la production en valeur de l'ensemble de la filière bois a augmenté pour atteindre 76,6 Mds€ vs 74 Mds€ en 2021 (+ 3,5 %). La valeur ajoutée de la filière forêt-bois française a augmenté par rapport à 2021 de 4 %, soit + 1,1 Mds€. L'augmentation de la richesse créée est principalement portée par le bois énergie et l'amont forestier (sciages de feuillus tempérés et de sapin-épicéa). En parallèle, la filière a créé près de 1 600 emplois en équivalent temps plein (ETP) depuis 2021. Le nombre d'ETP s'établit désormais à un peu plus de 417 000 en 2022. La filière forêt-bois représente ainsi 12,9 % de l'emploi des filières à base industrielle.

Dans ce cadre, la productivité apparente du travail a enregistré une augmentation de 4,5 % en 2022 par rapport aux années précédentes (69 k€/ETP en 2022 contre 66 k€/ETP en 2016 jusqu'à 2021). L'augmentation de la productivité apparente du travail illustre de meilleures conditions de travail de la filière et des facteurs de production de plus en plus efficaces ceci ayant été soutenus par des efforts significatifs en matière d'innovation et d'investissements.

Tableau 1 : L'emploi et la valeur ajoutée de la filière de 2016 à 2022 (Source : VEM).

Année	VA (Mds€)	Nombre d'ETP	Productivité apparente du travail
2016	24,6	372 480	66
2017	25,0	379 141	66
2018	26,0	392 702	66
2019	26,1	394 967	66
2020	25,1	393 892	64
2021	27,6	415 535	66
2022	28,7	417 133	69

En comparant la valeur ajoutée de la filière forêt-bois par rapport au PIB, on note que l'augmentation de la valeur ajoutée de la filière est plus rapide que celle de l'économie française (voir la Figure 1). Ce n'était pas le cas pour le nombre d'ETP qui est resté stable par rapport à celui de 2021, alors que celui de la population en emploi a légèrement augmenté de 1,5 % (voir la Figure 2).

Indicateurs du commerce extérieur

Le solde du commerce extérieur de la filière bois s'établit à - 11 Mds€ en 2022, en dégradation de 24 % par rapport à l'année 2021. Cela s'explique par un contexte d'activité économique tirée par une très forte demande, notamment dans la construction et la rénovation et les besoins de diversification énergétique dans le contexte de fortes hausses des prix. En conséquence, les importations ont augmenté plus rapidement que les expor-

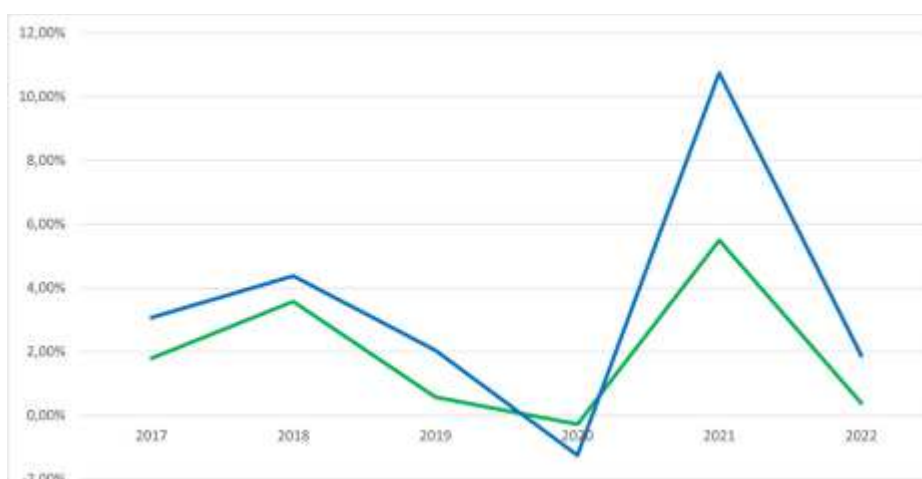


Figure 1 : Évolution annuelle de la valeur ajoutée de la filière forêt-bois par rapport à toute la France entre 2016 et 2022 (Source : VEM).

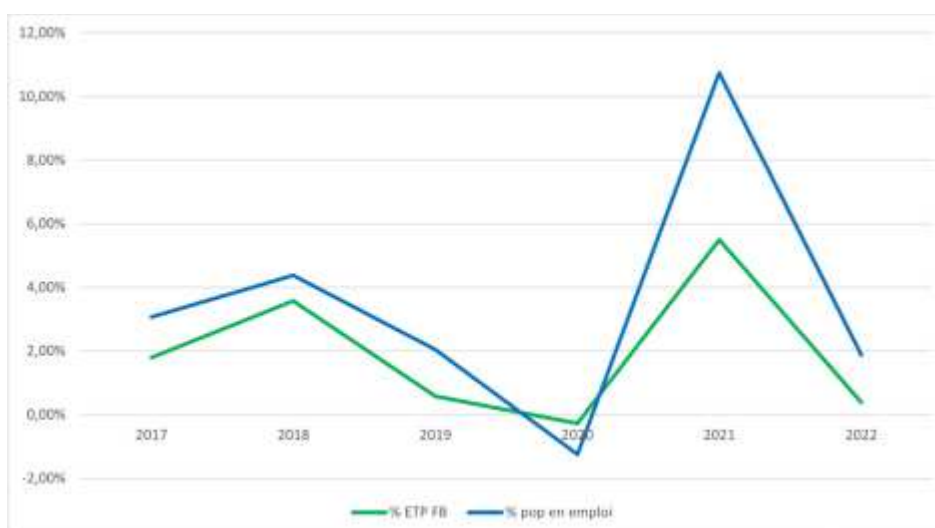


Figure 2 : Évolution annuelle du nombre d'ETP de la filière forêt-bois par rapport à l'évolution de la population en emploi de l'ensemble de l'économie française de 2016 et 2022 (Source : VEM).

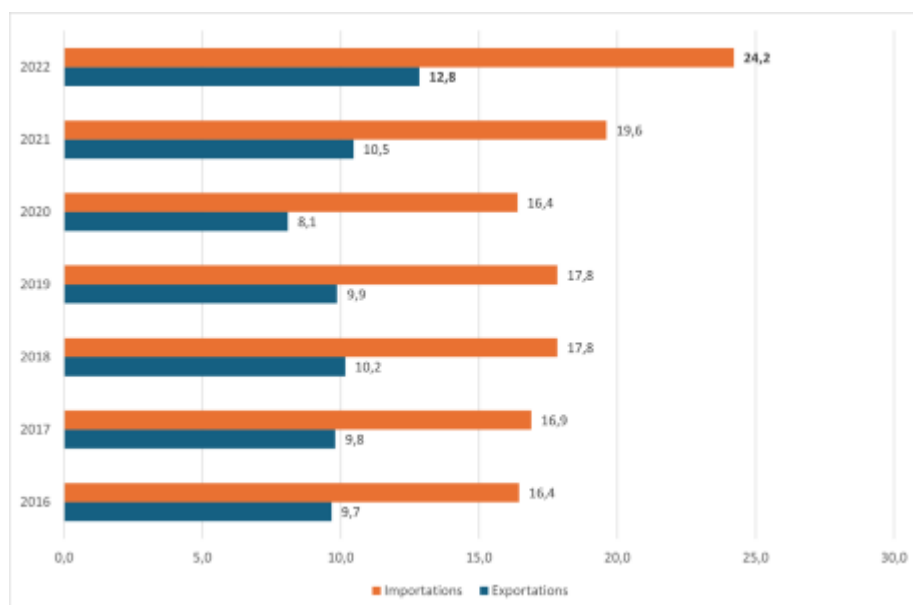


Figure 3 : Évolution des importations et des exportations de la filière forêt-bois de 2016 à 2022 (Source : VEM).

tations, notamment pour les combustibles industriels à base de bois, les menuiseries extérieures et le bois destiné à l'industrie.

En comparaison, le déficit commercial de l'économie française dans son ensemble s'est aussi creusé en 2022, à un rythme plus rapide que celui de la filière forêt-bois (29 %).

L'Agreste produit une note de conjoncture du commerce international de la filière¹. Le périmètre de la filière bois de l'Agreste, en termes de produits, est un peu différent de celui de la VEM, ce qui conduit à des résultats légèrement différents mais comparables.

Commerce extérieur de la filière

Avec un taux de couverture de la demande par l'offre nationale de 55 % et un faible taux d'exportation (30 %), la filière forêt-bois française se caractérise par son orientation vers le marché intérieur.

Tableau 2 : État du commerce extérieur de la filière forêt-bois en 2022 (Source : VEM).

2022	Filière bois	Production manufacturière
Taux de couverture de la demande par l'offre nationale	55 %	59 %
Taux d'exportation	30 %	37 %
Taux de couverture des exportations	53 %	84 %

¹ <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/SynBoi23407/consyn407202306-Bois.pdf>, cf. Tableau 1 au bas de la page 1 pour les chiffres du commerce extérieur de la filière bois.

En 2022, le taux de couverture des exportations est resté stable par rapport à celui de 2021 (53 %). Cela veut dire que malgré l'augmentation des importations connue en 2022, la filière forêt-bois a pu maintenir le niveau de ses exportations par rapport à ses importations grâce à l'amélioration de sa production nationale.

Valeur ajoutée par marché de destination finale

En 2022, la valeur ajoutée de la filière forêt-bois a augmenté de 4 % par rapport à celle de 2021. Cependant, les dynamiques de ses marchés finaux restent hétérogènes. Les activités de production forestière, de transformation et de mise en œuvre de produits bois² de la filière alimentent cinq marchés de destinations finales à hauteur de 24 Mds€ de valeur ajoutée, soit 84 % de l'ensemble de la création de richesse de la filière bois. Cela exclut les services (transports, conseils...) et le commerce qui sont associés à ces activités et marchés finaux. Les activités transversales à la filière, comme le commerce de gros et de détails ainsi que les services, représentent une valeur ajoutée de 4,5 Mds€, soit 16 % de l'ensemble.

En 2022, les parts des valeurs ajoutées par marchés finaux sont restées stables par rapport leur niveau de 2021 :

- le marché de la construction a représenté 49 % de la valeur ajoutée à un niveau similaire à celui de 2021. Il inclut l'ensemble du bois dans la construction, la

² Les autres produits, qui ne sont pas majoritairement à base de bois, ne font pas partie de la filière forêt-bois (exemple : les meubles en métal, les menuiseries en aluminium...).

Tableau 3 : Parts des valeurs ajoutées par marchés finaux en 2022 (Source : VEM).

2022	Mds €	% total	% (hors commerce)
Construction	11,8	84 %	49 %
Produits de consommation courante	5,1		21 %
Emballage bois et carton	2,8		12 %
Énergie	2,7		11 %
Meuble	1,7		7 %
Commerces et services	4,5	16 %	

rénovation, l'agencement des lieux de vente et le génie civil qui a enregistré une hausse de 4 % ;

- le marché des produits de consommation courante (21 % de la VA), qui rassemble les articles en papier ou en carton, les objets en bois, les produits manufacturés (cercueils, objets en bois...) a augmenté de 21 % par rapport à 2021 ;
- le marché de l'emballage bois et carton, intégrant la tonnellerie, représente 12 % de la VA et a enregistré la plus forte dynamique (+ 45 %) ;
- le marché de l'énergie industrielle, collective ou individuelle, où n'est comptée que la partie commercialisée (11 % de la VA), a augmenté de 11 % ;
- enfin, le marché du meuble à base de bois (7 % de la VA), a aussi enregistré une hausse de 10 %.

Emploi direct par marché de destination finale

En 2022, la filière bois représentait plus de 417 000 emplois directs, en équivalent temps plein. La répartition des emplois directs en équivalent temps plein par marchés de destination est proche de celle de la valeur ajoutée.

Les activités de production forestière, de transformation et de mise en œuvre de produits bois de la filière forêt-bois alimentent cinq marchés de destinations finales. Ces derniers représentent 354 000 emplois directs (ETP), soit 85 % des emplois directs de la filière.

Les ETP représentés ci-dessous excluent les emplois liés aux services (transports, conseils...) et aux commerces qui sont associés à ces activités et marchés finaux. Les activités transversales à la filière comme le commerce de gros et de détails ainsi que les services représentent 63 110 emplois directs (ETP), soit 15 % de l'ensemble des emplois de la filière.

Ainsi, la filière forêt-bois valorise un même matériau bois en satisfaisant simultanément plusieurs marchés

indépendants. Dans son ensemble, cette multitude de débouchés permet à la filière d'avoir une forte résilience face aux évolutions conjoncturelles de tel ou tel marché. Par ailleurs, en complément de ceux existants, de nouveaux marchés émergent, comme la chimie verte, qui sont de réels relais de croissance.

Les 354 000 ETP directs en 2022 (hors services) se répartissent de la façon suivante :

- 52 % concernent le marché de la construction, qui inclut tout le bois dans la construction, la rénovation, l'agencement des lieux de ventes et le génie civil ;
- le marché des produits de consommation courante, qui rassemblent les articles en papier ou en carton, les objets en bois, les produits manufacturés (instruments de musique, cercueils, jeux et jouets, cintres...) en concentre 20 % ;
- le marché de l'emballage bois et carton avec la tonnellerie en rassemble 10 % ;
- le marché de l'énergie industrielle, collective ou individuelle, où n'est comptée que la partie commercialisée, crée 10 % de ces emplois ;
- le marché du meuble à base de bois en représente 7 %.

Tableau 4 : Nombre d'ETP et la part d'emploi par marché de destination finale en 2022 (Source : VEM).

2022	ETP	% (hors commerce)
Construction	183 839	52 %
Produits de consommation courante	72 061	20 %
Emballage bois et carton	36 696	10 %
Énergie	35 653	10 %
Meuble	25 772	7 %
Commerces et services	63 110	
Total	417 133	

Valeur ajoutée et emploi direct par activité

En 2022, près de la moitié de la valeur ajoutée et de l'emploi (en ETP) a été créée par les activités de « production et transformation de produits bois » et plus d'un tiers par les activités de « mise en œuvre de produits bois ». Le reste (un sixième) revient aux commerces et services. La répartition de la valeur ajoutée par activité est globalement en ligne avec la répartition des emplois.

Le poids de la production et de la transformation du bois est comparable aux parts de la mise en œuvre et des services, ce qui suggère un certain équilibre dans la création de valeur entre les différentes activités de la filière. En particulier, la part importante des activités de mise en œuvre de produits bois, qui sont non délocalisables, apporte un débouché de proximité aux activités de production.

De plus, la grande pluralité des emplois présents dans la filière, de l'industrie lourde à l'artisanat, du sylviculteur à l'agent immobilier ou l'enseignant chercheur, met en exergue la représentativité de la filière bois dans les chaînes de valeur de l'économie française.

Tableau 5 : Parts de la valeur ajoutée et de nombre d'ETP par activité en 2022 (Source : VEM).

2022	VA (Mds €)	ETP
Production et transformation de produits bois	50 %	46 %
Mise en œuvre de produits bois	36 %	38 %
Commerces et services	14 %	15 %
Total	28,7	417 133

Destinations de l'activité « Production et transformation de produits bois »

La production et les importations des branches de l'activité « production et transformation de produits bois » sont soit destinées à d'autres activités de transformation

en France (consommation intermédiaire), soit destinées à la consommation finale en France, soit exportées.

En 2022, l'essentiel de la production et des importations des branches de l'activité « production et transformation de produits bois » a été destiné au marché national tant pour la transformation (consommation intermédiaire) que pour la consommation finale. Ainsi, l'activité de production et de transformation de la filière forêt-bois a pu satisfaire le marché intérieur en priorité, et notamment la consommation finale française, où 55 % de la valeur consommée provient de la production française, en diminution par rapport à 2021 (64 %). Le même constat concernant la consommation intermédiaire, où 46 % des produits semi-finis proviennent des importations, ce qui représente une légère augmentation par rapport à 2021 (43 % en 2021).

Tableau 6 : Destination des activités de production en 2022 (Source : VEM).

2022	France	Import
Consommation intermédiaire	54 %	46 %
Consommation finale	55 %	45 %
Exportation	100 %	-

Valeur ajoutée et emploi des activités par marché de destination finale

En 2022, l'activité de mise en œuvre de produits bois³ a représenté 78 % de la valeur ajoutée dirigée vers la construction. Avec l'énergie, ce sont les seuls marchés où le périmètre de la VEM inclut la mise en œuvre. Dans le cas de l'énergie, cette activité correspond à la branche « 60 - Travaux d'installation de chauffage au bois » qui a été ici classifiée comme « mise en œuvre » par convention. Elle représente 37 % de la valeur ajoutée dirigée vers l'énergie.

En ce qui concerne l'emploi, l'activité de mise en œuvre de produits bois représente près de 79 % des emplois directs dirigés vers la construction. Les cinq marchés décrits plus haut représentent 85 % des emplois directs (ETP) de la filière.

Tableau 7 : Valeur ajoutée des activités par marché de destination finale (en Mds€), (Source : VEM).

2022	Construction	Produits de consommation courante	Emballage bois et carton	Énergie	Meuble
Production et transformation de produits bois	2,6	5,1	2,8	1,7	1,7
Mise en œuvre de produits bois	9,2	-	-	1	-
Total (24,2 Mds€)	11,8	5,1	2,8	2,7	1,7

³ Les autres produits ne font pas partie de la filière bois (exemple : les meubles en métal, les menuiseries en aluminium...).

Tableau 8 : Nombre d'ETP des activités par marché de destination finale (Source : VEM).

2022	Construction	Produits de consommation courante	Emballage bois et carton	Énergie	Meuble
Production et transformation de produits bois	38 308	72 061	36 696	21 487	25 772
Mise en œuvre de produits bois	145 531	-	-	14 167	-
Total (354 023 ETP)	183 839	72 061	36 696	35 653	25 772

Part de bois français en volume par filière d'usage

Les différents produits de la consommation finale française des filières d'usage « bois énergie » et « bois d'œuvre » sont réalisés avec une part importante de bois provenant de ressources françaises (produits de la forêt, produits connexes de scieries et bois recyclés).

Il s'agit donc de filières à dominantes locales avec des retombées socio-économiques associées : réduction des émissions de carbone, emplois et valeur ajoutée créés dans les territoires...

Toutes les données actualisées de la VEM sont sur le site vem-fb.fr

Tableau 9 : La part du bois français diffère selon les filières d'usage (Source : VEM).

	2021	2022
Filière d'usage bois d'œuvre	59 %	61 %
Filière d'usage bois d'industrie	27 %	19 %
Filière d'usage bois énergie	84 %	77 %

Les forêts et la filière bois dans le Grand Est face aux conséquences des changements climatiques : menaces et perspectives

Par Jean-Pierre RENAUD
Vice-président de Fibois Grand Est

Les forêts occupent une place essentielle dans la région Grand Est. La filière forêt-bois apporte aux territoires une activité durable et permet de dégager d'importantes ressources qui sont valorisées par un réseau très varié d'entreprises dont certaines sont des *leaders* dans leur domaine au plan national. Depuis 2018, les forêts subissent les conséquences des changements climatiques avec la répétition d'étés secs et très chauds. Toutes les grandes essences régionales sont touchées à commencer par l'épicéa, durement affecté par la pullulation de scolytes qui ont dévasté la plupart des peuplements de basse altitude. Ces phénomènes sont appelés à durer et conduisent à une dégradation moyenne des produits tirés des récoltes forestières. Des mesures conservatoires doivent donc être prises et les entreprises de transformation doivent s'adapter pour traiter et valoriser au mieux ces « bois de crise » qui constituent désormais une part significative de la récolte issue de nos forêts. Une orientation prioritaire en bois d'œuvre des produits forestiers permettra à l'ensemble de la filière d'améliorer son bilan carbone par une augmentation de sa durée de séquestration. Cela nécessitera d'importants investissements et des efforts de recherche notamment pour les essences feuillues, majoritaires dans notre région.

La forêt et l'économie du bois dans la région Grand Est : une présence immémoriale, une place incontournable

La forêt couvre dans le Grand Est une superficie de 1 916 000 ha environ avec un taux de boisement de 33 %. Il est dans la moyenne nationale mais présente selon les régions naturelles de très fortes disparités : les hautes et basses Vosges gréseuses sont par exemple très fortement boisées avec un taux exceptionnel de 84 %. Dans les plaines de Champagne ou d'Alsace, plus agricoles et urbanisées, les forêts n'occupent que 15 % environ du territoire.

Les paysages forestiers sont aussi très variés, traduisant la grande hétérogénéité des conditions écologiques et géomorphologiques qui caractérise la région. On retrouve cette richesse dans la composition des forêts, en majorité feuillues pour 79 % (chênes pédonculé et sessile pour 28 %, hêtre pour 19 %) mais les résineux occupent une place significative, notamment dans le massif vosgien (sapin pectiné pour 7 %, épicéa

pour 7 % en baisse significative en plaine suite aux attaques de scolytes).

Contrairement à la moyenne pour la France métropolitaine où les trois quarts des forêts sont privées, plus de la moitié des forêts du Grand Est sont publiques (56 %) avec une place prépondérante des forêts communales (40 % de la superficie forestière). Plus de 55 % des surfaces forestières en Grand Est sont écocertifiées (principalement PEFC), ce qui en fait la première région de France dans ce domaine.

Sur le plan économique, la filière forêt bois est un acteur majeur à la fois à l'échelle régionale mais aussi pour sa contribution à la production de bois au plan national : 45 % du bois d'œuvre de hêtre est produit dans la région et le bois énergie n'est pas en reste avec 25 % récolté dans les forêts du Grand Est. Près de 55 000 emplois directs, de l'amont jusqu'à l'aval dépendent de l'activité de cette filière forêt-bois, dont le plus grand nombre situé en milieu rural. La récolte de bois alimente l'activité de très nombreuses entreprises (près de 10 000 !) qui valorisent cette production en bois d'œuvre principalement (43 %) mais aussi en bois d'industrie (29 %) avec des unités industrielles de

premier plan pour la fabrication de panneaux, de matériaux isolants ou encore de papier-cartons. Le Grand Est compte parmi les plus grosses scieries de France et des entreprises très performantes et innovantes notamment dans le domaine de la fabrication de meubles et la construction bois.

L'interprofession régionale Fibois Grand Est regroupe l'ensemble des acteurs de la filière forêt-bois régionale, depuis le propriétaire de forêt privée jusqu'au charpentier ou au fabricant de meubles.

À ce titre, Fibois est l'interlocuteur reconnu par les autorités de niveau régional, État et région notamment pour porter et défendre les intérêts des acteurs de la filière. Plus largement, l'interprofession œuvre pour une meilleure prise en compte des enjeux forestiers et de la place du bois dans les défis auxquels est confrontée avec acuité notre société : transition écologique et neutralité carbone, emplois et activité économique, préservation environnementale, attractivité des territoires...

Des forêts menacées par les crises climatiques et sanitaires

Les aléas climatiques et les maladies ont depuis 30 ans contribué à modifier sensiblement les paysages forestiers. La tempête Lothar de décembre 1999, appelée « la tempête du siècle » a détruit en un jour des milliers d'hectares de forêts, notamment dans le sud de la Lorraine et le nord de l'Alsace. La canicule de 2003 a provoqué d'importants dépérissements forestiers, préfigurant ceux que nous constatons et subissons depuis 2018 avec la répétition d'étés secs et caniculaires.

Les étés 2018, 2019 et 2020 : trop chauds, trop secs : les origines de la crise

Le climat habituel dans le quart nord-est de la France est réputé pour sa pluviométrie élevée y compris en période estivale, les touristes l'ont souvent appris à leurs dépens !

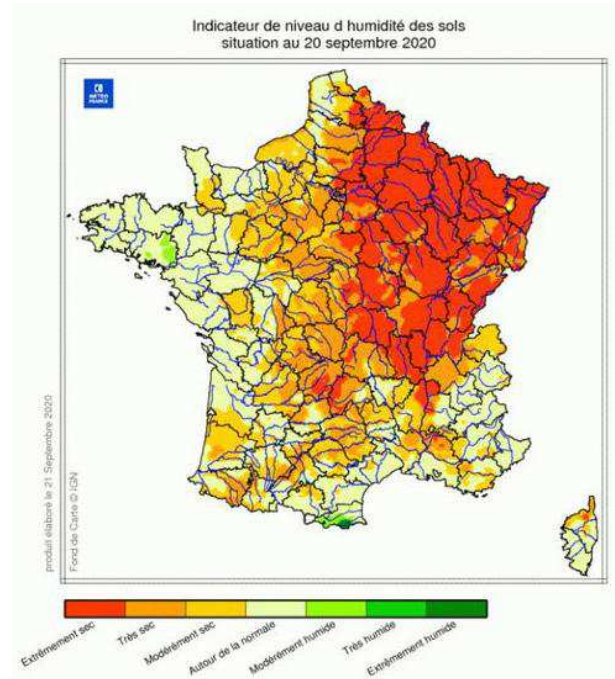


Figure 1 : Indicateur sécheresse des sols, septembre 2020 (Source : Météo France).

On constate néanmoins que le cumul d'étés exceptionnellement secs depuis 2017 et l'augmentation globale des températures depuis 30 ans, conjugués à la récurrence de périodes de températures extrêmes ont provoqué un assèchement exceptionnel des sols et conduit inexorablement à des désordres biotiques ou physiologiques sur la végétation forestière.

Les crises sanitaires forestières en quelques chiffres et images : du jamais vu depuis 70 ans

Dès la fin du 1^{er} semestre 2018, des signes avant-coureurs de désordres d'origine pathologique et/ou physiologique sur les forêts ont été signalés, en Grand Est et en Bourgogne Franche-Comté. Cette dégradation sanitaire n'a fait que s'amplifier avec la récurrence

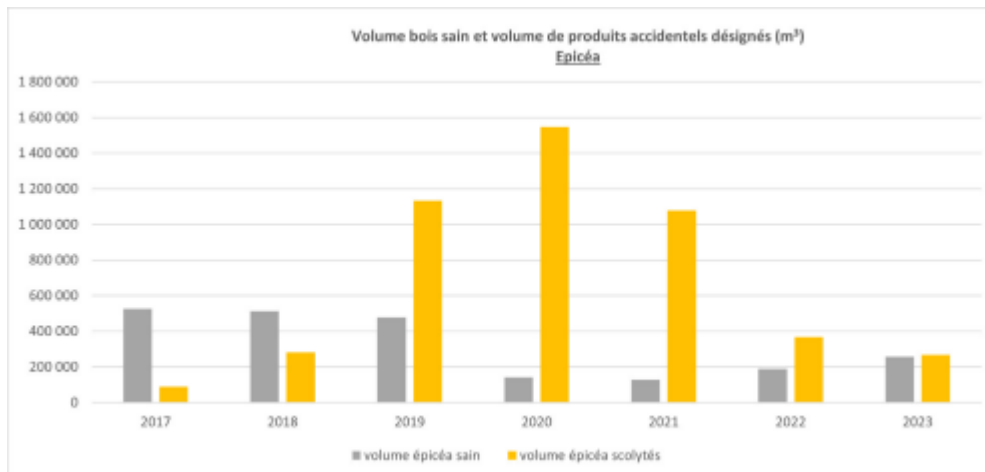


Figure 2 : Évolution des volumes d'épicéa récoltés dans les forêts publiques du Grand Est (source : ONF).

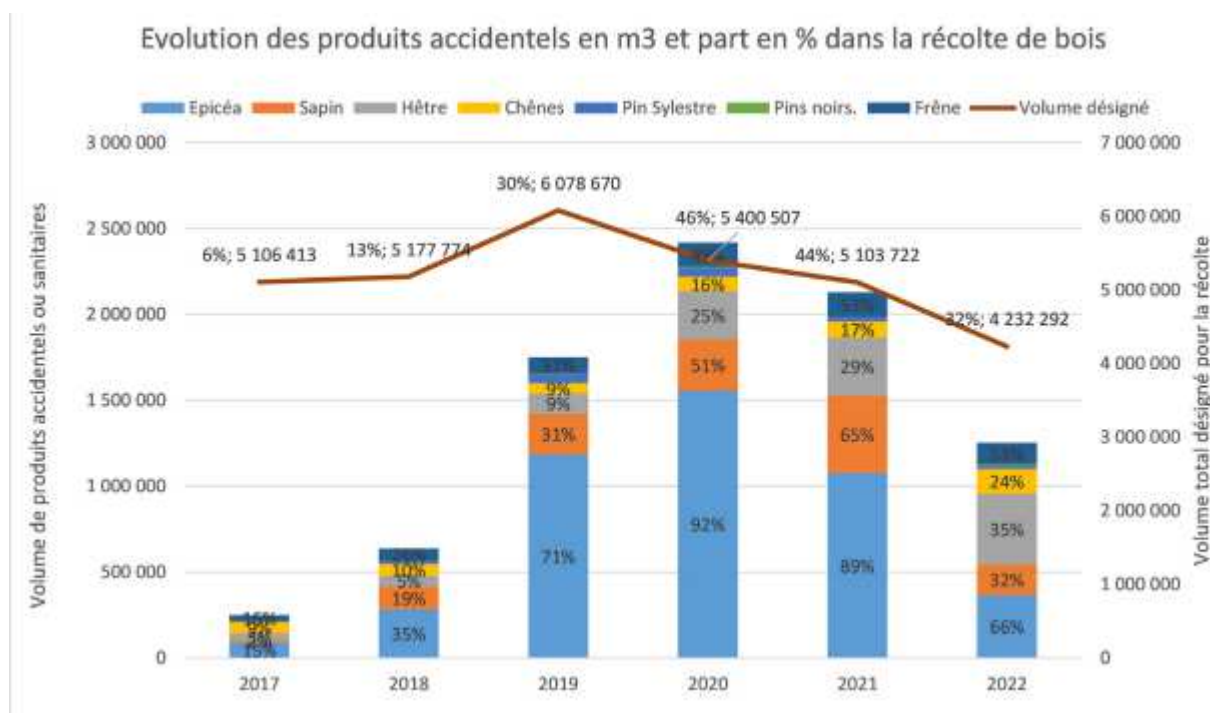


Figure 5 : Évolution des produits accidentels dans les forêts publiques du Grand Est (Source : ONF).

Cet « effondrement » dans notre région est corrélé à l'augmentation de la mortalité (+ 200 % !) des arbres et plus généralement à la dégradation sanitaire des peuplements et la récolte fatale et anticipée des bois malades. Il traduit également une diminution significative de l'accroissement biologique de nos forêts (- 11 % sur 2 périodes consécutives de 10 ans). Cet accroissement demeure néanmoins supérieur au niveau actuel de récolte. En effet et contrairement à certaines affirmations polémiques, l'augmentation des « exploitations » est exclusivement liée à la hausse significative de la part de prélèvements liés à l'état sanitaire des arbres (arbres morts ou malades), comme le démontre le graphique (voir la Figure 5 ci-dessus), explicitant les récoltes réalisées dans les forêts publiques du Grand Est de 2017 à 2022.

Adapter nos forêts à ces changements climatiques : un enjeu central pour l'avenir des forêts et de l'ensemble de la filière forêt-bois

Tous ces phénomènes de dépérissement parfois brutaux préfigurent ce que pourraient vivre dans les prochaines décennies nos forêts. Il est donc urgent et indispensable de les aider à pouvoir surmonter des crises qui sont pour une partie significative les conséquences des changements climatiques.

Dans les pires scénarios d'évolution des températures, les conditions climatiques qui régneront dans 80 ans (le temps d'une vie pour un homme, l'âge de la maturité pour les arbres qui naissent aujourd'hui...) pourraient ressembler dans le Grand Est à celles qui prévalent actuellement dans le sud de la France ! Mais les capa-

cités de résistance à la sécheresse du sapin pectiné et du hêtre ne sont pas comparables à celles du chêne vert et du pin d'Alep !

Des cartes de vulnérabilité ont été établies pour un grand nombre de forêts publiques du Grand Est. Elles sont le fruit du croisement de l'essence majoritaire en place (couleur de fond) avec la vulnérabilité de l'essence vis-à-vis du déficit hydrique édaphique annuel (la réserve utile du sol est prise en compte) en fonction des scénarios du GIEC. On voit sur l'exemple présenté ci-dessous, que dans le cas de scénarios défavorables, désormais malheureusement vraisemblables puisqu'on parle d'une adaptation nécessaire à une augmentation des températures de 4°C, une grande partie des essences majoritaires se trouveraient potentiellement menacées (zones jaunes, oranges et rouges sur la carte : cf. Figure 6).

Il faut donc agir et favoriser l'émergence d'essences plus adaptées, présentes déjà localement comme le chêne sessile ou qu'il faudra introduire précautionneusement comme certains sapins ou chênes méditerranéens. Les capacités naturelles des arbres à « migrer » sont en effet limitées et surtout trop lentes par rapport aux changements à venir, dans un rapport de temps de 1 à 10, voire de 1 à 100 ! Mais la forêt en place garde d'importants atouts, grâce notamment à la grande diversité génétique qui caractérise les écosystèmes forestiers. On s'appuiera donc majoritairement sur la régénération naturelle des forêts en sélectionnant les espèces les plus résilientes lorsqu'elles sont présentes et en favorisant dans tous les cas la plus grande diversité possible : une forêt « naturelle » comprenant 5 à 10 espèces différentes en mélange sera en effet mieux à même de résister qu'une forêt homogène et monospécifique... Mais pour atteindre cet objectif ambitieux

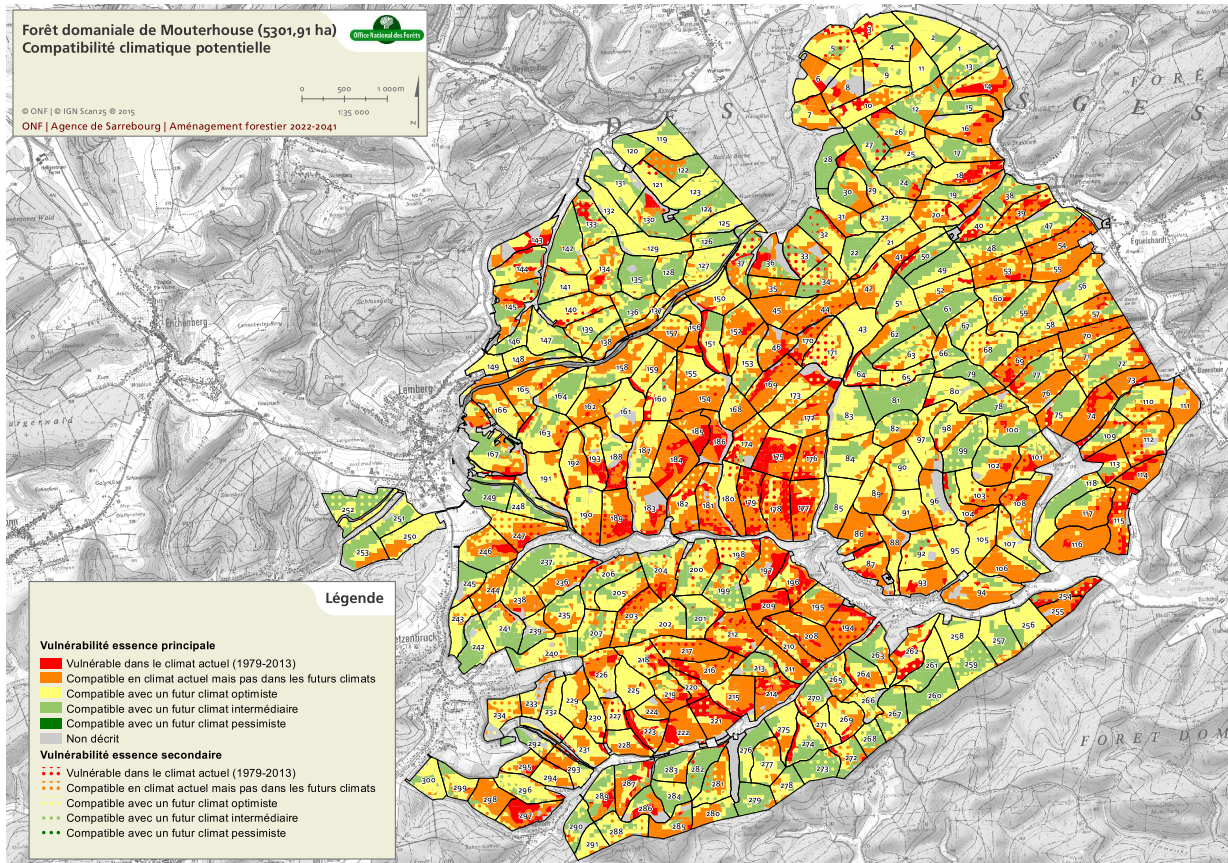


Figure 6 : Exemple d'une carte de la vulnérabilité potentielle des essences forestières en place en forêt domaniale de Mouterhouse en Moselle (Source : ONF Grand Est).

mais nécessaire, il faut que la capacité de la forêt à se régénérer soit préservée. Les fortes densités de cervidés (cerfs, chevreuils, daims, chamois) qui prospèrent dans de très nombreuses forêts du Grand Est font la joie des chasseurs mais menacent l'avenir des forêts en consommant toutes les jeunes pousses. Il faut donc plus que jamais rétablir un équilibre entre toutes les composantes d'un écosystème fragile et menacé.

Adapter notre outil de transformation et répondre aux enjeux de la transition écologique

La capacité de stocker du carbone dans les produits bois issus de la récolte forestière est insuffisamment prise en compte. Cette contribution aux objectifs de neutralité fixée par la Stratégie Française Énergie Climat (SFEC) de la planification écologique est pourtant très significative et pourrait encore être mieux valorisée sous réserve d'une évolution de nos pratiques de transformation mais aussi de nos habitudes de consommation.

Valoriser et mieux utiliser les bois issus de ces crises

La condition essentielle d'une gestion efficace de ces périodes où les bois sont à la fois altérés et abondants est de pouvoir les exploiter rapidement et les transformer dans les meilleures conditions commerciales

en conservant l'essentiel de leur valeur. Or, pour de bonnes ou de moins bonnes raisons, les bois scolytés par exemple subissent une dépréciation commerciale significative qui peut être liée à l'aspect visuel des bois sciés (phénomène de bleuissement) plus qu'à un changement significatif de leurs qualités technologiques. Les tests réalisés en laboratoires ou directement sur chantiers ont pourtant démontré que ces bois étaient aptes à une utilisation en structure, dans des conditions comparables à des bois « sains ». La démonstration en a été faite récemment dans des bâtiments pilotes à structure bois comme les nouveaux locaux communs à la chambre départementale d'Agriculture des Vosges et l'ONF à Épinal où des bois issus de peuplements scolytés ont pu être utilisés en charpente, sans difficultés.

Cela semble être aussi le cas pour les bois déperissants stockés sous eau. Il est donc essentiel que les industriels puissent adapter leur outil de transformation à ce type de production qui, sans être majoritaire, va représenter une part significative et croissante des volumes tirés de nos forêts « en crise ».

Intégrer l'objectif de neutralité carbone dans l'approvisionnement et la production des entreprises de transformation

En 2022 (Agreste – DRAAF Grand Est – 2024), la récolte de bois d'œuvre en Grand Est avait été destinée à 40% au bois d'œuvre, à 30 % au bois d'industrie (trituration principalement) et à 30 % au bois énergie.



Figure 7 : Bâtiment ONF - Chambre d'Agriculture d'Épinal. Charpente constituée de sapin sain (lamellé collé) et d'épicéa scolyté (poutres) sans altération mécanique du bois (crédit photo : Denis Dagneaux, ONF Grand Est).

Cette production de bois d'œuvre a représenté 14 % de la production nationale, avec une mention particulière pour le hêtre (47 % !) sans oublier le chêne (19 %) et les autres feuillus (hors peuplier) (25 %). Les résineux blancs sapin épicéa contribuent respectivement pour 18 et 19 % à la production nationale de bois d'œuvre, ce qui place le Grand Est à la troisième place des régions.

Les volumes de sciages produits par les entreprises régionales représentent 16 % du volume national. Tendanciellement, le volume de bois scié en Grand Est baisse de manière continue depuis 20 ans, avec plus de 2 Mm³ en 2005 contre un peu moins de 1,5 Mm³ en 2022. La part de sciages résineux demeure majoritaire (2/3 environ soit près de 1 Mm³) malgré une ressource majoritairement feuillue (79 % des forêts) !

Ces chiffres posent question à l'heure où la contribution de la filière forêt-bois à l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050 est réaffirmée et...très attendue ! Au plan national, le Cabinet Carbone 4 a produit en 2023 une étude commanditée par les interprofessions du bois dont France Bois Forêt, qui met en évidence le rôle majeur que le puits de carbone constitué par les produits bois peut et doit remplir pour atteindre ces objectifs et compenser partiellement la décélération prévisible du puits de carbone forestier. En parallèle avec la poursuite de la substitution des produits à fort impact carbone par des produits bois, l'étude préconise de favoriser les produits à longue durée de vie utilisés notamment dans la construction et l'ameublement. Selon le cabinet Carbone 4, un fléchage vers des usages produits à durée de vie longue pourrait permettre d'augmenter le puits produit bois de 3 MtCO₂/an.

L'enjeu d'une augmentation significative de la valorisation des produits bois en bois d'œuvre est donc majeur et nécessitera une politique volontariste et partagée par les acteurs socio-économiques pour orienter une part croissante de la production vers des usages à longue durée de vie. Pour la région Grand Est, cela passera en particulier par :

- Une meilleure valorisation des « bois de crise » (cf. ci-dessus) avec une détection la plus précoce possible des bois dépérissants et une capacité accrue de stockage de ces bois (sous eau ou à sec) pour une transformation différée mais avec une qualité préservée.
- Le développement des usages des bois feuillus, en particulier de faible dimension, dans la construction, ce qui exigera des efforts importants en innovation et des investissements significatifs dans les scieries feuillues. Notre capacité en recherche développement dans les usages du bois constitue également un atout important avec de nombreux centres expert publics et privés (CRITT Bois, ENSTIB, INRAE...) présents dans la région.

Les conditions de la réussite de cette mutation sont multiples et s'inscrivent dans la continuité des préconisations du Programme Régional Forêt et Bois Grand Est (PRFB) 2018-2027 :

- Une meilleure maîtrise des conditions d'exploitation des bois, à la fois dans le respect des milieux naturels et des sols mais aussi dans la capacité de trier, flécher les produits et pouvoir les livrer aux industries de transformation dans le respect rigoureux d'un cahier des charges et d'un calendrier prévisionnel.

Les entreprises de travaux forestiers doivent donc être confortées et l'importance de leurs activités mieux reconnue et valorisée.

- Le développement de la contractualisation, afin de mieux sécuriser les approvisionnements des entreprises de transformation et faciliter leurs nécessaires investissements. Cette contractualisation pourra concerner les relations entre propriétaires forestiers, publics et privés, et les entreprises de travaux forestiers, entre ces mêmes propriétaires et les entreprises de première transformation ou encore entre les acteurs de la première et de la deuxième transformation.
- Un pilotage plus efficient à la fois dans les aides aux investissements industriels mais aussi dans les modalités d'allocation de la ressource forestière qui devra clairement afficher une hiérarchisation des usages en faveur notamment des produits bois à longue durée de vie (*cf.* ci-dessus). Cela passera par une plus grande sélectivité dans le choix de projets concernant la production d'énergie à partir de biomasse. Le bois énergie doit être considéré dans une région forestière comme la nôtre comme un sous-produit de la sylviculture, de l'exploitation ou encore de la transformation industrielle (connexes) et en aucun cas ou tout à fait exceptionnellement comme un objectif premier.

En conclusion, la forêt du Grand Est et sa filière bois sont placées face à un défi majeur et complètement inédit. Une profonde transformation de nos pratiques ne pourra être éludée. Il en va de la reconnaissance pour l'ensemble de la filière forêt-bois de son utilité et sa capacité à lutter ou atténuer les effets du changement climatique. Les investissements à envisager pour atteindre ces objectifs seront immenses et devront s'inscrire dans la durée. Tout aussi important, la coordination des différents acteurs, publics et privés pour faire émerger ces orientations nouvelles et les mettre en œuvre sera décisive. Fibois Grand Est, représentant de l'ensemble des acteurs de la filière entend bien jouer un rôle majeur dans ces défis qui nous concernent tous.

Références bibliographiques

AGRESTE-DRAAF GRAND EST (2024), « Récolte de bois et activité des scieries », Études GRAND EST.

DRAAF GRAND EST – RÉGION GRAND EST (2018), « Programme Régional de la Forêt et du Bois (PRFB) Grand Est 2018-2027 ».

FBF-CODIFAB-COPACEL – ÉTUDE CARBONE 4 (2023), « Scénario de convergence de filière – Résumé exécutif ».

FIBOIS GRAND EST – DRAAF GRAND EST – RÉGION GRAND EST (2022), « Partons découvrir la filière forêt-bois du Grand Est ».

IGN (2023), « Inventaire forestier national - Mémento édition 2023 ».

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE (2023), « Objectif Forêt – Rapport du comité spécialisé 'gestion durable des forêts' en vue de l'élaboration du plan national de renouvellement forestier ».

RENAUD J.-P., LÉVY F., SAUVESTRE G. (2023), « Les crises forestières dans le Grand Est : un défi pour la filière bois aujourd'hui. Menaces ou opportunités pour demain ? », *Revue forestière française*, vol. 74, n°2, pp. 153-163.

SECRETARIAT À LA PLANIFICATION ÉCOLOGIQUE (2023), « La planification écologique pour la forêt – Principaux enjeux et leviers », Services du Premier ministre.

La feuille de route forêt-bois dans la planification écologique

Par Antoine PELLION

Secrétaire général à la Planification écologique

Et Vincent HULIN

Directeur de programme Biodiversité

La planification écologique vise à tracer des trajectoires de long terme pour atteindre nos objectifs environnementaux : réduire les émissions de gaz à effet de serre, s'adapter aux changements climatiques, préserver la biodiversité et les ressources, et améliorer la santé humaine. Le Secrétariat Général à la Planification Écologique (SGPE) est chargé de tracer ces perspectives et de les ancrer dans la réalité, en les déclinant en leviers d'action efficaces fondés, notamment, par les connaissances scientifiques.

La forêt est un écosystème essentiel pour la réussite de notre transition écologique, par sa capacité à stocker du carbone, à abriter une biodiversité riche et à fournir des matériaux de manière renouvelable. Cependant, les crises amplifiées par le réchauffement climatique (incendies, sécheresses, crises sanitaires) mettent à mal cet écosystème. Et la réalité de nos forêts, notamment privées, peut complexifier la mise en œuvre de certaines politiques publiques.

Nous mettons ici en avant quatre leviers de la planification concernant la forêt. D'abord, mieux comprendre et connaître nos forêts en soutenant les organismes de collecte de données et de recherche. Puis, mieux les protéger des risques naturels en privilégiant la conservation et l'émergence d'écosystèmes résilients. Par ailleurs, mieux gérer et renouveler nos forêts en laissant la main aux spécialistes de ces milieux. Enfin, favoriser l'usage des produits forestiers qui stockent du carbone.

La conservation ou l'allocation des ressources forestières pourraient et devraient faire office d'exemple de la planification écologique, pour étendre celle-ci à l'ensemble des secteurs dans le cadre de la nécessaire transition écologique. C'est ce à quoi s'attelle le SGPE.

La planification écologique vise à tracer des trajectoires de long terme pour atteindre nos objectifs de transition écologique. Pour être réalistes et à la hauteur des enjeux, ces trajectoires doivent s'ancrer dans la réalité, d'une part, et se décliner en leviers d'action efficaces, d'autre part. Les objectifs que nous nous sommes fixés sont multiples : baisser nos émissions de gaz à effet de serre, nous adapter aux futures conditions climatiques, préserver et restaurer la biodiversité, préserver nos ressources, et améliorer la santé humaine en lien avec l'environnement. Au-delà de cette diversité d'enjeux et de sujets à traiter, les actions à mener sont parfois contradictoires sur le terrain. Mais il arrive, heureusement, que certaines solutions permettent d'avancer sur plusieurs enjeux à la fois.

Écosystème au carrefour de l'ensemble des enjeux environnementaux, et dont la préservation ou la restauration est utile pour la planification écologique au sens large, la forêt est un élément central pour la réussite de la transition écologique. En effet, nos forêts jouent un rôle majeur de puits de carbone, en faisant un élément indispensable pour l'atteinte de la neutralité carbone. Les écosystèmes forestiers sont également un réservoir majeur de biodiversité, que ce soit dans l'Hexa-

gone ou en Outre-mer¹. Il n'est point besoin, par ailleurs, de rappeler ici l'importance pour la préservation de nos ressources naturelles de l'utilisation raisonnée du bois comme matériau ou énergie. Ajoutons-y l'utilité des forêts comme outil d'adaptation des territoires au changement climatique par les services écosystémiques que l'on en tire (régulation climatique locale, épuration de l'air ou de l'eau, maintien des sols...), ou leur effet positif sur la santé².

Cette liste peut paraître évidente, mais elle justifie pleinement qu'une planification écologique efficace ne peut se faire sans prise en compte de la forêt. Dit autrement : la politique forestière de notre pays est un des outils majeurs de notre transition écologique, et doit donc être construite et mise en œuvre comme telle. Avoir une vision de nos forêts non alignée avec nos objectifs de transition écologique reviendrait au mieux

¹ Observatoire national de la biodiversité (ONB), « La biodiversité des forêts françaises », mars 2024.

² MEYER-SCHULZ Katharina, BÜRGER-ARNDT Renate, « Les effets de la forêt sur la santé physique et mentale. Une revue de la littérature scientifique », *Santé Publique*, 2019/HS1 (S1), pp. 115-134, DOI : 10.3917/spub.190.0115, URL : <https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2019-HS1-page-115.htm>

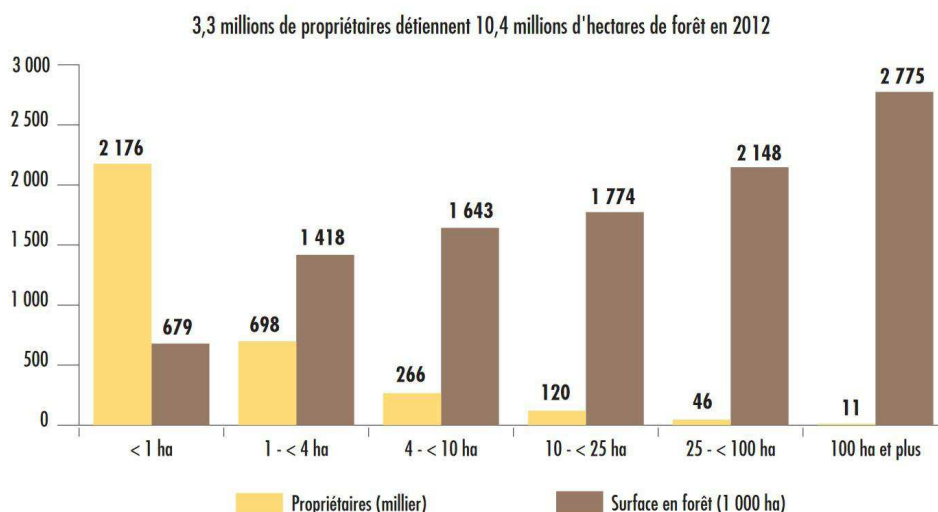


Figure 1 : Répartition du nombre de propriétaires et de la surface des forêts privées selon la taille des propriétés (Sources : cadastre DGI, propriétés forestières de moins de 1 ha, enquête structure de la forêt privée 2012 (SSP), propriétés forestières de 1 ha et plus).

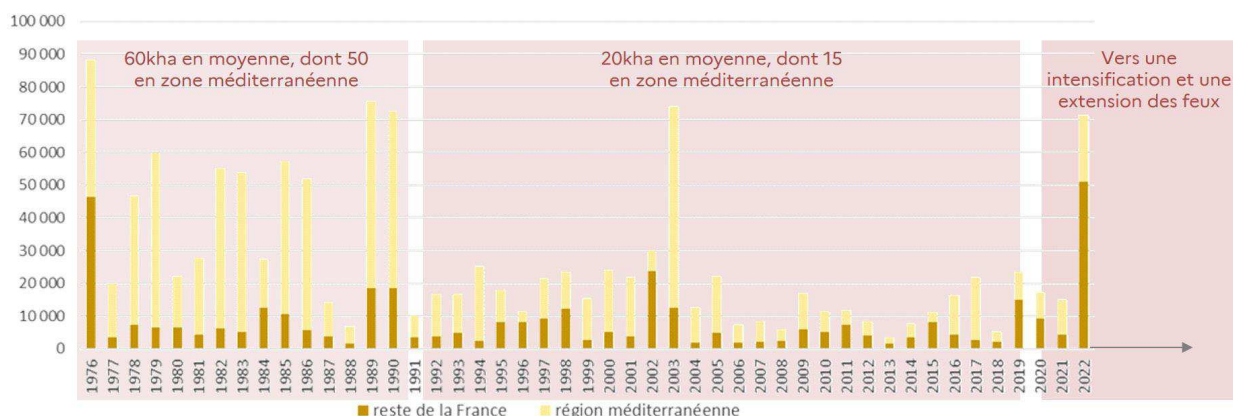


Figure 2 : Évolution des surfaces annuelles incendiées en France (Source : SDES, 1976-2002, données 2022 provisoires).

à ne pas utiliser l'un de nos outils potentiellement les plus efficaces, au pire à agir de manière contraire à nos intérêts de long terme.

Cependant les spécialistes de la forêt le savent pertinemment, et les événements récents nous l'ont cruellement rappelé : la politique forestière de notre pays, aussi ancienne et remarquable qu'elle puisse être, sur bien des aspects, présente certaines lacunes.

L'une d'entre elles est la difficulté à concrétiser nos objectifs politiques sur certaines parcelles forestières. En effet, dans l'Hexagone, « Les trois quarts de la forêt française métropolitaine (12,8 millions d'hectares) appartiennent à des propriétaires privés »³. Et ces forêts privées sont souvent de très faible surface (cf. Figure 1), réparties entre de très nombreux propriétaires. Cela s'avère être un obstacle à la mise en œuvre d'orientations ambitieuses quant à notre politique forestière, ces très nombreux propriétaires étant souvent éloignés des

enjeux forestiers, voire peu enclins à s'impliquer dans celle-ci sur leurs terrains.

À cette situation bien connue s'est ajoutée dernièrement une succession de crises graves, et parfois liées, pour nos forêts : incendies nombreux et de grande ampleur en 2022 (cf. Figure 2), sécheresses à répétition, crises sanitaires, déséquilibre sylvo-cynégétiques... Plus que des épisodes conjoncturels, ces crises semblent être des alertes pour l'avenir : les futures conditions climatiques devraient conduire à leur multiplication, interrogeant à la fois la résistance et la résilience de nos écosystèmes forestiers, mais également de notre politique forestière dans son ensemble.

On le voit : si la place de la politique forestière dans la planification écologique doit être centrale, la situation est évidemment complexe, et nos décisions sur la forêt doivent affronter cette complexité pour être efficaces. La vision que nous défendons dans le cadre des travaux du secrétariat général à la Planification écologique est donc d'avoir une ligne claire sur les objectifs tout en

³ Observatoire des Forêts françaises, Institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

prônant une approche basée sur la science, ce qui inclut notamment le retour d'expérience des diverses tentatives qui ont lieu sur le terrain.

Les leviers de la planification écologique de la forêt

L'action en faveur de la transition écologique de la forêt et de la filière bois est organisée autour de quatre axes : connaître la forêt et mieux la comprendre, protéger les écosystèmes forestiers et leur fonctionnement, gérer nos forêts et les renouveler, et enfin valoriser les produits forestiers.

Connaître la forêt et mieux la comprendre

La planification écologique a d'abord besoin de connaissances et de suivi. C'est une nécessité à la fois pour identifier les enjeux et les actions à mener, mais également pour évaluer l'impact des décisions prises sur nos trajectoires. Il est donc primordial de disposer de données fiables, mises à jour régulièrement et partagées. À ce titre, l'Observatoire des forêts françaises, complété par des données plus spécialisées (produites par l'OFB ou l'IGN par exemple), joue un rôle clé, et il faut donc veiller à son développement et à son alimentation par des données de terrain, depuis la métropole ou l'Outre-mer.

Tout autant que la connaissance de terrain, nos actions doivent aussi être basées sur les avancées permises par la recherche : projection des futures conditions environnementales, impact de la gestion sur les écosystèmes forestiers, données satellitaires⁴... Nous

avons donc besoin de programmes de recherche pluridisciplinaires, d'expertises collectives et d'expérimentations permettant de tester nos hypothèses.

Les moyens directement alloués aux observatoires et programmes de recherche doivent être complétés par des moyens humains, précieux, sur le terrain : gestionnaires, observateurs, experts... C'est une condition de la transition écologique que de pouvoir se reposer sur des professionnels capables d'agir mais aussi d'observer et de suivre l'évolution de nos forêts.

Protéger les écosystèmes forestiers et leur fonctionnement

Il est de coutume de rappeler que la forêt française s'étend, au moins dans l'Hexagone⁵. Cela cache toutefois un phénomène plus complexe : cette extension nette des surfaces est notamment la somme de la disparition de certaines forêts par défrichement et de l'apparition de nouvelles *via* l'enfrichement de terres agricoles (cf. Figures 3 et 4). La mise en gestion de ces dernières pose d'ailleurs question. En effet, au-delà des effets déjà décrits de forêts de faible surface, le problème se voit amplifié par le fait que ces terres sont souvent « à l'abandon » ou gérées par des professionnels centrés sur d'autres compétences que celle de la gestion forestière.

Par ailleurs, nos forêts sont soumises à des crises diverses qui peuvent se multiplier à l'avenir, avec pour résultat que la croissance annuelle de nos forêts en volume (la « production biologique nette ») est, elle, en recul. Nous avons trois manières de lutter contre ces crises et leurs effets : la prévention directe, la lutte au

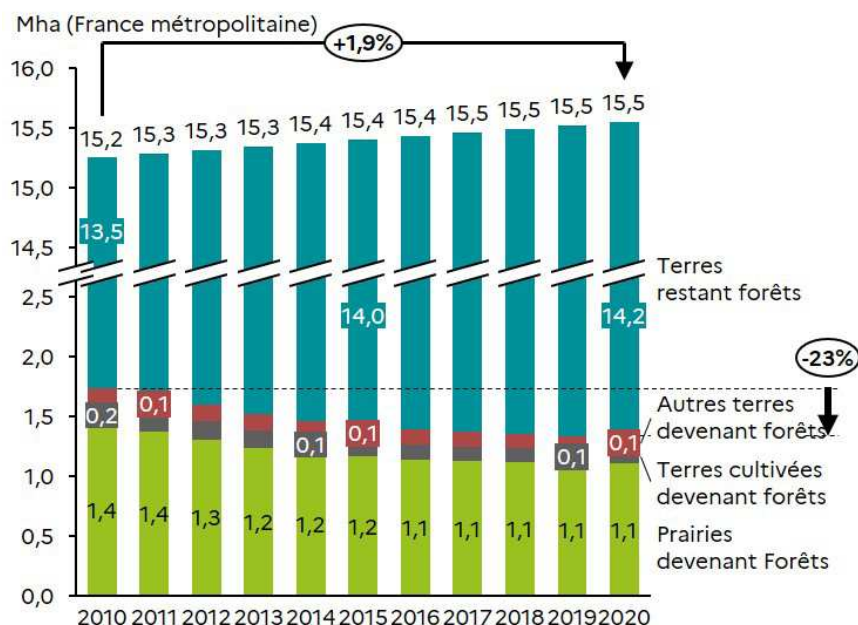


Figure 3 : Surface forestière en France métropolitaine (source : CITEPA).

⁴ Voir par exemple l'article de Valérie Derégnacourt dans le numéro d'*Enjeux numériques des Annales des mines* de mars 2024 « La Terre vue d'en haut » : <https://annales.org/enjeux-numeriques/2024/en-2024-03/2024-03-13.pdf>, page 73.

⁵ Observatoire des Forêts françaises, Institut national de l'information géographique et forestière (IGN).

Flux annuels de « terres devenant forêts » (CITEPA) (kha/an), devenant juridiquement des forêts au bout de 30 ans (40 ans en montagne), sans défrichement

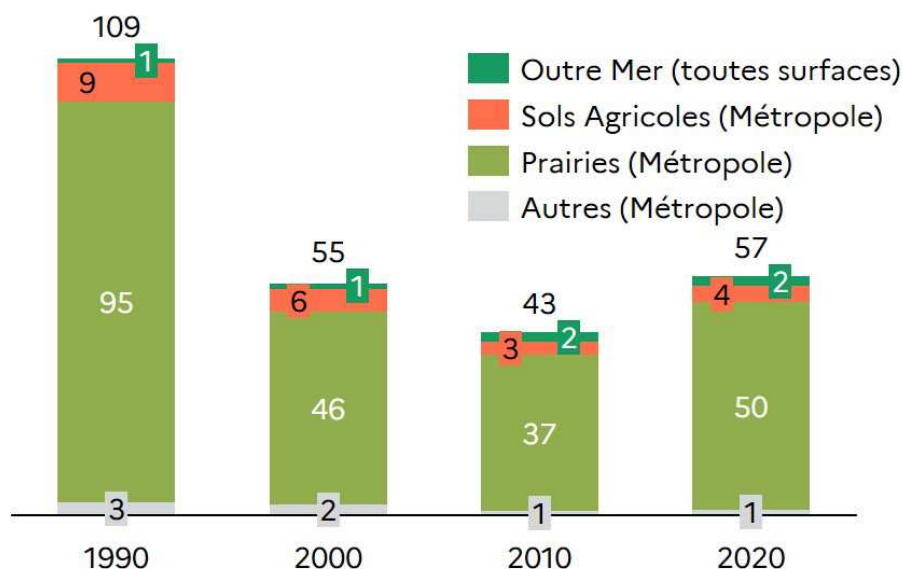


Figure 4 : Flux annuels de « terres devenant forêts » en kha/an (source : CITEPA).

cours de la crise, et enfin la mise en place d'une résilience forestière, qui est une forme de prévention à plus long terme.

La loi visant à renforcer la prévention et la lutte contre le risque incendie⁶ utilise ces deux premiers leviers : d'une part, la prévention *via* le renforcement des obligations légales de débroussaillage ou la sensibilisation des élus et des citoyens, et d'autre part la lutte contre les incendies en tant que tels à travers l'organisation et les moyens des pompiers.

Au-delà de la réduction de la fréquence et de l'intensité de ces crises, l'enjeu est également de travailler à rendre nos forêts plus résilientes aux effets de ces crises. En somme, d'avoir des écosystèmes forestiers fonctionnels et riches en biodiversité, aux sols préservés et aux espèces adaptées à leur environnement. C'est le sens des mesures dédiées aux écosystèmes forestiers dans la Stratégie nationale pour la biodiversité 2030, et c'est la feuille de route de la planification écologique sur ce sujet : protéger nos vieux bois et nos forêts subnaturelles, ces forêts qui ne sont plus exploitées depuis au moins une cinquantaine d'années et qui ont retrouvé un cycle biologique naturel, développer un programme d'actions dédié aux sols forestiers, classer en protection forte une partie de nos forêts publiques... Les ambitions sont fortes mais clairement établies, et il est maintenant de la responsabilité collective que de se mobiliser pour les atteindre.

Atteindre nos objectifs de transition écologique des forêts ne se fera qu'en prenant à bras-le-corps les sujets les plus sensibles ou complexes à traiter. L'un d'entre

eux concerne l'équilibre sylvo-cynégétique de nos écosystèmes. La situation est telle qu'à l'heure actuelle, la régénération naturelle est mise en danger ou impossible dans certaines zones, du fait de la densité trop élevée d'espèces de cervidés, principalement. C'est un sujet sur lequel de nombreux acteurs se penchent depuis plusieurs années, sans amélioration notable de la situation. À très court terme, il est absolument nécessaire que ce sujet soit traité, *via* des mesures restant à construire collectivement, ou il risque de mettre à mal la réussite de notre politique forestière.

Gérer nos forêts et les renouveler

Comme indiqué plus haut, l'une des questions majeures à laquelle la politique forestière est confrontée est la mise sous gestion durable des forêts privées. Ce terme de « gestion », et non pas « exploitation », est utilisé ici sciemment : l'objectif est bien de planifier le devenir d'une plus grande proportion de forêts privées qu'actuellement, l'exploitation étant l'une des opérations possibles au même titre que le maintien des arbres, la préservation ou la restauration de la biodiversité, etc.

Comme le montre la Figure 5, la part des forêts privées qui disposent d'un document de gestion durable n'augmente pas ou très peu depuis les années 1980. Au-delà de la difficulté décrite ci-dessus, cela représente d'autant plus de surfaces forestières sans vision de court, moyen ou long terme sur le devenir de l'écosystème et les opérations à mener pour la concrétiser. Cela peut par exemple aggraver les conséquences des crises subies ces dernières années, ou ralentir l'adaptation de nos forêts aux futures conditions climatiques. En résumé, il s'agit là-aussi d'un obstacle majeur à la transition écologique du secteur. Ce constat a conduit le

⁶ Loi n°2023-580 du 10 juillet 2023 visant à renforcer la prévention et la lutte contre l'intensification et l'extension du risque incendie.

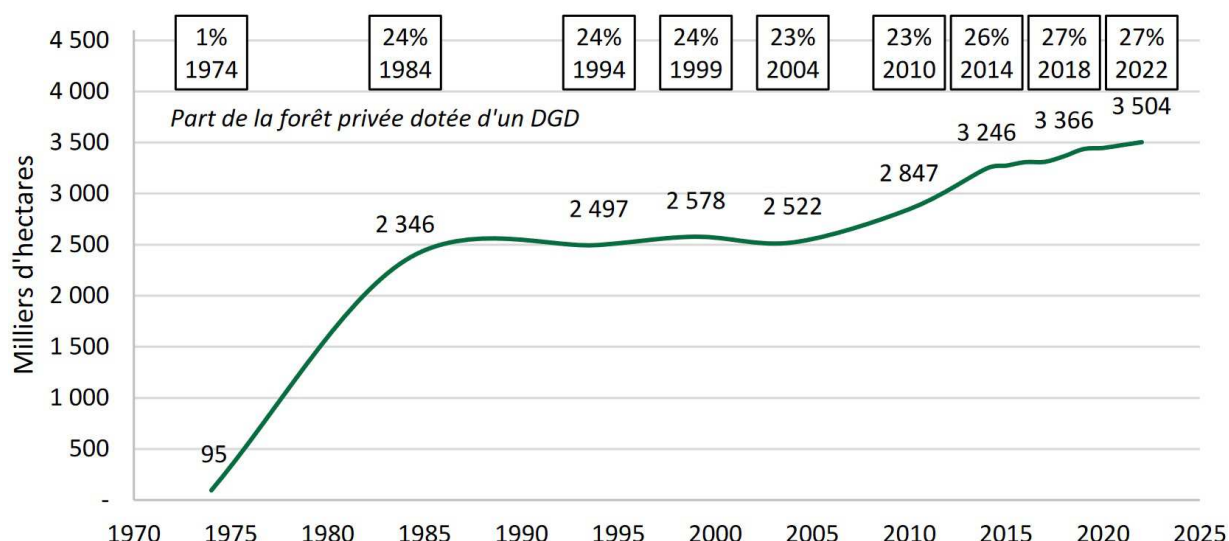


Figure 5 : Surface de forêts privées dotées d'un document de gestion durable (source : Hervé Parmentier, Dominique Auverlot, IGEDD ; Pierre Chamouard, Aymeric Floyrac, Philippe Vinçon, François Werner, IGF ; Claire Hubert, CGAAER, « Mise en gestion durable de la forêt française privée », 2024).

Gouvernement à lancer une mission inter-inspections⁷ pour faire le point sur les actions possibles, les moyens associés et l'efficacité probable de chacune. Les mois à venir doivent permettre d'en tirer un plan d'action, qu'il n'est donc encore pas possible de décrire. Mais l'une des pistes principales qui ressort est celle de la gestion groupée, *via* la création de structures collectives ou la gestion pour compte de tiers, par exemple. La limite étant toujours la volonté des propriétaires de s'inscrire ou non dans une gestion forestière durable : la sensibilisation aux enjeux forestiers actuels et à venir sera également un point important du futur dispositif.

Au-delà de cette question de la gestion, l'un des principaux problèmes concerne actuellement le renouvellement de nos forêts, soit parce qu'elles ont subi des crises et doivent donc être remises en état, soit parce qu'elles apparaissent comme vulnérables aux futures conditions environnementales. C'est un enjeu sur lequel l'État se mobilise depuis le lancement de France Relance, comme il a pu le faire après-guerre avec le Fonds Forestier National. La question qui apparaît évidente est celle du financement : il semble aujourd'hui indispensable que des fonds publics viennent soutenir ce renouvellement, dont l'ampleur et l'urgence font que les seuls fonds des propriétaires (privés ou de collectivités territoriales) ne sont pas suffisants.

Mais bien d'autres questions, plus complexes, sont ouvertes par ce dispositif. Pour commencer, quels objectifs pour les forêts veut-on atteindre *via* ce renouvellement ? Quelles essences, avec quels mélanges ? Par ailleurs, quelles opérations l'État souhaite-t-il soutenir ou non pour assurer ce renouvellement : plantations en plein après coupes rases, régénération

naturelle, plantations au sein d'un couvert existant qui serait maintenu ? Enfin, quel type de forêt souhaite-t-on renouveler en priorité : les sinistrés, les vulnérables, toutes ? On le voit bien : derrière ces questions qui peuvent sembler théoriques, il y a des conséquences très concrètes sur le nombre d'arbres plantés dans nos forêts, mais également sur le type de forêt dont notre pays disposera d'abord en 2030 puis en 2050.

Derrière ce processus, il y a également des questions de capacité de notre système forestier dans son ensemble à assurer un renouvellement à la hauteur de nos ambitions. Nous ne reviendrons pas ici sur les problèmes posés par le déséquilibre sylvo-cynégétique constaté dans certaines régions, même s'il s'avère très problématique et coûteux. Citons plutôt la disponibilité en plants et graines de qualité et d'origine adéquats : la filière s'organise pour répondre à la demande, mais c'est actuellement un élément limitant important, et une partie de nos efforts et moyens doivent faire disparaître à très court terme, au risque, à défaut, de mettre en danger l'atteinte de nos ambitions de renouvellement. La disponibilité en personnel qualifié est un autre facteur limitant, tout comme la disponibilité aléatoire des fenêtres climatiques pour réaliser les travaux.

Valoriser les produits forestiers

Les produits issus de la gestion sont à la fois sources de financement pour une gestion durable des écosystèmes forestiers, mais également des outils dans l'atteinte de nos objectifs de transition écologique. En effet, ils peuvent constituer des matériaux se substituant à d'autres plus polluants tout en stockant du carbone, des sources d'énergie renouvelables, des ressources s'intégrant à l'économie circulaire... Cependant, la limite est fine entre cette utilisation vertueuse et une autre, totalement opposée, où l'utilisation du bois aurait un bilan global défavorable parce que trop tournée vers

⁷ Hervé Parmentier, Dominique Auverlot, IGEDD ; Pierre Chamouard, Aymeric Floyrac, Philippe Vinçon, François Werner, IGF ; Claire Hubert, CGAAER, « Mise en gestion durable de la forêt française privée », 2024.

des produits à faible durée de vie ou prenant insuffisamment en compte la préservation des écosystèmes forestiers. Là encore, cela nécessite donc une planification écologique de l'aval forestier basée sur des objectifs clairs et un suivi attentif des résultats atteints.

Parmi les multiples enjeux auxquels est confrontée la filière forêt-bois, on retrouve ceux qui sont directement liés à la résilience face aux effets des crises subies. Ces crises conduisent à la production de bois à des moments et dans des quantités non prévisibles, parfois d'une qualité hétérogène. La capacité de la filière à traiter ces produits, en sus ou en remplacement des produits habituels, est un critère important de résilience de notre politique forestière. Cela demande à la fois d'adapter l'appareil industriel de notre pays, mais également le matériel de transformation du bois, jusqu'aux normes et caractéristiques techniques des produits. L'État soutient financièrement ce renforcement de la filière, avec de nouveaux appels à projets venant d'être lancés⁸.

En outre, l'utilisation de bois dans des produits à longue durée de vie peut s'avérer freinée par une réglementation ou des normes anciennes. C'est notamment le cas pour l'utilisation de bois dans la construction : notre réglementation, et c'est heureux, est très protectrice vis-à-vis du risque incendie et de la sécurité des personnes. Il existe cependant un chemin permettant de concilier à la fois ces enjeux de sécurité et de soutenir l'utilisation de bois dans le bâtiment. Plus généralement, il nous faut trouver les leviers pour soutenir une plus grande intégration des matériaux biosourcés dans la construction et la rénovation des bâtiments, en capitalisant sur les politiques existantes (notamment la RE2020).

Enfin, sur le volet énergétique, le bois peut se substituer efficacement aux énergies fossiles à condition de garantir le respect de son utilisation en cascade, et de flécher le bois énergie vers les usages pour lesquels il n'existe pas d'autres solutions plus efficaces.

Ces chantiers, pour ne citer que ceux-là, viennent compléter l'approche déjà lancée par l'État depuis quelques années pour soutenir une filière compétitive et capable de répondre à une demande de produits bois encouragée. Ce soutien est à maintenir, mais doit être évalué à l'aune des premiers résultats obtenus, comparés à nos objectifs environnementaux, mais également économiques.

Conclusion

La planification écologique de la forêt et du bois vise bien à préserver et restaurer des écosystèmes forestiers, fonctionnels et riches en biodiversité, qui permettent de stocker du carbone et de fournir des produits répondant aux besoins actuels et futurs. On l'a vu, concrétiser cette politique forestière, globale et

cohérente, nécessite de traiter une suite d'enjeux et de situations sectoriels qui, pris séparément, peuvent paraître disparates et parfois contradictoires. C'est le sens de la planification écologique que de donner une direction commune à cette liste d'actions, dans des objectifs et une trajectoire communs.

L'autre force de la planification écologique est d'appliquer à ces multiples enjeux des principes identiques : se baser sur la connaissance scientifique et l'expertise, suivre les résultats pour évaluer l'efficacité des politiques publiques, prendre des décisions de court terme en gardant une vision de long terme, et enfin affronter la complexité des situations pour éviter les solutions simplistes.

Réussir la transition écologique de nos sociétés nécessite de faire évoluer toutes les politiques publiques à l'aune de la planification écologique. L'ampleur du travail à réaliser, parfois sur des thèmes très éloignés des enjeux environnementaux, nécessite de débiter par des sujets pour lesquels la transition écologique est une évidence, d'une part, et qui permette d'avancer sur les multiples enjeux de cette transition. À ce titre, la politique forestière est particulièrement adaptée pour être le socle de notre transition écologique.

⁸ Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MASA), « France 2030 : ouverture de plusieurs appels à projets en soutien à la filière forêt et bois », <https://agriculture.gouv.fr/france-2030-ouverture-de-plusieurs-appels-projets-en-soutien-la-filiere-foret-et-bois>, février 2023.

Forests and climate change: new challenges

Preface

Marc Fesneau, Minister for Agriculture and Food Sovereignty

Introduction

Bérolde Costa de Beauregard, Municipal councillor and forester, and **Jean-Luc Dunoyer**, Project Director of the Comité Stratégique de Filière Bois

Much is expected of the forest, both in terms of the amenities and the products it provides. Its sustainable management between generations, including the long-term maintenance of the forest carbon sink, requires that the forest be vigorous, managed dynamically and that its product is essentially oriented towards sustainable uses. And pleasure presupposes that the forest remains beautiful.

The French forest has developed remarkably, in terms of surface area and quality in the last century.

Since then, climate change that is faster than the natural adaptation of forests has called into question the long-term vitality of many massifs, a trend aggravated by the occurrence of crises such as fires or attacks by insect pests that brutally modify the local forest landscape.

The quality of products likely to be used for wood is itself modified with an expected increasing share of "crisis wood". From a social and economic point of view, the strengthening of industrial sovereignty for the recovery and processing of wood from this French harvest is a priority, for the trade balance, for the maintenance of a diffuse industrial fabric as well as for the reduction of significant "logistical" carbon emissions.

These subjects take their rightful place in the definition of public policies for the ecological transition and the transition to a low-carbon economy.

Policies for which it will be necessary to be able to project and integrate a scenario of long-term closure between forest management, product supply and consumption demands, with a systemic vision of the balances to be maintained and a maintained complementarity between multiple uses for wood.

Forests and climate change: adaptation, management and renewal

The origins of sustainable forest management

Michel Hermeline, General Council for Food, Agriculture and Rural Areas

The concept of sustainable management was born from demographic and economic development which has drawn on forest resources to the point of threatening their existence. The principles of sustainable management, as they are defined today, appeared several centuries ago. This sustainable management was built as limits were reached, under pressure from the consequences of the disappearance, degradation and over-exploitation of forests. Gradually, the concern for the renewal of forests – and the income, goods and services they provided –, long-term planning and the preservation of the forest cover has forged forest law but also a technical corpus, implemented by a dedicated administration: « Les Eaux et Forêts ». The notion of sustainable development, recognized at the global level since 1987, is a generalization to all the planet's resources of an awareness that we have had on a national scale with our forests.

Forest carbon: striking a balance between preserving stocks and maintaining a carbon pump

Christine Deleuze, Carbon strategy project director, ONF, **Salomé Fournier**, **Antoine Billard** and **Emila Akroume**, R&D officers at the ONF, **Antoine Colin**, Head of the forest analysis department at IGN, **Claire Bastick** and **Henri Cuny**, Research engineers, forest analysis department, IGN, **Estelle Vial**, Environmental engineer, FCBA, **Mélanie Juillard**, Research engineer at CITEPA, **Meriem Fournier**, Director of the SILVA-INRAE unit, and **Jean-François Dhôte**, INRAE Research Director

In 2013, French forests absorbed almost 72 MtCO₂eq, thus represented a significant carbon sink able to offset around 15% of France's yearly greenhouse gas emissions. This situation was the result of the historic forest growth during the XXth century, both in surface area and standing volume. Our forest was therefore still young and growing.

Since then, this sink has been drastically reduced, around a 50% collapse in 10 years. The forest has since suffered from major dieback and forest fires, as well as a decreased growth following the extreme weather events of recent years.

As the French national low-carbon strategy is being revised, the forest mitigation potential is being questioned between growing a standing stock which provides a support for its own biological production as well as many environmental services, optimising carbon removal from the atmosphere, or supplying wood as a renewable, long-lasting material essential to decarbonise our society.

Projections of carbon stocks and flows in the French forestry and wood sector in the context of climate change

Claire Bastick, Antoine Colin, Henri Cuny, IGN, Marin Chaumet, Gérard Deroubaix, Mouchira Lahiani, Lucile Savagner and Estelle Vial, FCBA

To achieve carbon neutrality by 2050, France has set itself ambitious targets for reducing greenhouse gas emissions. Forests and wood are key elements in the National Low-Carbon Strategy because of their ability to sequester carbon and avoid fossil carbon emissions through the use of wood. To support these strategies, public authorities and economic players are relying on documented information and expertise.

This article summarises the main conclusions of the IGN-FCBA study of May 2024 on the climate change mitigation potential of the French forestry and timber sector.

Various scenarios for the joint development of forest resources and the sector's carbon balance were simulated for the 2050 and 2080 timeframes, taking into account a gradient of harvest levels, the effects of climate change and renewal strategies. These projections, whose assumptions have been validated with specialist experts, draw on the most up-to-date scientific and technical tools and knowledge.

Changes in forest health, with a focus on recent crises

Fabien Carouille, Forest Health Department, Ministry of Agriculture and Food Sovereignty

Since 2015, the general conditions for monitoring forest health have changed dramatically. The exception that was the summer drought and heatwave of 2003 has become the rule almost every year, involving strong and varied reactions from the forestry community, both in the short and long term.

Observing, adapting and renewing forests

Albert Maillet, Director General of the Office National des Forêts (ONF)

The French forest is facing the challenge of climate change and it is suffering. Choosing a strategy requires a relevant upstream diagnosis. The national forest inventory provides an initial data base that is regularly updated. The HD LIDAR mission completes this overview of woodland resources. The Forest Health Department provides information on forest health. Finally, the RENECOFOR network detects underlying trends. Simulation tools for future climate scenarios, such as CLIMESSENCES and ZOOM 50, can be used to check the degree of climatic compatibility of a species, and therefore to determine when and where this species could fall into climatic discomfort. In this way, we can build a gradual response strategy that is proportionate to the risk, diversified and supported by a proactive mobilisation of available forest genetic resources, all within the framework of the mosaic forest concept.

Private forests and dynamic management methods

Roland de Lary, Managing Director of the Centre National de la Propriété Forestière (CNPF)

The French forest belongs to 3.5 million owners. Its management of 12.5 million ha is supervised by various sustainable management documents. They are more or less compulsory and/or recommended. The National Center for Private Forest (CNPF) is the guarantor of these efforts which enable responsiveness to climatic hazards.

Communes forestières, committed to the defence of French forests

Philippe Canot, President of the National Federation of Forest Communities (FNCOFOR)

Elected representatives have a special role to play in the forestry and wood industry, as regional planners in their many roles. Aware of the challenges facing forests today, they are already working with other players in the sector to find solutions for adapting forests to climate change. Within the Communes forestières (forest communities), they are promoting the use of wood in short circuits, contractual agreements to enhance the value of wood from communal forests, and are seeking to involve younger people in these forward-looking issues, notably through the "In 1,000 communes, the forest is a school" programme. They are also mobilising forest owners to improve forest land ownership and thus promote good silvicultural management in France, and are keeping a closer watch on risks. These challenges facing forests, in the service of the general interest, for future generations, require anticipation, planning and regional development.

Assisted migration of forest species: one adaptation lever among others

Brigitte Musch, French National Research Institute for Agriculture, Food and the Environment (INRAE) and Éric Paillassa, National Forest Property Centre (CNPF)

Climate change, with its unprecedented speed, is disrupting forest ecosystems. Faced with this challenge, foresters are trying to find solutions to make the forest as resilient as possible. Genetic resources, and in particular assisted migration, are part of the forest adaptation strategy.

Assisted migration is based on a natural biological process that species use to adapt to the environment in which they thrive. Foresters implement assisted migration both at the provenance level (within the species' range) and at the species level (increasing the range of a species present on the European continent). The objective is to identify and plant provenances and species more adapted to prolonged water stress and high heat to enrich existing resources. Nevertheless, they pay particular attention to the risks of poorly adapting this forest material to current conditions and to the disturbance of ecosystems.

Adaptive evolution of oak trees to climate change

Antoine Kremer, UMR Biodiversity, Genes and Communities of INRA - University of Bordeaux

This paper focuses on the evolutionary mechanisms operating in forest stands, which could contribute to their adaptation to ongoing climate change. Biological evolution is considered here when forest stands are renewed by natural regeneration. Taking oaks as an example, contemporary evolution draws on knowledge acquired on the historical trajectories, at different time scales, which have shaped the responses of trees to previous severe environmental changes. The article then examines the mechanisms of natural selection and adaptive introgression, which trigger adaptation to ongoing climate change. Finally, the lessons that can be drawn from this analysis in terms of management and silviculture are discussed in the last paragraph.

Uses for wood: meeting people's needs and contributing to the transition to a low-carbon economy

Proposal for a supply-demand convergence scenario for the timber industry

Hugues-Marie Aulanier, Principal - Carbone 4, and **Gabriel Follin-Arbelet**, Project Manager – Carbone 4, and, as representatives of the “core group” coordinating the timber industry: **Maxime Chaumet**, General Delegate of France Bois Forêt, and **Jean-Luc Dunoyer**, Project Director of the Comité Stratégique de Filière Bois

Forests are complex ecosystems with multiple ecological, economic and social functions. This ecosystem is now being turned upside down in the context of climate change and the desire to move towards carbon neutrality. Carbone 4 worked with the forestry and wood industry in 2023 for a year, in conjunction with France Bois Forêt, Codifab and Copacel and with the support of the CSF Bois, to collectively build a scenario for the industry that would meet these challenges and articulate ‘wood-biomass’ supply and demand for mainland France by 2050.

This ‘major industry’ project is unprecedented in terms of the exhaustive scope of its analysis and the involvement of all the players in the forestry-wood value chain. The resulting convergence scenario provides a unifying vision for the future of the industry. It outlines a ridge to climb, demanding in terms of the multiple transformations it requires to reach its destination, but coherent in terms of the sector’s contribution to the national economy, employment and the achievement of carbon neutrality, and thus meaningful for all its players, from upstream to downstream.

Building and renovating homes with wood

Dominique Cottineau, General Delegate of the Union des Industriels et Constructeurs Bois (UICB) and **Nicolas Douzain-Didier**, General Delegate of the Fédération Nationale du Bois (FNB)

Wood has a long history in construction, and has many assets to become essential again: it’s the only natural and renewable material, it meets the targets of carbon neutrality that France has set itself as part of its National Low Carbon Strategy and its different deadlines. The housing market has undergone an unprecedented change in recent years, whether in single-family homes or apartment buildings, in new homes or in renovations. Citizens’ aspirations tend to favor a healthy environment for building occupants and respectful of the planet, and the massification of wood construction meets these new needs. The UICB (French union of industrial and wood builders) and the FNB (French national wood federation) provide an overview of constructive wood solutions and their benefits.

Timber construction: low-carbon, safe and efficient

Michel Veillon, Managing Director of Ossabois

Wood is an age-old building material with a proven track record. Today, thanks to science, its performance is perfectly characterised, and with the help of technology, we know how to use it in an optimised, industrial and safe way. Its historic qualities (ease of processing, lightness and insulation) are enhanced by its ability to absorb and store CO₂ over the long term.

Combining it with other materials such as concrete and metal only enhances it.

Its use in construction, naturally off-site, encourages optimisation of materials as well as reversibility and management of the end-of-life of buildings.

Financially, its rapid implementation on an industrial basis offers controlled costs and reduced capital expenditure. The future inclusion of real carbon costs will demonstrate the benefits of timber construction.

What’s more, in a globalised world, timber construction contributes to France’s sovereignty by promoting its re-industrialisation and the creation of jobs that can hardly be relocated.

Its development is both urgent and welcome if we are to build a more sustainable and beautiful world, with the right balance between safety, environment and cost.

Wood in buildings and facilities for the Paris 2024 Olympic Games

Georges Henri Florentin, Honorary General Engineer of Bridges, Waterways and Forests, Secretary of the Forest and Wood Section of the French Academy of Agriculture, Chairman of France Bois 2024

In September 2017, France won the bid to host the Paris Games. In 2018, the Comité Stratégique de la Filière Bois decided to make it one of its two structuring projects. The aim is to create “exemplary wooden

buildings and facilities, using 50% French wood". In the summer of 2018, France Bois 2024 was set up as a lean project structure to implement this collective project. All the technical and economic results and innovations are available to everyone to prepare for the low-carbon transition in construction in the 21st century, with the aim of catching up with Scandinavia, German-speaking countries, North America, Australia, New Zealand and Japan. The results of six years of action presented here and in the book "2024, le bois sur le podium pour décarboner la construction" published by Les Halles show that this is possible.

Towards an economy of functionality: reuse and recycling

Jean-Louis Louvel, Chairman and founder of PGS GROUP

Wooden pallets are essential to the circular economy, facilitating the transport and storage of goods while representing sustainability through their reusability and recyclability. In use since the early 20th century, they support the functionality economy, minimising waste and maximising use. Their reuse and recycling offer economic and environmental benefits, reducing resource consumption and waste production. Reuse initiatives and technological innovations, such as RFID tracking, improve their management. Recycling transforms end-of-life pallets into new products, supporting sustainable resource management. Government policies and industry practices play a key role in promoting these sustainable practices.

Furnishing with wood: a desirable model for reconciling decarbonisation and re-industrialisation in France

Cathy Dufour, Managing Director of Ameublement français

Furniture holds a central place in the everyday life of French people : at home, into offices, third places, public spaces... Wood plays a major role within the materials used by French furniture and fittings manufacturers : as wood-based panels or solid wood, it accounts for 85% of the total weight of materials used in French manufacturing. Whereas French forests need to adapt to climate change, what challenges face the French furniture industry? Two recent studies, respectively conducted by EY and Carbone 4, shed light on the issues and levers facing manufacturers if they want to meet the 2030-2050 targets for decarbonising the French economy. The major challenge is to extend the lifespan of furniture products to help store carbon and preserve wood resources.

The paper industry: a biogenic carbon converter contributing to the fight against climate change

Paul-Antoine Lacour, Copacel

As a user of the cellulose contained in wood, the pulp and paper industry provides to the society products made out of biogenic carbon (packaging, hygiene good,

molecules), thereby replacing manufactured goods derived from fossil carbon. This industry is also mitigating climate change thanks to an increasing use of bioenergy. However, this capacity to produce bio-based materials depends on the ability of forests to continue supplying wood, and therefore to adapt to the consequences of climate change.

Wood energy, an essential renewable energy for the energy transition

Émilie Machefaux, Jérôme Mousset and Nicolas Tonnet, French Environment and Energy Management Agency (Ademe)

While the directive on renewable energies (RED III) sets an ambitious new target : "Member States shall collectively ensure that the share of energy from renewable sources in the Union's gross final consumption of energy in 2030 is at least 42,5 %", renewable heat produced from wood represents a strategic challenge for the energetic transition. By creating ways of recovering residues or co-products that would not find a market, wood energy is an essential component of the economic balance of the wood sector as a whole. However, given the uncertainties about the available resource linked to climate change and new uses of biomass, it is necessary to have a systemic vision of the resource and valuations. In France, the wood resource is renewable, the deposit however remains limited, so it is important to use it in an optimized way and where it is most relevant to meet the needs of the ecological transition.

Investing in production tools and capturing added value in France

Sylvain Bordebeure, Head of the Wood Sector at ADEME's Bioeconomy and Renewable Energy Division and **Dominique Weber**, Chairman of the Strategic Committee for the Wood Sector (CSF Bois)

Although France benefits from a large and diversified forestry resource, the primary and secondary processing sectors still lack the capacity and capability to move upmarket and limit France's dependence on imports, with an economic and environmental impact that could therefore be improved to enhance our sovereignty. Support for numerous industrial projects as part of France 2030 should help to gradually rebalance our trade balance and better meet the needs of the construction market in particular, with the production of engineering products. The development of drying capacity is also a major challenge, integrating the on-site recovery of lower-quality by-products to control energy requirements.

The forestry and timber industry has been identified as a priority area for ecological planning, with ongoing support schemes to develop and optimise the use of forestry resources, particularly those from under-utilised, damaged or dying stands and/or those vulnerable to the effects of climate change.

The social benefits of the forest-based sector

Forest, territory and society

Anne-Catherine Loisier, Senator for the Côte d'Or

The French forest is of general interest, as stated in the Forestry Code. It has many assets, including contributing to carbon neutrality, developing a circular economy and jobs that cannot be relocated, providing a resource for biodiversity, using wood as a material or source of energy, and promoting leisure activities and green tourism. But the forest is also under threat from fire and drought, bark beetles, game, under-investment in its renewal and inappropriate practices to ensure its resilience. Responding to these threats requires the mobilisation of funding, appropriate governance including local authorities, and international cooperation. A summit on the future of the forest should raise awareness of the long-term challenges it presents.

The Bibracte - Morvan des Sommets Grand Site de France - An experiment in territorial dialogue in a context of forestry conflict

Marieke Blondet and **Éric Lacombe**, AgroParisTech Nancy Centre and Silva laboratory (UMR 1434), **Jean Cacot** and **Vincent Guichard**, Bibracte EPCC, **Philippe Barret**, DialTer and Geyser, and **Nicolas Le Méhauté**, DialTer

The site of the ancient town of Bibracte, on one of the heights of the Morvan, Mont Beuvray, owes part of its heritage value to the forest that serves as a setting for the archaeological remains. A public domain covering almost 1,000 hectares, it is one of Burgundy's major heritage sites, protected as a Monument Historique and as a Landscape, and welcomes around 100,000 visitors a year. The already significant effects of climate change on the site's forest stands are creating a new situation from every point of view, including raising questions from the public, which can sometimes take the form of vehement criticism of the way in which the forest is managed. To deal with these difficulties, a research programme has been set up as part of a wider territorial experiment conducted under the Grand Site de France initiative, which includes a territorial dialogue component.

Key figures from the Mutualised Economic Watch (VEM) for the forestry and wood industry

Éric Toppan, France Bois Forêt and **Mouchira Lahiani**, FCBA Institute of Technology

The forestry and wood industry has created a unique tool that brings together all existing data to produce key figures for the industry. In 2022, the value of production in the forestry and wood industry as a whole reached €76.6 billion. Value added totalled €24 billion, up 4% on 2021, driven mainly by wood energy and upstream

forestry. The sector's added value is growing faster than the French economy as a whole.

The number of FTEs will rise to just over 417,000 by 2022. The forestry and wood industry thus accounts for 12.9% of employment in industrial-based industries. The wood industry's foreign trade balance will be €11 billion lower in 2022, 24% lower than in 2021 (at a slower rate than the French economy's trade deficit). This is due to very strong demand, particularly in the construction and renovation sectors, and the need for energy diversification against a backdrop of sharp price rises. With a rate of 55% coverage of demand by domestic supply and a low export rate (30%), the French forestry-wood industry is characterised by its focus on the domestic market. The sector's various products are made with a significant proportion of wood from French resources, with associated socio-economic benefits: reduction in carbon emissions, jobs and added value created in the regions, etc.

Forests and the timber industry in the Grand Est region faced with the consequences of climate change: threats and prospects

Jean-Pierre Renaud, Vice-President of Fibois Grand Est

Forests play an essential role in the Grand Est region. The forestry and wood industry provides sustainable activity for the region and generates significant resources that are used by a highly varied network of companies, some of which are national leaders in their field. Since 2018, forests have been suffering the consequences of climate change, with repeated dry and very hot summers. All the region's major tree species are affected, starting with spruce, which has been hard hit by the outbreak of bark beetles that have devastated most low-lying stands. These phenomena are set to continue and are leading to an average deterioration in the products obtained from forest harvests. Conservation measures therefore need to be taken, and processing companies need to adapt in order to process and make the best possible use of this 'crisis wood', which now accounts for a significant proportion of the harvest from our forests. Prioritising the use of forest products for timber will enable the entire sector to improve its carbon footprint by increasing the time it takes to sequester carbon. This will require major investment and research efforts, particularly for hardwood species, which are in the majority in our region.

Conclusion

The forest-wood roadmap in ecological planning

Antoine Pellion, General Secretary for Ecological Planning and **Vincent Hulin**, Biodiversity Programme Director

Ecological planning aims to map out long-term trajectories for achieving our environmental objectives: redu-

cing greenhouse gas emissions, adapting to climate change, preserving biodiversity and resources, and improving human health. The General Secretariat for Ecological Planning (Secrétariat Général à la Planification Écologique - SGPE) is responsible for outlining these perspectives and anchoring them in reality, by translating them into effective levers for action based, in particular, on scientific knowledge.

Forests are essential to the success of our ecological transition, because of their ability to store carbon, harbour a rich biodiversity and provide renewable materials. However, the crises exacerbated by global warming (fires, droughts, health crises) are undermining this ecosystem. And the reality of our forests, particularly private forests, can make it difficult to implement certain public policies.

We are highlighting four levers for forestry planning. Firstly, we need to understand our forests better by supporting data collection and research organisations. Secondly, we need to protect them more effectively from natural hazards by promoting conservation and the emergence of resilient ecosystems. In addition, we need to manage and renew our forests more effectively by leaving the management of these environments in the hands of specialists. Finally, we need to encourage the use of forest products that store carbon.

The conservation and allocation of forestry resources could and should serve as an example of ecological planning, to be extended to all sectors as part of the necessary ecological transition. This is what the SGPE is working on.

Issue editors:

Bérolde Costa de Beauregard
and **Jean-Luc Dunoyer**

Ont contribué à ce numéro



D.R.

Emila AKROUME est titulaire d'un doctorat sur la fertilité des sols forestiers. Elle est chargée de R&D à l'ONF, spécialiste du fonctionnement biologique des sols forestiers et impliquée dans différents projets de recherche sur la gestion durable des sols, en particulier sur la dynamique du carbone des sols lors de la régénération des peuplements.



D.R.

Hughes-Marie AULANIER, en charge de la pratique Stratégie de Carbone 4, concentre ses travaux autour des risques et opportunités de transition associés au changement climatique. Il accompagne ses clients dans l'intégration des enjeux climatiques au cœur de leur activité, de la définition d'une stratégie climat à la projection du *business model* dans un monde bas carbone.

Il est à l'origine de l'initiative IF, qui vise à produire des modèles et scénarios de transition bas carbone, sur toutes les géographies et tous les secteurs économiques ainsi qu'à repenser la stratégie d'entreprise dans le contexte de l'Anthropocène.

Il est diplômé de l'École Nationale Supérieure des Mines de Nancy et de Sciences Po. Il a travaillé 5 ans au cabinet du PDG d'Eramet sur les volets de stratégie, développement et relations investisseurs avant de rejoindre Carbone 4.

Philippe BARRET, ingénieur agronome de formation, travaille depuis 39 ans au sein de DialTer et de Geysier, deux structures basées dans le Sud de la France qu'il a cofondées. Après avoir coordonné des projets dans les domaines du génie écologique et du développement rural, il s'est tourné vers la médiation et la concertation territoriale, suite à une formation au Conservatoire national des arts et métiers.

Depuis une vingtaine d'années, il intervient comme expert en dialogue territorial sur des sujets divers : gestion des cours d'eau et des forêts, préservation de la biodiversité, impact des activités industrielles, développement durable...

Il anime de nombreuses formations, notamment à la Sorbonne et au CNAM. Il intervient fréquemment à l'étranger (Mexique, Cuba, Europe, Afrique du Nord et de l'Ouest...) et a publié plusieurs articles et ouvrages.



D.R.

Claire BASTICK, ingénieure diplômée d'AgroParisTech, est chargée d'études forestières à l'IGN depuis 2015, où elle travaille sur les thématiques d'évaluation des ressources forestières et du carbone forestier.

Elle est notamment en charge d'études de projection des bilans carbone du secteur forêt-bois à l'aide de données de l'inventaire forestier national et d'outils de modélisation.



D.R.

Bérol Costa de BEAUREGARD s'est investi dans les questions d'innovation et de développement industriel territorial lors d'un premier parcours au ministère de l'Industrie (maintenant partie du ministère de l'Économie) puis s'est engagé dans une carrière industrielle internationale. Dorénavant retraité, il se consacre en particulier à son village d'origine, au pied du mont Beuvray en Bourgogne, comme élu municipal et comme exploitant forestier.

Il est par ailleurs président d'Oser75 pour l'Emploi, une association d'aide au retour à l'emploi des cadres. Il est également membre de la commission des Participations et des Transferts.



D.R.

Laurent de BERTIER est le directeur général de Fransylva, la fédération qui rassemble les particuliers propriétaires de forêts. Officier diplômé de l'École spéciale militaire de Saint-Cyr (87-90), il a rejoint en 2018 cette communauté de femmes et d'hommes engagés pour les générations futures en gérant les forêts françaises et en les adaptant au changement climatique.

La fédération agit pour les forestiers privés en France et en Europe, aux côtés de ses partenaires de la filière forêt-bois. C'est le lien essentiel entre les politiques publiques et l'action de terrain.



D.R.

Antoine BILLARD, diplômé de l'École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois, du Master Biologie et Écologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'En-

vironnement, Spécialité Bois, Forêt et Développement durable, puis d'une thèse en Biologie et Écologie des Forêts et Agrosystèmes à l'INRAE

Il est depuis 2022 Chargé de R&D au pôle RDI de l'ONF à Dole. Il participe à plusieurs projets pour l'ADEME et France Bois Forêt autour du bilan carbone des itinéraires sylvicoles et des produits bois.

Marieke BLONDET est anthropologue sociale au centre de Nancy d'AgroParisTech et membre du laboratoire SILVA (UMR 1434). Elle étudie notamment l'attitude et l'engagement de la société civile vis-à-vis de la gestion forestière. Ses objets de recherche portent aussi sur les processus participatifs, la transition écologique dans les territoires forestiers et les représentations sociales de la forêt.



D.R.

Sylvain BORDEBEURE est ingénieur bois de formation (ENSTIB, École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois). Il est référent filière bois à l'ADEME, l'Agence de la transition écologique et mène différentes actions en lien avec les acteurs : pilotage des dispositifs de soutien depuis la R&D jusqu'à l'industrialisation, suivi d'études stratégiques (technologies, ressources, marchés, etc.) et de travaux d'animation en lien avec les organismes professionnels de la filière.

Fabien CAROULLE, diplômé de l'École polytechnique, a réalisé l'essentiel de sa carrière au département de la Santé des forêts, où il y contrôle entre autres, la gestion des données. Depuis 2005, il a ainsi assisté aux mutations que subit la forêt suite aux changements climatiques et à l'introduction d'espèces envahissantes.



© Élodie Daguin

Philippe CANOT est le président de la Fédération nationale des Communes forestières (FNCOFOR) depuis février 2024. Maire de la commune de Sécheval (08) en région Grand Est depuis 1983, il est également à la tête d'une forêt communale de 320 hectares et président d'un syndicat forestier intercommunal de 1 200 hectares. Fin connaisseur de tous les sujets forestiers, il est un membre actif du bureau de la Fédération depuis 10 ans.

Jean CACOT, technicien forestier, anime le laboratoire d'expérimentation forestière du mont Beuvray au sein de l'équipe de Bibracte EPCC.



D.R.

Marin CHAUMET est ingénieur de recherche forestière au sein de l'Institut Technologie FCBA (Forêt Bois-construction Cellulose Ameublement) depuis 2015.

Il est spécialisé dans les études en lien avec la génétique, le reboisement, la sylviculture et les ressources forestières.



D.R.

Maxime CHAUMET est ingénieur Paris-Grignon (2009).

Après un début de carrière au sein du syndicat national « Jeunes Agriculteurs » où il était chargé des productions animales, il a dirigé pendant 7 ans l'interprofession française des œufs (CNPO) qui regroupe l'ensemble des mailons de la filière des œufs.

Depuis 2023, Maxime Chaumet est directeur général de France Bois Forêt, interprofession nationale de la filière reconnue par les pouvoirs publics.



D.R.

Antoine COLIN, ingénieur divisionnaire de l'Agriculture et de l'Environnement, a contribué et piloté de nombreuses études et expertises destinées à orienter les politiques publiques relatives aux ressources forestières et à l'évolution des stocks et flux de carbone à partir des données de l'inventaire forestier national.

Il dirige le département d'analyse des forêts et des haies bocagères de l'IGN et coordonne l'observatoire des forêts françaises depuis 2022.



D.R.

Dominique COTTINEAU est le délégué général de l'UICB depuis 2020. De formation universitaire, la première partie de sa carrière s'est faite au sein des filières énergétiques, toujours en lien avec les enjeux sociétaux, notamment ceux de la décarbonation.

L'UICB est l'organisation professionnelle uniquement dédiée au bois construction. Elle représente les fabricants et constructeurs de solutions bois et biosourcées, entreprises de toutes tailles, des TPE aux majors de la construction, engagées dans la construction responsable et durable. Parmi ses missions : promotion des matériaux et développement des marchés, appui technique, juridique, économique et social, veille réglementaire et normative, défense des intérêts communs de la profession. Présentes sur l'ensemble du territoire national, les entreprises membres de

l'UICB représentent un chiffre d'affaires de plusieurs milliards d'euros.

L'UICB est présente auprès de nombreuses instances et siège notamment au Conseil Supérieur de la Construction et de l'Efficacité Énergétique, ainsi qu'au Conseil Supérieur de la Forêt et du Bois.



D.R.

Henri CUNY, docteur en biologie végétale et forestière, a passé plusieurs années dans la recherche scientifique, à l'INRAE puis au WSL (Suisse), où il a étudié l'influence du climat sur la croissance des arbres.

Depuis 2017, il est ingénieur d'études forestières à l'IGN, où il travaille sur des projets relatifs à la bioéconomie et au carbone forestier.



D.R.

Christine DELEUZE, Ingénieure générale des Ponts, des Eaux et des Forêts, après plusieurs années en R&D, est depuis 2022 directrice de projet Stratégie Carbone auprès du directeur adjoint de l'ONF.

Après une thèse en modélisation forestière, elle a contribué à différents projets de modélisation aux échelles peuplement, forêt et ressource. Elle a piloté un projet ANR sur les évaluations dendrométriques de biomasse et carbone.



D.R.

Gérard DEROUBAIX est directeur adjoint du Pôle Biosense à l'institut technologique FCBA. Ingénieur diplômé de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse et docteur en chimie de l'Université Pierre et Marie Curie de Paris, il a commencé sa vie professionnelle en tant qu'ingénieur environnement à l'APAVE Nord-Picardie, puis responsable environnement

au Centre Technique du Bois et de l'Ameublement. Il anime aujourd'hui l'équipe Environnement, Économie et Bioressources à FCBA.

Coordinateur d'études sur la performance environnementale dans la filière bois et l'économie circulaire, il a par ailleurs une expertise spécifique sur l'empreinte carbone des produits bois et la gestion des déchets bois.

Il a également une expérience en animation de réseaux (président de l'International Group on Wood Protection 2007-2010) et est membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France.



D.R.

Jean-François DHÔTE est directeur de Recherches INRAE à Orléans (unité mixte de recherche BioForA, associant INRAE et ONF) depuis 1986.

Il étudie la gestion durable des ressources forestières et leur mutation actuelle liée au changement climatique et à l'émergence de la bioéconomie.



D.R.

Nicolas DOUZAIN-DIDIER est délégué général du FNB depuis 2010. Ingénieur de formation, il a débuté sa carrière au service des industriels de la viande.

La FNB est l'organisation professionnelle des acteurs de la mobilisation et de la transformation du bois en France. Elle agit pour le compte d'entreprises et intervient dans les débouchés aussi variés

que l'exploitation forestière, la scierie, le bois d'ingénierie, le tranchage et les secteurs de la carbonisation, de la palette et de l'emballage industriel, du parquet, des panneaux de contreplaqués, de la broserie.

Au-delà d'un maillage territorial, la FNB fédère 80 organisations nationales, régionales ou métiers dédiés au bois français et à son utilisation. Elle représente ainsi 1 750 entreprises pour 7 milliards d'euros de chiffres d'affaires. La raison d'être de la FNB réside dans son rôle de représentant institutionnel de l'industrie auprès des instances politiques, administratives, professionnelles, économiques et sociales, et y compris à l'échelon européen



D.R.

Cathy DUFOUR est déléguée générale de l'Ameublement français, organisation professionnelle représentative des fabricants et éditeurs français d'ameublement qui rassemble 380 entreprises françaises de la fabrication d'ameublement et de l'aménagement des espaces de vie.



D.R.

Jean-Luc DUNOYER est Ingénieur général des Ponts, des Eaux et des Forêts (ENGREF, 1987) et ingénieur agronome (INA, 1985).

Un parcours professionnel de 25 années réalisé au sein de l'Office National des Forêts l'a conduit à occuper différentes fonctions de directeur opérationnel, de chef de département au Siège, de directeur territorial en Alsace et en Île-de-France – Normandie – Hauts-de-France.

La filière bois a été reconnue filière industrielle d'avenir en 2014 et dotée d'un comité stratégique de filière (CSF Bois), placé auprès du Conseil National de l'Industrie.

Il est depuis 2016 le directeur des projets du CSF Bois, dont l'objet est de promouvoir les usages du bois et de renforcer la compétitivité de la filière.



D.R.

Georges Henri FLORENTIN est Ingénieur Agronome Paris et Ingénieur du Génie Rural des Eaux et des Forêts, spécialité forestière. Il a fini sa carrière au grade d'Ingénieur général des Ponts des Eaux et des Forêts.

Il a passé ses 10 premières années au service de la forêt dans son département de naissance,

le Jura, comme chef de centre de l'Office national des Forêts à Poligny puis de Lons-le-Saunier.

Il a ensuite travaillé 32 années au service de la forêt et des entreprises de transformation du bois au sein de l'organisme de recherche et développement de sa filière : le centre Technique du Bois et de l'Ameublement devenu FCBA après fusion avec l'Association Forêt Cellulose. Il y développe le classement des sciages français, la méthode de conservation du pin maritime par voie aqueuse après la tempête Lothar de 1999 dans le Sud-Ouest. Il en devient le directeur général et mandataire social pour 9 années jusqu'en 2019 atteint par la limite d'âge dans son corps.

Il assurera deux délocalisations et deux constructions bois de bureaux et laboratoires : en 2000 13 000 m² à Bordeaux, en 2015 10 500 m² à Champs-sur-Marne. Pour cette dernière action, en 2018, il reçoit le prix du dialogue social au niveau national.

Il est membre titulaire de l'Académie d'Agriculture de France où il est Secrétaire de la Section Forêt filière Bois. Il a codirigé « Le grand livre des arbres et de la forêt » paru chez Odile Jacob.

Président depuis 2018 de France Bois 2024, il a dirigé l'ouvrage « 2024, le bois sur le podium pour décarboner la construction ».

Il est également membre du conseil d'administration de la société familiale du théâtre de la Porte Saint-Martin.

Sa retraite est occupée par d'autres activités bénévoles : l'été dans le Jura comme conseiller municipal et président de l'Association d'Entretien du Patrimoine de son village de Sirod ; l'hiver en effectuant des maraudes au profit des sans-abri à Toulon.

Il a été nommé Chevalier de la Légion d'honneur en 2006 pour ses activités au service de la forêt et du bois et activités collectives bénévoles de président du Syndicat des ingénieurs du génie rural des eaux et des forêts. Il est également Commandeur de l'Ordre National du Mérite en 2024 pour sa présidence de France Bois 2024



D.R.

Gabriel FOLLIN-ARBELET est diplômé de l'École polytechnique et de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Il est consultant senior chez Carbone 4 depuis 2022 au sein du pôle neutralité.

À l'issue de son parcours académique, il a travaillé plusieurs années au développement de stratégies et de projets d'agriculture et de foresterie durable (conservation, agroforesterie, structuration de filières). Cela l'a amené à travailler avec des acteurs publics, privés, non-gouvernementaux et des populations locales dans une dizaine de pays, en Afrique en particulier.

Chez Carbone 4, il met son expérience au service des questions des stratégies de contribution à la neutralité carbone, en particulier pour les secteurs agricoles et forestiers.



D.R.

Meriem FOURNIER est Ingénieure générale des Ponts, des Eaux et des Forêts et docteure en sciences du bois. Elle a été cadre d'enseignement et de recherche en sciences du bois, en biomécanique de l'arbre puis en écologie des forêts tropicales et aujourd'hui en gestion des forêts.

Elle a exercé à AgroParisTech et à INRAE, à Bordeaux, Montpellier, Kourou et maintenant Nancy. Depuis début 2024 elle est directrice de l'unité SILVA de INRAE.



D.R.

Salomé FOURNIER est chargée de Recherche et Développement au département Recherche, Innovation et développement de l'ONF à Dole depuis 2020. Elle a obtenu en 2020 le double diplôme de l'École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois et de AgroParisTech, ainsi que le Master Agrosociétés, environnement, territoires, paysage, forêt sur le parcours Bois Forêt Développement.

Elle est référente sur les bilans carbone des itinéraires sylvicoles, intégrant le bilan des produits bois. Elle a publié un *data paper* dans les *Annales des Sciences Forestières* reprenant les valeurs carbone de la plupart des itinéraires sylvicoles de l'ONF.

Vincent GUICHARD, archéologue de formation, dirige l'établissement public Bibracte EPCC en charge de la gestion du site patrimonial du mont Beuvray. À ce titre, il est le chef de file de la démarche Grand Site de France déployée sur le territoire du Morvan des Sommets.

Michel HERMELINE, ingénieur agronome, Ingénieur général des Ponts, des Eaux et Forêts, est Inspecteur général au Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER) du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Auparavant, il a exercé en administration déconcentrée et en administration centrale du ministère chargé de l'Agriculture, ainsi qu'à l'Office national des forêts.



Vincent HULIN, après une formation d'ingénieur forestier à Nancy, s'engage dans la recherche : il obtient un doctorat en écologie de la Faculté des sciences d'Orsay en 2007. Après un passage au sein du Conseil régional d'Île-de-France, il intègre CDC Biodiversité pour y créer la Mission Économie de la Biodiversité du groupe Caisse des Dépôts. Il rejoint ensuite le cabinet

D.R.

de Barbara Pompili, secrétaire d'État chargée de la Biodiversité, comme conseiller. Il sera à nouveau son conseiller lorsqu'elle sera ministre de l'Environnement de 2020 à 2022.

Entre temps, et après un passage au sein de l'Agence française pour la biodiversité, il aura dirigé l'expertise du Muséum national d'Histoire naturelle de 2018 à 2020. Il rejoint le Secrétariat général à la planification écologique à sa création en 2022 et y est en charge des sujets liés à la biodiversité, l'eau, les océans et les mers, la pêche, la préservation des sols et la forêt.



Mélanie JUILLARD, ingénieure forestière AgroParisTech, est depuis 2021 experte du suivi des terres et des forêts au Citepa. Avec sa double spécialité en gestion des milieux naturels et en économie de l'environnement, elle met en œuvre la mise à jour de l'inventaire national pour le secteur UTCATF (Utilisation des terres, changement d'affectation

D.R.

des terres et forêts) et est co-responsable du rapport d'inventaire national des émissions de GES « NIR », rapporté à la CCNUC (convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques), avec une expertise particulière pour le secteur forêt-bois.



Antoine KREMER, directeur de recherches émérite à INRAE (à l'UMR BIOGECO, INRAE Bordeaux), porte ses activités de recherche sur l'évolution des arbres à différentes échelles de temps, en réponse notamment aux changements environnementaux, en croisant des approches complémentaires comme la paléo-

D.R.

botanique, l'écologie, la génétique et les sciences de l'évolution.

Ses recherches sont principalement menées sur les chênes en Europe. Il a coordonné de nombreux projets européens pour appréhender les mouvements migratoires des chênes et retracer leurs trajectoires évolutives à l'échelle du continent. Ses travaux actuels s'attachent plus à utiliser ces connaissances acquises sur le passé pour comprendre les réponses futures des arbres aux changements environnementaux en cours.

Éric LACOMBE est enseignant-chercheur au centre de Nancy d'AgroParisTech et membre du laboratoire SILVA (UMR 1434). Il s'intéresse notamment aux défis posés par le changement climatique sur la sylviculture et au renouvellement forestier en contexte de risque.



Paul-Antoine LACOUR est délégué général depuis 2013 de COPACEL, l'organisation professionnelle représentant l'industrie papetière française. Il a commencé sa carrière dans des sociétés de conseil ainsi qu'au sein de la Confédération Européenne de l'Industrie Papetière (CEPI). Il a rejoint en 2007 les organisations professionnelles papetières

D.R.

françaises et pris notamment en charge les dossiers relatifs à l'économie, à l'énergie et aux approvisionnements en bois. Paul-Antoine Lacour est ingénieur de l'École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (ENGREF), et titulaire d'un DEA d'économie de l'ENS Cachan. Il est vice-président de PEFC France et membre du Comité Consultatif auprès du département forestier de la FAO.



Mouchira LAHIANI est responsable des études économiques à l'Institut Technologique FCBA. Elle a obtenu son doctorat en Sciences économiques de l'Université Paris-X Nanterre, après l'obtention d'un diplôme de Maîtrise en Économie internationale et d'un Master en Macroéconomie et Analyses Quantitatives.

D.R.

Ses domaines d'expertise incluent les études de marché liés à l'industrie et à la construction bois, la modélisation économique et financière, l'analyse économique et prospective ainsi que les méthodes d'évaluation d'impact des politiques publiques.

Roland de LARY, ingénieur agronome et forestier, a conduit sa carrière autour des nombreux aspects de la filière forêt bois. Abordant aussi bien les secteurs commercial, industriel et technique en France comme à l'étranger. Il dirige aujourd'hui l'établissement public Centre National de la Propriété Forestière (CNPF).



D.R.

Celui-ci est doté de 470 agents au service des propriétés forestières françaises privées.

Il attache beaucoup d'importance à la résilience des forêts face à des perturbations physiologiques qui bouleversent les écosystèmes dans leur ensemble. Il s'appuie pour cela sur un institut interne de R&D (l'IDF) et un service de publication et édition dédié au monde forestier.

Nicolas LE MÉHAUTÉ, membre de l'agence d'ingénierie DialTer, est un spécialiste du dialogue territorial et de la médiation environnementale.



@ Sénat

Anne-Catherine LOISIER est une élue de terrain, profondément ancrée et liée à ce qu'elle appelle « son petit coin de Morvan », et ce, depuis ses débuts dans la vie publique.

En 1994, elle est élue plus jeune conseillère générale de Côte-d'Or sur le canton de Saulieu. Elle est ensuite investie d'un mandat de conseillère régionale qu'elle assumera de 1998 à 2008, lorsqu'elle est élue maire de Saulieu. Elle démissionnera de son mandat départemental le 27 octobre 2014, et quittera la vice-présidence après avoir siégé plus de 20 ans au sein de l'assemblée du département de Côte-d'Or.

En 2008, elle prend la tête de la commune de Saulieu et préside la communauté de communes. Elle a été réélue en 2014 et a conservé cette fonction ainsi que sa fonction communautaire jusqu'en octobre 2017, date à laquelle la sénatrice a dû démissionner en raison de l'application de la loi contre le cumul des mandats. Elle restera conseillère municipale de Saulieu et conseillère communautaire jusqu'en mars 2020.

Attirée par une vie publique nationale où elle porterait et confronterait les intérêts et les problématiques de son territoire, elle est investie deuxième sur la liste du Sénateur Alain Houpert. Elle est donc élue à la Haute assemblée pour la première fois le 28 septembre 2014 et réélue le 27 septembre 2020.

Membre du groupe de l'Union centriste du Sénat, elle est membre de la Commission des Affaires économiques et secrétaire de cette instance. Elle est également présidente du groupe d'étude « Forêt et filière bois ».

Elle est enfin vice-présidente de l'Union Régionale des Communes Forestières et Présidente de l'Union Départementale des Communes Forestières de Côte-d'Or et siège donc au Bureau de la Fédération Nationale des Communes Forestières.

La sénatrice de Côte-d'Or est titulaire d'un diplôme de l'Institut d'études politiques de Lyon, d'une maîtrise de sciences politiques et d'un DESS d'administration locale et politique des collectivités territoriales. Elle est gestionnaire de forêts privées.



D.R.

Jean-Louis LOUVEL est un entrepreneur français qui se considère comme un « entrepreneur né ». Il est le fondateur de PGS Group, le *leader* européen de la palette bois. Sans diplôme formel mais avec une grande soif d'apprendre, il se considère diplômé de « l'école de l'entreprise ».

Son parcours entrepreneurial a débuté de manière fortuite en 1993 lorsqu'il a ouvert, avec deux amis, un atelier de réparation de palettes en bois à Saint-Étienne-du-Rouvray, près de Rouen. C'était le début du Groupe PGS, qui est devenu une entreprise avec un chiffre d'affaires annuel de 482 millions d'euros et plus de 1 000 employés dans 11 pays, commercialisant chaque année plus de 45 millions de palettes.

L'entreprise a mis en place une stratégie innovante et respectueuse de l'environnement. Le Groupe PGS s'est également diversifié, englobant des activités telles que la gestion forestière, la scierie, la production, le reconditionnement et recyclage de palettes, ainsi que la fabrication de clous.

Jean-Louis Louvel est un fervent défenseur de l'environnement et prône une économie circulaire dans ses activités industrielles. Il a également repris plusieurs entreprises en difficulté en Normandie pour préserver les emplois et les compétences locales.

Au-delà de ses activités entrepreneuriales, il s'engage dans le soutien aux jeunes entrepreneurs en tant que cofondateur de l'accélérateur de *start-up* NFactory. Il est également mentor à l'IME France et occupe des postes d'administrateur au sein de Normandy French Tech et de Rouen Normandy Invest.

Il a également une passion pour le rugby et a contribué à la restructuration du Stade Rouennais, devenu depuis Rouen Normandie Rugby et ayant accédé à la Pro D2 en 2019.

Depuis toujours Jean Louis Louvel croit en quelques valeurs cardinales, l'humain, le sens du collectif, le partage, la fidélité et la loyauté, avec un indéniable talent reconnu de fédérateur. Sa devise est « Ensemble, plus vite, plus loin ».

Il a été nommé Chevalier de la Légion d'honneur en mars 2016 et Lauréat du Prix EY de l'Entrepreneur de l'année 2023.

Émilie MACHEFAUX est titulaire d'un doctorat en chimie du solide de l'Institut des Matériaux (CNRS) de l'Université des Sciences de Nantes et ingénieure en sciences des matériaux de Polytech Nantes.



D.R.

Elle débute sa carrière comme ingénieure de recherche au département électrochimie de BLUE SOLUTIONS (filiale du groupe BOLLORE) puis au département dépollution de Renault.

Elle a rejoint l'ADEME en 2008 en tant qu'ingénieur en charge de l'élaboration des écolabels et des déclarations environnementales (Écolabel européen, normes ISO)

au sein du département Éco-conception et consommation durable. Elle est nommée adjointe du service climat en 2014 et présidente de la Commission nationale des gaz à effet de serre par l'organisme national de normalisation (AFNOR). Depuis 2017, elle est responsable du Service Chaleur renouvelable et de la cellule produits biosourcés et biocarburants à l'ADEME. Ces deux services ont pour objectifs de développer la chaleur renouvelable ainsi que d'accompagner le développement de produits biosourcés durables et compétitifs.



D.R.

Albert MAILLET est Ingénieur général des Ponts, des Eaux et des Forêts. Il occupe depuis octobre 2012 les fonctions de directeur des Forêts et des Risques naturels à la direction générale de l'ONF. À ce titre il pilote la gestion de l'ensemble des forêts publiques françaises ainsi que la mise en œuvre des missions confiées par l'État à l'ONF en matière de prévention

des risques d'incendie de forêt, des risques littoraux (recul du trait de côte au niveau des dunes domaniales) et des risques en montagne (avalanches, crues et laves torrentielles, glissements de terrain, chutes de blocs, risque glaciaire et périglaciaire).

Antérieurement il a occupé des postes en liens avec les thèmes de la gestion des forêts, de la prévention des risques naturels ou de la biodiversité au sein de diverses structures, tant au plan national que régional : en administration déconcentrée de l'État en début de carrière, puis dans plusieurs établissements publics sous tutelle de l'État, tels que l'EPST ex-CEMAGREF (intégré aujourd'hui au sein d'INRAE), l'EPA Centre Régional de la propriété forestière de Provence Alpes Côte d'Azur (devenu aujourd'hui Délégation régionale du Centre National de la Propriété Forestière) et enfin l'EPIC Office National des Forêts où il a alterné des postes en région ou à la direction générale.



D.R.

Jérôme MOUSSET est ingénieur en agronomie et agriculture. Il travaille d'abord dans une structure de transfert des connaissances scientifiques (Agro-Transfert) sur des outils de modélisation du fonctionnement des systèmes agricoles et des démarches de qualification environnementale. Il

travaille ensuite à la chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir en tant que chef du service de conseil pour le développement agricole.

Il intègre l'ADEME en 2004 pour développer l'offre de l'agence sur la transition écologique des secteurs agricoles et forestiers, prend en charge un service dédié à l'agriculture, la forêt et la biomasse, puis la direction Bioéconomie et Énergies renouvelables.



D.R.

Brigitte MUSCH, docteur en génétique, est coordinatrice des ressources génétiques à l'ONF et anime un pôle de recherche et développement au sein de l'UMR BioForA. De par son parcours à la fois en recherche et en foresterie, elle participe activement à la transmission des connaissances pour leur application en forêt mais aussi à la formulation de questions

scientifiques à partir d'observations ou interrogations des gestionnaires forestiers.

Elle s'est investie depuis plusieurs années dans des travaux pour donner des outils aux gestionnaires pour adapter les forêts au changement climatique, en utilisant les mécanismes de génétique comme la migration. Elle a mis en place des projets de migration assistée en s'appuyant sur ses compétences en génétique des populations et sa connaissance de la gestion forestière. Elle a ainsi contribué au sein de l'ONF et du monde forestier à la prise de conscience des risques encourus par les forêts mais aussi en proposant des solutions pour y remédier.

Elle a ainsi contribué à création d'outils appliqués comme ClimEssence pour aider aux choix des essences et visualiser les impacts du changement sur la compatibilité climatique de celles-ci en collaboration étroite avec le RMT Aforce. Ces projets ont été conçus pour pouvoir être utilisés et déployés aussi bien en forêt publique que privée, par les scientifiques et les gestionnaires, en France et à l'étranger afin de gommer les frontières et de permettre une large collaboration.

Elle participe régulièrement à des projets européens visant à préserver les ressources génériques et les adapter au changement climatique. Son but est d'améliorer les échanges dans ses domaines de compétences, faire progresser les connaissances et bâtir des stratégies communes.

Éric PAILLASSA, docteur de l'Université de Bordeaux I, est ingénieur à l'Institut pour le développement forestier depuis plus de 30 ans sur des missions nationales en expérimentations forestières et sur les essences forestières. L'institut pour le développement forestier est l'institut technique de la forêt privée depuis 1968, et depuis 2006 est devenu le service R&D du Centre National de la Propriété Forestière.

Au contact des forestiers privés, qui représentent 75 % des surfaces forestières nationales, ses travaux ont tou-



D.R.

jours eu pour objectif l'évaluation, l'amélioration et l'optimisation des pratiques sylvicoles pour une forêt durable et résiliente qui remplit à la fois une fonction de production et des services écosystémiques.

Depuis 2008, ses actions ont pris une orientation nouvelle vers l'adaptation des forêts face au changement climatique et en particulier sur le volet des essences, leur comportement aujourd'hui et demain, et l'apport potentiel de nouvelles essences. Dans ce cadre il a participé par exemple au programme européen REINFFORCE qui a mis en place 38 arboretum sur la façade atlantique européenne, et aux travaux du RMT Aforce sur le changement climatique. Depuis 2014, il est très impliqué sur les contenus du site ClimEssences qui est cogéré par l'ONF et le CNPF. Par ailleurs, il est impliqué dans la mise en place du Réseau national ESPERENSE dont l'objectif est l'évaluation, par l'expérimentation en forêt, de nouvelles essences pour l'adaptation des forêts face au changement climatique.



D.R.

Antoine PELLION, Ingénieur des Mines de formation, entre en 2012 au ministère de l'Écologie comme chef de bureau de la Production électrique, et devient deux ans plus tard conseiller énergie de Ségolène Royal, ministre de l'Environnement sous François Hollande.

Chef du pôle Écologie à l'Élysée de 2017 à 2019, il prend la tête de ce même pôle à Matignon en 2020, avec un portefeuille comprenant les sujets d'environnement, d'agriculture, de transports, de logement, et d'énergie auprès de Jean Castex d'abord, puis d'Élisabeth Borne, et de Gabriel Attal depuis sa nomination en janvier.

Depuis 2022 et la création du Secrétariat général à la Planification écologique, il combine ce rôle de conseiller du Premier ministre avec celui de secrétaire général à la planification écologique.



D.R.

Jean-Pierre RENAUD, Ingénieur général des Ponts, des Eaux et des Forêts honoraire, est vice-président de Fibois Grand Est.

Il a été de 1979 à 1980 responsable d'une unité de recherche CTFT – République Populaire du Congo puis de 1981 à 1985 Chef de subdivision ONF à Remiremont (Vosges), de 1985 à 1990, Responsable service Forêt-DFCI à la DDAF de Nîmes (Gard), de 1991 à 1996, Ingénieur de Recherche au Cemagref de Grenoble sur les forêts de montagne, forêts de protection, forêts subnaturelles

et de 1996 à 2007, Chef de division puis Directeur d'Agence ONF Colmar (Haut-Rhin).

De 2008 à 2021, il a été successivement directeur territorial ONF de Franche Comté à Besançon, de Lorraine à Nancy, d'Alsace à Strasbourg et du Grand Est.



D.R.

Lucile SAVAGNER, ingénieure de l'ESB avec une spécialisation filière forêt-bois passée à AgroParisTech en 2017, a travaillé quelques années à l'INRAE sur de la gestion de projet de recherche.

Aujourd'hui elle est en charge des études de ressources forestières et de disponibilité en bois auprès de l'Institut technologique FCBA (Forêt Bois-construction Cellulose Ameublement), notamment avec l'animation du réseau des cellules biomasse pour l'observatoire national de la biomasse (Cartofob). Elle est également impliquée dans des travaux de normalisation sur la déforestation.

Nicolas TONNET est ingénieur en modélisation mathématique et mécanique de l'Enseirb-Matmeca à Bordeaux et docteur en énergétique/génie des procédés de l'École des Mines de Saint-Etienne. Il travaille en tant qu'ingénieur de recherche au sein du laboratoire des fluides complexes de l'Université de Pau de 2008 à 2009. Il intègre l'ADEME en 2010 pour travailler sur la thématique du captage et stockage de CO₂.

Au sein de la direction Recherche et Prospective, il s'oriente vers des missions d'animation et d'orientation de programmes de recherche pilotés par l'ADEME, notamment sur la thématique de l'énergie. En 2018, il intègre la direction Bioéconomie en tant que référent sur le volet énergie dans les systèmes agricoles et sur la question des ressources et des usages de la biomasse. Depuis début 2023, il est responsable adjoint du service chaleur renouvelable et de l'équipe travaillant sur les bioproduits et les biocarburants.



D.R.

Éric TOPPAN est le Coordinateur de l'Observatoire économique de France Bois Forêt et Responsable de la Veille Économique Mutualisée Filière forêt-bois. Il obtenu sa Maîtrise en Économie internationale à la Sorbonne et un DESS en géopolitique européenne à l'Université Marne-la-Vallée.

Ses domaines d'expertise incluent les études de marché sur la filière forêt-bois, le suivi de la conjoncture, le développement d'outils d'analyse et de prospective des différents marchés des produits forestiers et secteurs utilisateurs, ainsi que les travaux relatifs à la ressource et son évolution.



@ Lofti Dakhli

Michel VEILLON est directeur général de la société Ossabois depuis 2014 (180 personnes, 30 M€ de chiffre d'affaires), dont le siège se situe à Balbigny (42) et qui possède 3 sites industriels pour la construction bois en France

Ossabois a rejoint en 2018 le groupe GA SMART BUILDING (Toulouse – 31), *leader* de la construction hors-site et bas carbone.

Au sein du Comité Stratégique de la Filière Bois, il dirige le DEFI 4 (en charge de la construction bois) ainsi que les commissions techniques de la filière, relatives à la construction bois.

Il est également administrateur du FCBA et de l'organisation professionnelle UICB (Union des Industriels et Constructeurs Bois).

Auparavant, Michel Veillon avait dirigé la société ISOBOX (spécialisé dans l'isolation thermique), et le groupe PARISOT INDUSTRIE (fabricant de panneaux bois et de mobilier en kit).



D.R.

Estelle VIAL est ingénieure Environnement au sein de l'Institut Technologie FCBA (Forêt Bois-construction Cellulose Ameublement). Elle est spécialisée dans les analyses de cycle de vie et travaille plus particulièrement sur l'impact environnemental des produits bois.

Elle a contribué à de nombreuses études et projets de recherche relatifs au bilan carbone global de la filière forêt bois pour la Commission européenne, pour l'ADEME et les pouvoirs publics.



D.R.

Dominique WEBER est cogérant de la *holding* Weber Finance créée en juillet 1993.

En 2014, il est élu président de l'Ameublement français (ex UNIFA) pour un mandat de 4 ans. Il poursuit son engagement professionnel à la présidence du CODIFAB (Comité de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois) de 2018 à 2022.

Fin 2014, il est élu vice-président d'ADIVbois, association visant à la promotion des immeubles bois.

En 2017, il est élu président de l'interprofession nationale FBIE (France Bois Industries Entreprises) qui regroupe l'aval de la filière bois pour un mandat qui s'est achevé en septembre 2021.

En septembre 2022, il est nommé vice-président du Comité Stratégique de la Filière Bois (CSF BOIS) dont il prend la présidence en décembre 2022.