

# Évaluation française des écosystèmes et services écosystémiques

---

Les écosystèmes forestiers

Septembre 2018

# Sommaire

---

4- Avant propos

5 - Messages-clés à l'attention des décideurs

12 - Introduction

14 - Partie 1 : Evaluation des écosystèmes forestiers

14 - Définition de l'écosystème forestier

18 - Description de l'écosystème (1/2) : occupation du sol, en surface et selon la catégorie de propriété

33 - Description de l'écosystème (2/2) : types forestiers retenus pour l'évaluation et dynamique forestière associée

46 - Fonctionnement de l'écosystème forestier

57 - Quel est l'état des forêts métropolitaines et comment évolue-t-il ?

80 - Quels sont les principaux facteurs de changement et comment évoluent-ils ?

93 - Partie 2 : Evaluation des services écosystémiques forestiers

100 - Les services de régulation

143 - Les biens produits

167 - Les services culturels

190- Le patrimoine naturel forestier

210 -Bouquets de services et interactions entre services écosystémiques

217 - Synthèse et discussion des résultats

233- Bibliographie

253 - Annexes

279 - Table des matières

# Contributeurs

**Julie Dorioz, Chargée de mission au GIP Ecofor**

**Jean-Luc Peyron, Directeur du GIP Ecofor**

**Cécile Nivet, Responsable de la médiation scientifique et de la valorisation des recherches au GIP Ecofor**

La production de ce rapport a bénéficié des contributions écrites ou des échanges avec : Marieke Blondet (AgroParisTech), Frédéric Bonin (GIP Ecofor), Nathalie Derrière (IGN), Anne-Laure Mésenge (GIP Ecofor).

## Remerciements :

- Aux membres du groupe de travail et partenaires associés à l'EFESE-Forêt : Jens Abildtrup (LEF), Jimmy Annet (MAA)\*, Pierre Beaudesson (CNPf), Fabienne Benest (IGN), Jean-Paul Bessière (CEREMA/DTerMed), Thomas Bouix (ONF), Luc Bouvarel (Fédération Forestiers Privés de France), Élodie Brahic (Irstea), Jean-Pierre Cabaret (MEDDE/DEB)\*, Florian Claeys (CIRAD)\*, Anthonin David (Stagiaire Ecofor)\*, Marc Deconchat (Dynafor, INRA), Justine Delangue (UICN), Patricia Detry (CEREMA/DTerMed), David Dubourg (CEREMA/DTerMed), Serge Garcia (LEF), Tu Gengyang (LEF)\*, François KLEIN (ONCFS), Guy Landmann (Ecofor), Martine Lenglet (MAA), Julie Marsaud (FNE), Luc Mauchamp (MEDDE/DEB), Claire Montagné (LEF), Sabine Moraud (MEDDE/DEB), Yoan Paillet (Irstea), Chris Quine (UK-NEA), Bernard Riera (Ecofor-MNHN-CNRS), Marianne Rubio (ONF), Jurgis Sapisjankas (CGDD/MEDDE), Marie-Françoise Slack (IGN), Léa Tardieu (LEF), Julien Touroult (MNHN).
- Aux membres du Conseil scientifique et technique de l'EFESE pour leurs relectures, tout particulièrement : Lilian Blanc (CIRAD), Denis Couvet (MNHN), Marc Dufrêne (Université de Gembloux, Belgique), Frédéric Gosselin (Irstea), Sandra Lavorel (CNRS-LECA), Bruno Locatelli (CIRAD), Philip Roche (Irstea), Jean-Michel Salles (CNRS), Alexia Stokes (INRA), Nicolas Viovy (CEA).
- Aux membres de l'équipe projet de l'EFESE, tout particulièrement : Ophélie Darses, Patrick Degeorges, Yann Kervinio, Maryvone Phantharangi\*, Philippe Puydarrieux\*, Antonin Vergez (MTES)

*(\*) Poste occupé au moment de leur contribution*

# Avant-propos

**C**ouvrant une proportion élevée du territoire national de la Métropole (30%), de Guyane (97%) et des autres outre-mer (38%), les écosystèmes forestiers français sont riches en biodiversité comme en biomasse. Ils font d'ailleurs de la France, pour ces deux caractéristiques, le premier pays forestier de l'Union européenne.

Ils répondent à des attentes majeures en matière de régulation du climat, de protection des eaux et des sols, de fourniture de bois et multiples autres biens, d'activités récréatives et d'attachement sentimental : ils participent largement au bien-être.

C'est cette capacité qui est évaluée ici au profit du gestionnaire public comme privé, du citoyen comme du responsable associatif, de l' élu comme du chercheur, à qui *l'Évaluation des écosystèmes et services écosystémiques forestiers (EFESE-F)* fournit des références tant pour éclairer les décisions qu'améliorer les connaissances.

**Laurence Monnoyer-Smith**

COMMISSAIRE GENERALE AU DEVELOPPEMENT DURABLE

# Messages-clés à l'attention des décideurs

**1. La forêt française métropolitaine s'étend sur 16,4 millions d'hectares et occupe près du tiers du territoire métropolitain.** C'est la quatrième en surface au niveau européen derrière la Suède, la Finlande et l'Espagne<sup>1</sup>. Elle est aux trois quarts privée. Elle se concentre principalement dans la moitié sud et la partie est du pays. Elle est située en grande majorité dans les plaines et collines, où les feuillus dominent largement<sup>2</sup>. Les surfaces issues de plantations sont stables depuis 1980, autour de 13 % de la forêt métropolitaine<sup>3</sup>. 95 % des forêts publiques et 31 % des forêts privées ont un document de gestion durable. **La France compte aussi plus de 9 millions d'hectares de forêts ultramarines** majoritairement tropicales, diversifiées et riches en biodiversité, principalement en Guyane<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 2.1 et 2.2)

<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 3.1.4)

<sup>3</sup> Bien établi et accepté (§ 5.2.2)

<sup>4</sup> Bien établi et accepté (Encadré 2.5)

**2. Depuis un minimum atteint vers 1820, la forêt métropolitaine a vu sa surface multipliée par deux<sup>1</sup>.** Considéré en moyenne et par hectare, le volume moyen de bois des arbres vivants s'accroît quant à lui au rythme d'un doublement en moins d'un siècle<sup>2</sup>. Ainsi, le volume total de bois sur pied a quasiment doublé au cours des cinquante dernières années. Ces évolutions s'expliquent d'abord par la déprise agricole qui a libéré des terres et permis la progression des forêts. La dynamique naturelle a été complétée par une action volontariste des pouvoirs publics pour augmenter les surfaces boisées en France. Enfin, la pression d'exploitation qui a pesé sur la plupart des forêts jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle s'est globalement relâchée à partir de la révolution industrielle, notamment du fait du développement de sources d'énergies alternatives<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 5.1.1)

<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 5.1.2)

<sup>3</sup> Bien établi et accepté (§ 5.1.1 et 5.1.2)

## Etat écologique des forêts françaises

**3. Malgré l'absence de suivi pour de nombreuses espèces, les éléments disponibles témoignent d'états contrastés de la biodiversité forestière en métropole.** D'un côté, la richesse locale en espèces d'arbres est en augmentation<sup>1</sup> et on constate le maintien ou l'amélioration récente de plusieurs caractéristiques reconnues comme importantes pour la biodiversité (présence de très gros arbres et de bois mort, faible fragmentation des massifs, régénération naturelle largement majoritaire)<sup>2</sup>. Dans l'ensemble, l'évaluation des habitats et espèces d'intérêt communautaire montre aussi un niveau de préservation généralement plus élevé que dans les autres milieux<sup>4</sup>. En outre, après une phase d'érosion à la fin des années 80, l'abondance des oiseaux communs forestiers s'est stabilisée<sup>5</sup>. Cependant, des points d'alerte subsistent : plus de la moitié des plantes forestières évaluées, 17% des oiseaux forestiers évalués et 7% des mammifères forestiers évalués sont considérés comme menacés<sup>4</sup>. L'évaluation montre aussi que certains des habitats forestiers d'intérêt communautaire évalués, essentiellement des forêts liées aux milieux aquatiques, sont dans un mauvais état de conservation (forêt alluviales, tourbières...)<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 5.2.1)

<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 5.1.2 et 6.5)

<sup>3</sup> Bien établi et accepté (§ 5.2.4)

<sup>4</sup> Bien établi et accepté (§ 10.3.3 mais sera finalement intégré à la partie 5.2.4)

<sup>5</sup> Bien établi et accepté (§ 5.2.1)

<sup>6</sup> Bien établi et accepté (§5.2.4)

**4. L'état de santé des forêts métropolitaines a souffert des tempêtes et sécheresses des deux dernières décennies et reste fragile dans un contexte d'augmentation des risques.** Ainsi, depuis le début des années 2000, on observe une augmentation de la mortalité et du déficit foliaire des arbres, particulièrement marqués dans le Sud-est méditerranéen<sup>1</sup>. Une augmentation des risques est attendue en lien avec le changement climatique : les projections réalisées varient selon les scénarios et modèles mais augurent d'une augmentation des surfaces affectées par les sécheresses pendant la saison de végétation<sup>2</sup>. Or, le stress hydrique fait craindre une intensité et une extension plus grandes des risques d'incendie<sup>3</sup>. En outre, les dommages liés aux insectes et maladies des arbres aggravent souvent les conséquences des accidents météorologiques<sup>4</sup>. L'état de santé des forêts métropolitaines réclame donc de la vigilance.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 6.4)

<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 6.4)

<sup>3</sup> Bien établi et accepté (§ 6.3)

<sup>4</sup> Bien établi et accepté (§ 6.4)

**5. La dégradation des habitats et les pollutions demeurent des sources directes de changement<sup>1</sup>. Par ailleurs, les populations de grands ongulés (cerfs, chevreuils, sangliers...) augmentent<sup>2</sup>, ce qui parfois fragilise et compromet le renouvellement de certaines forêts<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 6.4)  
<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 6.4.1)  
<sup>3</sup> Bien établi mais en discussion (§ 6.4.2)

**6. Le changement climatique affecte déjà et affectera durablement les forêts françaises<sup>1</sup>.** Sur le plan forestier, la modification des aires de répartition des espèces est difficile à prévoir mais pourrait occasionner une véritable recombinaison des paysages forestiers, ainsi que des changements notables en termes de structure et de fonctionnement des écosystèmes, notamment du fait des changements de pratiques<sup>2</sup>. Une hausse moyenne mondiale de 2°C depuis l'ère préindustrielle pourrait ainsi étendre le domaine méditerranéen jusqu'à la Loire<sup>3</sup>. L'augmentation et la combinaison des risques naturels associés (sécheresses, incendies, ravageurs et pathogènes) pourraient provoquer une diminution de la productivité nette des forêts après plusieurs décennies d'augmentation<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 6.3)  
<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 6.3)  
<sup>3</sup> Partiellement établi et accepté (§ 6.3)  
<sup>4</sup> Partiellement établi et accepté (§ 8.1.4)

### Biens et services écosystémiques, patrimoine naturel

**7. La société française retire de ses forêts de nombreux biens et services.** Parmi ceux-ci figurent de nombreux biens et services non-marchands, dont les valeurs peuvent être très supérieures à celle des biens marchands<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 7, 8, 9)

**8. Le bois est le principal bien marchand produit dans les forêts métropolitaines. La valeur commerciale de sa récolte après exploitation y est estimée à près de 3 milliards d'euros<sup>1</sup>.** Les deux tiers environ de cette valeur correspondent à du bois effectivement commercialisé, en majorité du bois d'œuvre, mais avec une progression du bois énergie dont le niveau rattrape celui du bois d'industrie pour la papeterie et les panneaux<sup>2</sup>. Le bois non commercialisé, principalement le bois de feu, représente le tiers restant<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (année 2014, § 8.1.4)  
<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 8.1.2.2 ou 8.1.4)  
<sup>3</sup> Bien établi et accepté (§ 8.1.4)

Le bois, matériau renouvelable lorsqu'il est issu d'une gestion durable, procure de nombreux avantages à la société française, surtout quand il fait l'objet de recyclage et s'inscrit dans une cascade d'usages<sup>4</sup>. Il alimente une filière qui contribue à 0,5 ou 0,6 % du produit intérieur brut<sup>5</sup>, et procure 230 000 emplois directs, soit 0,9 % de la population active<sup>6</sup>.

<sup>4</sup> Voir message 9/§ 7.1.2.2  
<sup>5</sup> Bien établi et accepté (§ 8.1.2.2)  
<sup>6</sup> Bien établi et accepté (§ 8.1.2.2)

**9. Dans les forêts françaises métropolitaines, le prélèvement de bois est nettement inférieur à l'accroissement biologique<sup>1</sup>.** Ainsi, en moyenne, la ressource disponible continue de croître, offrant des possibilités de développement sur une partie du territoire<sup>2</sup> sous réserve de durabilité environnementale de l'exploitation (notamment le maintien de la fertilité des sols<sup>3</sup>). Cette moyenne masque cependant de très fortes disparités selon les régions, les essences, la structure et les catégories de propriétés des forêts<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 8.1.2, 8.1.4 et § 8.1.3.2)  
<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 8.1.2)  
<sup>3</sup> Bien établi et accepté (§ 8.1.2.1)  
<sup>4</sup> Bien établi et accepté (§ 8.1.2)

**10. Au-delà du bois, la forêt française fournit une multitude d'autres biens :** gibier, champignons (truffe, cèpe, etc.), châtaignes, autres fruits et baies, miel, plantes aromatiques, fourrage destiné aux animaux d'élevage, liège, objets décoratifs, etc. Au moins 77 espèces sont exploitées en France métropolitaine par les industries pharmaceutiques et cosmétiques (parfumerie, huiles essentielles)<sup>1</sup>. Parmi cette multitude de biens issus des forêts, seule une partie est commercialisée et représente un chiffre d'affaires de **plusieurs dizaines de millions d'euros** par an<sup>2</sup>, le reste faisant l'objet d'usages dont la valeur économique, estimée à **plusieurs centaines de millions d'euros par an**<sup>3</sup>, est plus difficile à percevoir. Au-delà de leur valeur économique, ces biens forestiers non-ligneux constituent par ailleurs un **enjeu fort du point de vue culturel et patrimonial**<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 8.3)  
<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 8.3)  
<sup>3</sup> Bien établi et accepté (§ 8.2)  
<sup>4</sup> Bien établi et accepté (§ 10.3.3)

**11. La forêt française et les produits en bois contribuent de manière significative à la lutte contre le réchauffement climatique<sup>1</sup>.** En métropole, la filière forêt-bois représente actuellement un « puits net » de carbone estimé à environ 130 millions de tCO<sub>2</sub>eq/an, soit **près du quart des émissions annuelles françaises<sup>2</sup>**. Ce « puits net » résulte principalement de l'accroissement actuel du stock de carbone au sein des écosystèmes forestiers, pour près de 100 millions de tCO<sub>2</sub>eq/an<sup>3</sup>. Il inclut aussi des émissions évitées par l'utilisation du bois au lieu d'énergies et matériaux concurrents qui sont délicates à évaluer mais importantes à considérer et estimées à environ 30 millions de tCO<sub>2</sub>eq/an<sup>4</sup>. Il prend enfin en compte une séquestration supplémentaire au sein des produits en bois, actuellement négligeable<sup>5</sup>. La prise en compte globale de ce bilan est importante pour évaluer correctement les conséquences d'une augmentation des prélèvements de bois. En effet, si une telle augmentation limite l'accumulation de carbone en forêt, elle peut en transférer une partie dans les produits en bois et permet en contrepartie d'éviter à brève échéance certaines émissions de secteurs industriels et énergétiques<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et

accepté (§7.1)

<sup>2</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.1.4)

<sup>3</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.1.2.1)

<sup>4</sup> Partiellement  
établi et accepté (§  
7.1.2.2)

<sup>5</sup> Partiellement  
établi et accepté (§  
7.1.2.1)

<sup>6</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.1.4)

**9bis. Par leur nature et leur fonctionnement biophysique, les forêts interviennent sur les conditions environnementales locales de multiples manières** (évapotranspiration, albédo, feuillage filtrant, obstacle physique aux mouvements d'air horizontaux, etc.). Les services rendus aux sociétés humaines sont importants, en particulier la résorption ou le filtrage des particules et des polluants<sup>1</sup>, l'effet brise-vent<sup>2</sup>, l'augmentation de la disponibilité et de la circulation de l'eau<sup>3</sup> et la régulation de la température (effet rafraîchissant)<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et

accepté (§ 7.2.2.1)

<sup>2</sup> Partiellement  
établi et accepté  
(§ 7.2.2.1)

<sup>3</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.2.2.1)

<sup>4</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.2.2.1)

**12. Certaines forêts jouent un rôle majeur pour conserver les sols et protéger les biens et les personnes contre les aléas naturels** (avalanches, glissements de terrain, chutes de blocs, crues et inondations), d'autant plus que leurs composition, structure et gestion sont adaptées à ces objectifs<sup>1</sup>. En zone de montagne, les forêts installées sur les versants et issues, pour certaines, des grands travaux de reboisement entrepris à partir de 1860 permettent de limiter l'érosion des sols, les glissements de terrain superficiels, les chutes de blocs, les avalanches, les crues torrentielles, protégeant ainsi les populations et les intérêts économiques en aval<sup>2</sup>. Aujourd'hui, ces peuplements sont cependant fragilisés et leur renouvellement n'est pas assuré<sup>3</sup>. La forêt joue aussi un rôle protecteur sur le littoral, non seulement outre-mer où la mangrove offre une protection contre les risques côtiers<sup>4</sup>, mais encore en métropole où les forêts contribuent à la stabilisation des dunes<sup>5</sup>. Les valeurs économiques des dommages évités et des activités permises par cette protection sont difficilement quantifiables, extrêmement variables selon les situations<sup>6</sup>, et peuvent atteindre jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'euros par hectare et par an<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.3 et  
7.6)

<sup>2</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.3)

<sup>3</sup> Partiellement  
établi et accepté  
(§ 7.3.3.2)

<sup>4</sup> Partiellement  
établi mais accepté  
(§ à préciser)

<sup>5</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.4)

<sup>6</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.3.4)

<sup>7</sup> Bien établi et  
accepté (§ 7.3.4)

**13. Les forêts métropolitaines interagissent fortement avec le cycle de l'eau : elles contribuent à la disponibilité globale en eau<sup>1</sup>, à la régulation des débits de crue<sup>2</sup> et à l'atténuation de la pollution des eaux souterraines et superficielles (nitrates, phosphates, pesticides)<sup>3</sup>.** En outre, en limitant l'érosion des sols, d'autant mieux que les essences et pratiques sont adaptées, les forêts réduisent la turbidité des eaux de surface<sup>4</sup>. La bonne qualité des eaux de baignade et de consommation qui en résulte permet d'améliorer le cadre de vie des Français<sup>5</sup> tout en limitant les coûts de traitement et donc la facture d'eau des ménages<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Partiellement  
établi mais accepté  
(§ 7.2.2.1)

<sup>2</sup> Partiellement  
établi mais accepté  
(§ 7.6)

<sup>3</sup> Partiellement  
établi mais accepté  
(§ 7.5)

<sup>4</sup> Partiellement  
établi mais accepté  
(§ 7.5)

<sup>5</sup> Partiellement  
établi mais accepté  
(§ 7.5)

<sup>6</sup> Partiellement  
établi mais accepté  
(§ 7.5)



**14. La forêt métropolitaine offre un espace de récréation le plus souvent gratuit et de grande valeur pour de nombreux Français qui recherchent une ambiance naturelle et y pratiquent des activités variées** : ressourcement, observation naturaliste, activités sportives, chasse et cueillette ou inspiration artistique. La moitié des Français déclarent fréquenter la forêt au moins une fois par mois<sup>1</sup>. La location de baux de chasse représente une recette **de l'ordre de 110 millions d'euros par an** pour les propriétaires forestiers<sup>2</sup>. Pour les autres pratiques, les forêts situées à proximité des zones peuplées accueillent ces activités de loisir gratuitement, que ces forêts soient publiques ou privées (en libre accès pour 85 % des propriétés). Cependant, la méthode des coûts de déplacement permet d'estimer le consentement à payer total des Français pour se rendre en forêt à **près de 10 milliards d'euros par an**<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 9.1.2.2)

<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 8.2)

<sup>3</sup> Bien établi et accepté (§ 9.1.4.1)

**15. Au-delà de ces valeurs utilitaires, les forêts françaises de métropole et d'outre-mer constituent un patrimoine biologique, culturel et identitaire à transmettre aux générations futures.** Traduction de cette patrimonialité, de nombreux espaces et espèces forestiers remarquables font l'objet de protections spécifiques, réglementaires ou contractuelles, qui ne peuvent simplement se justifier par leur valeur utilitaire<sup>1</sup>. Ainsi, 1,7 % de la surface en métropole font l'objet de protections réglementaires fortes tandis que le Parc national des forêts de Champagne et Bourgogne, dédié aux forêts feuillues de plaine, est en cours de préfiguration<sup>1</sup>. Par ailleurs, une grande part de la surface en métropole fait l'objet d'une reconnaissance particulière à travers son inclusion dans le réseau européen Natura 2000, pour 25 %, et dans les zonages d'inventaire écologique, pour 40 %<sup>2</sup>. En outre, de nombreux labels distinguent des forêts remarquables<sup>3</sup>. Plus généralement, l'importance socioculturelle des usages de la forêt (chasse, cueillette, etc.), la prégnance des forêts dans l'imaginaire collectif, le fort attachement exprimé par les propriétaires forestiers, témoignent de valeurs patrimoniales fortes attachées à ces espaces<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Bien établi mais en discussion (§ 10.2)

<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 10.2.3 et 10.3.1)

<sup>3</sup> Bien établi et accepté (§ 10.3)

<sup>4</sup> Bien établi et accepté (§ 10.4.3)

## Besoins de connaissances

**16. Les suivis et les connaissances existantes demeurent incomplets.** Les inventaires et suivis des forêts métropolitaines restent principalement restreints aux arbres, aux mammifères ongulés chassables et aux oiseaux en métropole et ne couvrent pas (i) les forêts ultramarines<sup>1</sup>, (ii) certaines espèces remplissant un rôle fonctionnel majeur (champignons, mousses, lichens, arthropodes, biodiversité des sols forestiers, guildes de carnivores, guildes des herbivores, etc.), (iii) les forêts anciennes et certains habitats remarquables tels que les vieux peuplements, (iv) les formations intermédiaires (bosquets, landes, friches), les lisières forestières. Enfin, l'évaluation de nombreux services de régulation jugés essentiels et leur cartographie nationale requièrent un effort de recherche et de modélisation conséquent mais indispensable pour une prise en compte dans la décision<sup>2</sup>.

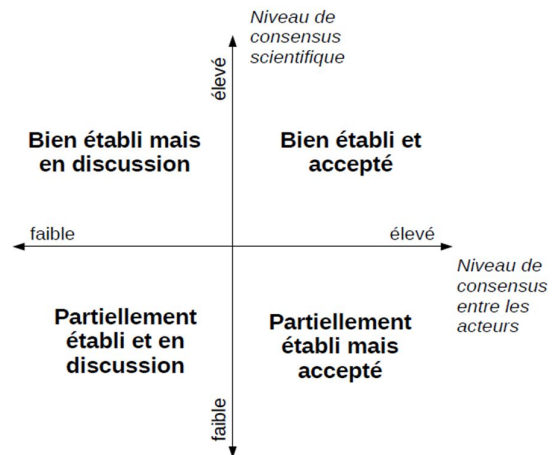
<sup>1</sup> Bien établi et accepté (§ 12.3)

<sup>2</sup> Bien établi et accepté (§ 12.3)

## Modalités d'évaluation des messages-clés à l'attention des décideurs

Le degré de consensus scientifique est évalué sur deux niveaux (élevé / faible) ; cette évaluation fait l'objet d'une proposition des auteurs et d'un arbitrage du Conseil scientifique et technique de l'EFESE ;

Le degré de consensus entre les acteurs est évalué sur deux niveaux (élevé / faible) ; le niveau élevé est proposé par défaut et fait l'objet d'un arbitrage du Comité national des parties prenantes de l'EFESE.



## Commentaires des parties prenantes sur les messages-clés à l'attention des décideurs

### Commentaire du Centre national de la propriété forestière (CNPFF) sur le message 5 :

Comme vu en séance, je me permets d'insister sur l'importance de faire part dans les messages clés de l'équilibre sylvo-cynégétique, dont la définition est dans le code de l'environnement. Ne pas y faire mention ne reflète pas la réalité des problèmes forestiers, d'ailleurs repris dans le Programme national forêt bois qui insiste justement sur ce déséquilibre actuel dans les forêts métropolitaines.

Nous avons depuis peu des chiffres nationaux produits par l'ONF dans le bilan patrimonial des Forêts domaniales. « 34 % des surfaces des forêts domaniales présentent un équilibre forêt-gibier non satisfaisant et plus particulièrement dans les zones productives. » Etabli dans le cadre de contrats cynégétique et sylvicole, ces données ont été validées par les chasseurs localement. La qualification de l'équilibre a été faite pour chaque lot et inscrite dans le contrat signé par les deux parties (ONF et chasseur).

Il est vrai que cette donnée n'est pas dans le document de référence du Gip Ecofor pour des raisons de publication récente du bilan patrimonial. C'est cependant la seule donnée fiable et partagée que l'on ait au niveau national sur l'état d'équilibre sylvo-cynégétique.

*Pierre Beaudesson, Centre National de la Propriété Forestière*

### Commentaire de l'Office national des forêts (ONF) sur le message 5 :

Sans revenir sur les arguments exposés en séance et à défaut de pouvoir désormais modifier le contenu du message, nous souhaitons qu'un désaccord sur la teneur du message 5 soit mentionné :

L'augmentation des populations de grands ongulés est **véritablement considérable** depuis plusieurs dizaines d'années. C'est avéré et une **telle évolution**, quelles qu'en soient les conséquences et quoi qu'on en pense, **doit être soulignée**.

L'article L425-4 du code de l'environnement précise que « L'équilibre agro-sylvo-cynégétique consiste à rendre compatibles, d'une part, la présence durable d'une faune sauvage riche et variée et, d'autre part, la pérennité et la rentabilité économique des activités agricoles et

sylvicoles. [...] L'équilibre sylvo-cynégétique tend à permettre la régénération des peuplements forestiers dans des conditions économiques satisfaisantes pour le propriétaire [...]». Le message clé sur ce sujet doit se référer à cette définition.

À cet égard, les situations de déséquilibre entre le niveau des populations de grands ongulés et les objectifs de gestion durable de la forêt, comprenant la valorisation économique des biens et services, **ne sont pas marginales** comme le laisse entendre le message clé actuel. Lors des relocations des baux de chasse en forêt domaniale en 2015, une notation contradictoire de l'état de l'équilibre entre la forêt et la grande faune a été réalisée au regard de la régénération des peuplements forestiers. **L'équilibre est ainsi dégradé ou compromis sur 34 % des surfaces des forêts domaniales**, avec une prévalence beaucoup plus forte dans le grand quart Nord-Est. Cette situation, représentative des forêts françaises, **ne peut être passée sous silence ou minimisée dans les messages clés**.

*Michel Hermeline, Office national des forêts*

### **Commentaire de la fédération Fransylva sur les messages 5 et 13 :**

Sans remettre en cause le rapport réalisé par le GIP Ecofor utilisé maintenant comme étant le seul, l'unique document de référence permettant de rédiger les messages clés à l'attention des décideurs sur l'évaluation des écosystèmes forestiers français et leurs services, nous souhaitons exprimer le fait que ce rapport a omis (et nous en assumons une part de responsabilité ayant participé à sa rédaction) des sujets importants concernant cette évaluation. Je n'en citerai que deux : le sujet de la faune des grands animaux et celui concernant les documents de gestion.

Pour revenir sur notre remarque concernant le message 5 nous exprimons un très fort désaccord sur ce message, d'autant qu'au cours de la discussion nous avons convenu de le compléter par une insertion sur ce sujet dans un autre message et que cela n'a pas été fait.

Nous considérons que l'augmentation des populations de grands ongulés est véritablement considérable (données scientifiques de l'ONCFS sur les plans de chasse attribués et sur l'aire de répartition de ces animaux sur le territoire métropolitain, ainsi que sur la présence simultanée sur un même territoire non plus de une mais de trois voir quatre de ces espèces, rapport de l'observatoire des galliformes (OGM) sur les causes possibles de régression de ces animaux, mise en place de suivi d'enclos d'observation de la diversité botanique).

Cette augmentation a des conséquences non seulement sur des forêts de production perturbant la production de bois de qualité, ce qui semble n'avoir aucune importance dans les messages clés à l'attention des décideurs en matière d'évaluation des écosystèmes forestiers français et de leurs services dans le cadre de la démarche conduite dans EFES, mais aussi sur la diversité botanique et faunistique par la disparition d'essences et d'espèces qui peuvent être des habitats potentiels de la biodiversité.

Je mentionnerai pour mémoire au décideur l'article 425-4 du code de l'environnement qui précise ce qu'est l'équilibre sylvo-cynégétique. Il semble que le message clé parlant de ce sujet devrait au moins le mentionner.

Dans le message 13 la mention au Parc national des forêts de Champagne et Bourgogne nous paraît incongrue dans un message porté aux décideurs tant que ce parc n'a pas une réalité formelle en termes administratifs. Nous émettons donc une réserve forte sur le fait de mentionner ce territoire en similitude avec les surfaces forestières qui font déjà l'objet de protections réglementaires fortes.

*Luc Bouvarel, Fédération Fransylva*

# Introduction

La biodiversité réunit le vivant dans toute sa complexité et sa variété. Elle est également le support direct ou indirect de nombreux avantages et participe ainsi au bon fonctionnement et à l'équilibre de nos sociétés, de nos systèmes économiques, de notre patrimoine naturel et culturel. Une part importante de ces bénéfices est délivrée par les écosystèmes sous forme de biens et services écosystémiques. La reconnaissance de la valeur correspondante est essentielle pour conforter, préserver, voire restaurer si nécessaire cette biodiversité.

Car, dans le même temps, la biodiversité est vulnérable aux pressions auxquelles elle est soumise, parfois en connaissance de cause mais souvent dans l'ignorance ou la sous-estimation de sa valeur. On assiste alors à la dégradation, voire à la destruction d'habitats naturels et à la réduction, voire à l'extinction locale ou totale d'espèces.

L'Évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques (EFESE) a été mise en place par le Ministère en charge de l'environnement pour appréhender cette contribution des écosystèmes, sa propension à satisfaire les intérêts des populations humaines et la façon dont elle évolue. Elle vise également à faciliter et améliorer la prise en compte à tous les niveaux de l'impact des décisions sur les écosystèmes et la biodiversité. Elle permet en outre à la France de vérifier le respect de ses engagements dans le cadre de la Stratégie européenne pour la biodiversité ainsi que l'atteinte de ses objectifs internationaux vis-à-vis de la Convention pour la diversité biologique (CDB). Elle constitue également une contribution aux travaux de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) et du groupe de travail européen MAES (Mapping and assessment of ecosystems and their services).

L'EFESE s'étend à tous les écosystèmes terrestres et marins de France métropolitaine et des Outre-mer. Ceux-ci ont été décomposés en six grands types nationaux mais cohérents avec le projet européen MAES :



La présente étude traite des écosystèmes forestiers. En dépit de la contribution majeure des forêts ultramarines à la préservation de la biodiversité, elle porte principalement sur la Métropole. En effet, au moment de l'étude, il existait des informations sur l'Outre-mer qui n'étaient cependant pas structurées aussi fortement qu'elles le sont pour la Métropole à laquelle ont été restreints jusqu'à présent des dispositifs tels que l'inventaire forestier conduit par l'IGN. Parallèlement, s'engageait, à l'initiative du GIP Ecofor et sous l'égide du ministère chargé de l'agriculture, l'élaboration d'indicateurs de gestion durable des forêts françaises ultramarines dont la disponibilité et l'amélioration progressive permettront à terme de compléter l'évaluation pour l'Outre-mer. En attendant ces compléments, quelques insertions relatives aux territoires ultramarins ont été réalisées de manière à souligner l'importance de ceux-ci pour le domaine traité.

La première partie de l'étude présente le périmètre, la composition, le fonctionnement, l'état et l'évolution des écosystèmes forestiers (chapitres 1 à 5), ainsi que les pressions qui s'exercent sur eux (chapitre 6). La deuxième partie évalue, sous formes biophysique et socioéconomique, de façon approfondie ou plus sommaire, une dizaine de services écosystémiques de régulation, de fourniture de biens, ou encore culturels (chapitres 7 à 9). Elle présente en outre les éléments marquants du patrimoine naturel dont l'évaluation est hors de portée (chapitre 10). Elle se conclut par une analyse transversale des bouquets de services (chapitre 11) et une discussion des grands enjeux socioéconomiques, politiques et cognitifs relatifs aux écosystèmes forestiers (chapitre 12).

# PARTIE 1

\*\*\*

## Évaluation des écosystèmes forestiers

\*\*\*

---

## **CHAPITRE 1**

### **Définition de l'écosystème forestier**

---

## 1.1 Une définition officielle permettant d'accéder aux informations statistiques sur les forêts

---

1. La forêt est définie au niveau international par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), dans le cadre de l'Évaluation des ressources forestières mondiales (*Forest Resources Assessment – FRA*). Cette définition a été reprise pour le suivi de l'état des forêts en Europe (*Forest Europe*) et adoptée en 2005 par l'inventaire forestier national. Afin d'assurer la cohérence avec ces processus de suivi de l'état des forêts et des ressources forestières menés aux échelles internationale, européenne et nationale, la même définition de la forêt est utilisée dans le cadre de cette étude. Ce choix se justifie également par l'intérêt d'adopter une définition permettant de s'appuyer sur des données préexistantes à l'échelle métropolitaine (inventaire forestier), ce qui constitue un élément essentiel dans le cadre d'un exercice d'évaluation.
2. Sont considérées comme forêts « *les terres occupant une superficie de plus de 0,5 hectare avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 mètres et un couvert arboré de plus de 10 %, ou avec des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ. Cette définition exclut les terres à vocation agricole ou urbaine prédominante* » (FAO, 2012). Les termes « forêt » et « écosystème forestier » sont utilisés de manière synonyme dans la suite du texte.

### **Encadré 1.1 : Notes explicatives accompagnant la définition internationale de la forêt (à partir de FAO, 2012)**

1. La forêt est déterminée tant par la présence d'arbres que par l'absence d'autres utilisations prédominantes des terres. Les arbres doivent être capables d'atteindre une hauteur minimale de 5 mètres *in situ*.
2. Inclut les zones couvertes d'arbres jeunes qui n'ont pas encore atteint, mais devraient atteindre, un couvert arboré de 10% et une hauteur de 5 mètres. Sont incluses également les zones temporairement non boisées en raison de pratiques sylvicoles (coupes) ou par des causes naturelles et dont la régénération est prévue dans les 5 ans. Les conditions locales peuvent, dans des cas exceptionnels, justifier un délai plus long.
3. Inclut les chemins forestiers, les coupe-feu et autres petites clairières ; les forêts dans les parcs nationaux, les réserves naturelles et les autres aires protégées présentant un intérêt environnemental, scientifique, historique, culturel ou spirituel.
4. Inclut les brise-vent, les rideaux-abris et les corridors d'arbres occupant une superficie de plus de 0,5 hectares et une largeur de plus de 20 mètres.
5. Inclut les terres à culture itinérante abandonnées avec des arbres régénérés qui atteignent, ou sont capables d'atteindre, un couvert forestier de 10 pour cent et une hauteur de 5 mètres.
6. Inclut les plantations de chênes-lièges et d'épicéas destinés à la vente comme sapins de Noël.
7. Inclut les zones couvertes de bambouseraies et de palmeraies à condition que l'utilisation de la terre, la hauteur et le couvert arboré soient conformes aux critères établis.
8. Exclut les peuplements d'arbres dans des systèmes de production agricole tels que les plantations d'arbres fruitiers et les systèmes agroforestiers dont les cultures se déroulent sous couvert d'arbres.
09. Exclut les peuplements d'arbres des parcs et jardins.

3. Cette définition officielle de la forêt est donc basée d'une part sur les caractéristiques morphologiques de la formation végétale (taux de couvert, hauteur des arbres, etc.) et d'autre part sur l'utilisation du sol. Ainsi, les terrains boisés dont l'utilisation prédominante du sol est urbaine (parcs et jardins) ou agricole (agroforesterie) ne sont pas considérés comme des écosystèmes

forestiers. Les vergers (à l'exception des châtaigneraies) sont exclus, ainsi que les noyeraies à fruits, les truffières cultivées et les plantations de palmiers à huile. En revanche, les peupleraies, les plantations de chênes-lièges, d'épicéas destinés à être vendus comme sapins de Noël, ainsi que les plantations à très grands espacements (érables, noyers à bois, merisiers, pin pignons, etc.) sont considérées comme des forêts. Les mangroves sont intégrées à condition que la surface minimale, la hauteur et le taux de couvert arboré soient conformes aux critères établis par la définition (Encadré 1).

## 1.2 Un périmètre restreint dans un premier temps à la métropole

---

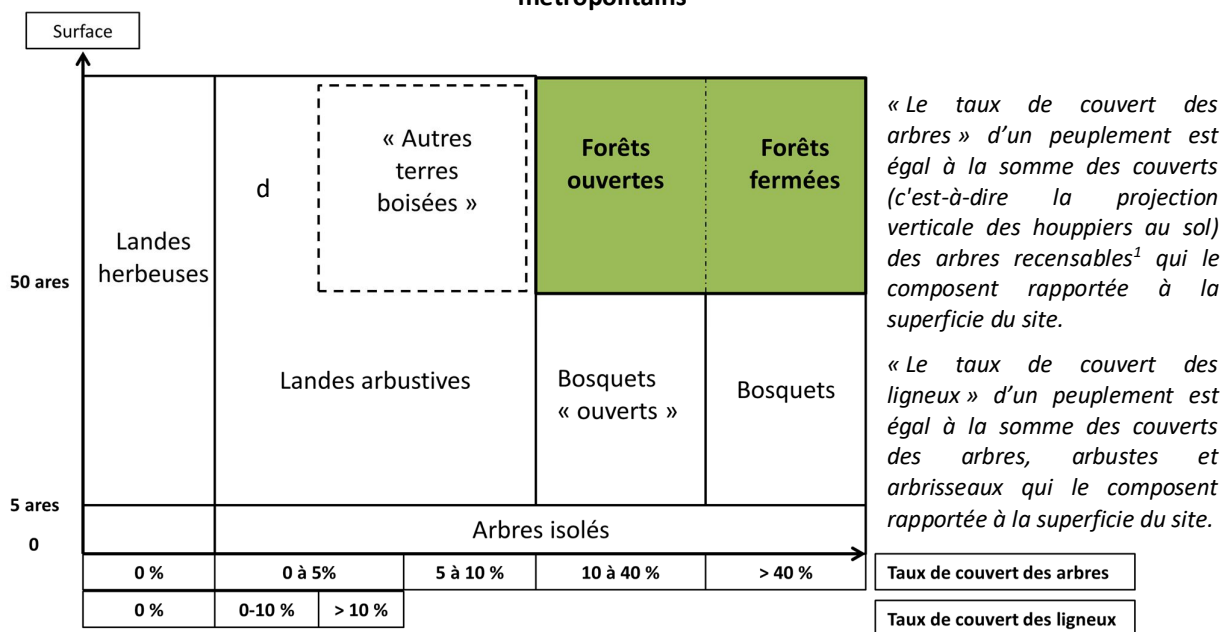
4. Le souhait de couvrir l'ensemble des territoires français, Métropole et Outre-mer, a été clairement exprimé dès le début de l'exercice, à la fois par l'équipe projet et par les parties prenantes, et est établi par le cadre conceptuel de l'EFESE. C'est un objectif affiché et qui fait la spécificité de la France par rapport aux autres pays européens ; néanmoins l'ambition que cela représente en termes d'évaluation dépasse le présent rapport. Les difficultés sont considérables du fait de l'hétérogénéité des territoires et des enjeux, la diversité des écosystèmes concernés (des forêts tropicales aux boréales)-et l'absence de dispositifs d'observation systématique des forêts. Le périmètre de travail a été limité à la forêt métropolitaine, néanmoins l'Encadré 2.5 permet de faire un point sur l'état de la forêt Guyanaise, dont la superficie couvre 8 millions d'hectares (la moitié de la surface des forêts en métropole). Des travaux complémentaires devront être conduits pour étendre la couverture géographique aux autres territoires ultramarins<sup>1</sup>.
5. L'utilisation de la définition officielle de la forêt (§ 1.1) pose un périmètre précis à l'évaluation, incluant de fait l'ensemble des terres répondant à cette définition. La Figure 1 représente ce périmètre de travail selon le taux de couvert par les arbres (supérieur à 10%) et la surface de la formation végétale considérée (supérieure à 50 ares). Le seuil de 10% de taux de couvert est relativement faible : il correspond à des formations possédant des arbres épars, relativement peu représentées en surface en France métropolitaine. Cela conduit à introduire un deuxième seuil (40 %) qui permet de faire la distinction entre des forêts « ouvertes » et forêts « fermées ».

---

<sup>1</sup> Cf. Chapitre 12.3 « Besoins de connaissances et questions de recherche »



**Figure 1.1 : Périmètre de l'Évaluation des écosystèmes et services écosystémiques forestiers métropolitains**



6. Des questions se sont posées concernant les formations boisées (au moins en partie composées de végétaux ligneux) qui ne répondent pas à la définition internationale de la forêt, mais qui d'un point de vue fonctionnel peuvent s'en rapprocher :
- les bosquets (de superficie comprise entre 5 et 50 ares)
  - les landes arbustives, friches, maquis, garrigues, savanes ligneuses, etc. (dont une partie est regroupée officiellement sous l'appellation « autres terres boisées »<sup>2</sup>)
  - les arbres isolés et groupes d'arbres (superficie inférieure à 5 ares)
  - les haies et alignements d'arbres de largeur inférieure à 20 mètres<sup>3</sup>
7. Le groupe de travail souhaitait voir les bosquets et les landes arbustives inclus à l'Évaluation ; les premiers (127 000 hectares) car ils relèvent du code forestier et était inclus dans la surface forestière nationale avant l'adoption par la France de la définition internationale de la forêt (en 2005) ; les deuxièmes car elles représentent des surfaces importantes sur le territoire métropolitain (environ 740 000 hectares pour les landes arbustives de plus de 50 ares, voir §. 2.2) et qu'elles fournissent probablement un certain nombre de services à la société (sylvopastoralisme, cueillette, services de régulation, etc.) dont il est important de tenir compte (cf. Compte-rendu de la Réunion n°2 – Annexe 1). Contraints par la disponibilité de données sur les écosystèmes étudiés (données dendrométriques notamment, qui n'existent que pour les forêts au sens strict), le périmètre a néanmoins été restreint aux seuls écosystèmes forestiers.

<sup>2</sup> Les autres terres boisées sont définies selon la FAO comme les terres occupant une superficie de plus de 0,5 ha avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 m et (i) un couvert arboré compris entre 5 à 10 % ou (ii) un couvert mixte d'arbustes, arbrisseaux et d'arbres supérieur à 10 %.

<sup>3</sup> Les corridors boisés de largeur supérieure à 20 mètres sont considérées comme des forêts.

---

## **CHAPITRE 2**

**Description de l'écosystème (1/2) :  
occupation du sol, en surface et selon la  
catégorie de propriété**

---

## 2.1 Place de la forêt métropolitaine en Europe

8. La forêt métropolitaine occupe une place de premier ordre en Europe. En superficie forestière, la France métropolitaine arrive en 2015 au 4<sup>ème</sup> rang de l'Union Européenne à 28 (environ 17 millions d'hectares de forêts selon Forest Europe, 2015), derrière la Suède (28 millions d'hectares), la Finlande (22 millions d'hectares) et l'Espagne (18 millions d'hectares)<sup>4</sup>. En volume de bois des arbres vivants dans les forêts, la France métropolitaine se positionne au 3<sup>ème</sup> rang (2,9 milliards de m<sup>3</sup> de bois) en Europe après l'Allemagne (3,7 milliards de m<sup>3</sup> de bois) et la Suède (3 milliards de m<sup>3</sup> de bois)<sup>5</sup>.

**Tableau 2.1 : Surface et part de l'occupation du sol pour les forêts et autres terres boisées dans les principaux pays forestiers de l'UE**

	Forêts		Autres terres boisées <sup>6</sup>	
	1000 ha	%	1000 ha	%
<b>Suède</b>	28073	68	2432	6
<b>Finlande</b>	22218	73	801	3
<b>Espagne</b>	18418	37	9209	19
<b>France</b>	16989	31	590	1
<b>Allemagne</b>	11419	33	0	0
<b>Italie</b>	9297	32	1813	6
<b>Pologne</b>	9435	31	0	0
<b>Total UE 28</b>	160931	38	20987	5
<b>Europe géographique</b>	215268	33	35760	6

Source: Forest Europe, 2015

9. En termes de taux de boisement, c'est-à-dire la part du territoire occupée par les forêts, la France se situe dans une situation intermédiaire par rapport au reste de l'Europe (Forest Europe, 2015). Elle se positionne en effet la 17<sup>ème</sup> place dans l'UE à 28, avec près d'un tiers du territoire couvert par les forêts – un chiffre en dessous de la moyenne européenne de 38%. Les pays européens les plus forestiers sont la Finlande (73%), la Suède (68%) et la Slovaquie (62%).

### Encadré 2.1 : La forêt européenne

En 2015, les forêts couvrent en moyenne 38 % des terres de l'Union Européenne à 28, selon les chiffres renseignés par les États dans le cadre de deux processus de suivis des forêts, au niveau paneuropéen (*State of Europe's Forest*, coordonné par la Conférence ministérielle Forest Europe) et au niveau mondial (*Global Forest Resources Assessment*, coordonné par la FAO).

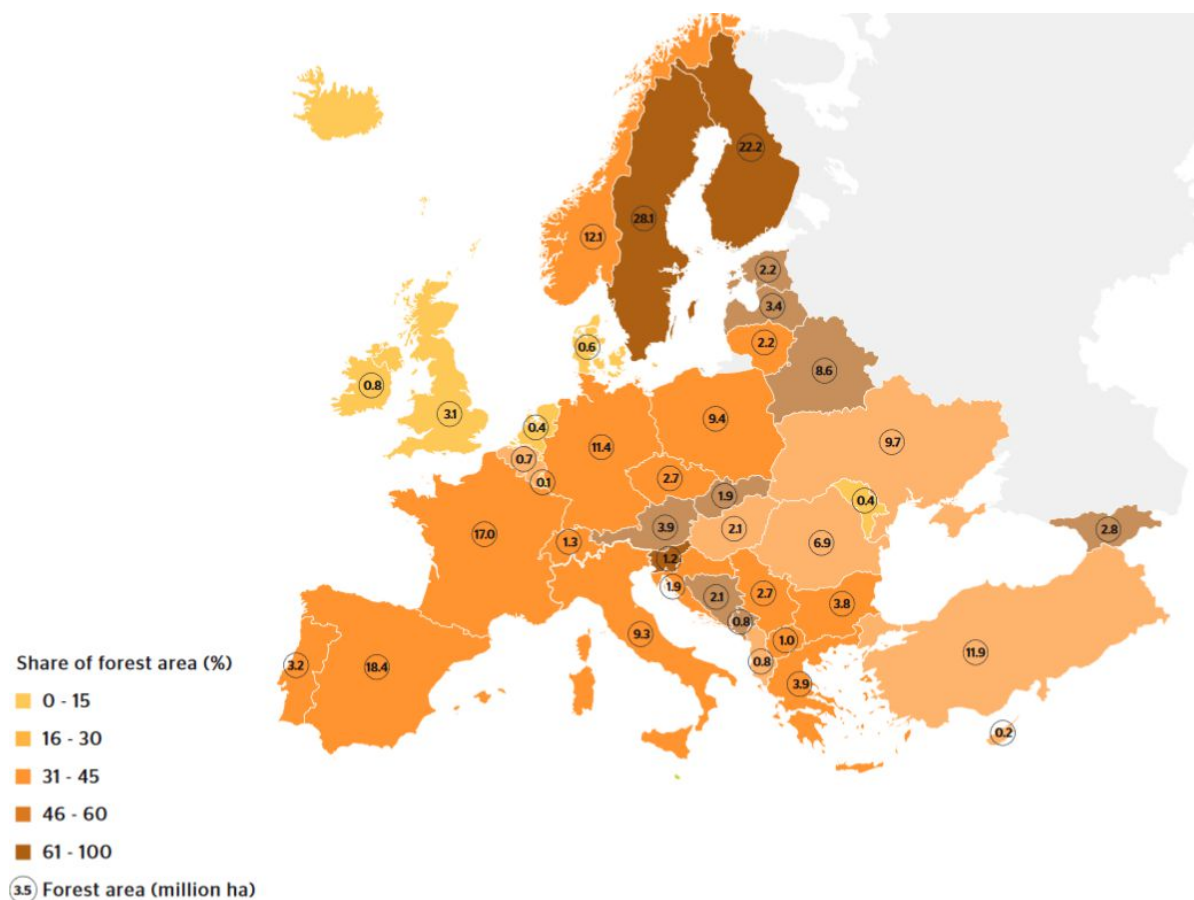
Au total, la surface de forêt dans les pays de l'Union Européenne (à 28) est estimée à 161 millions d'hectares, auxquels s'ajoutent 21 millions d'hectares d'autres terres boisées (landes, friches, etc.).

<sup>4</sup> En incluant les forêts ultramarines françaises (9 millions d'hectares), la France remonte à la deuxième place.

<sup>5</sup> En incluant les forêts ultramarines françaises, la France se situe à la première place en Europe.

<sup>6</sup> Rappel : Les autres terres boisées sont définies selon la FAO comme les terres occupant une superficie de plus de 0,5 ha avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 m et (i) un couvert arboré compris entre 5 à 10 % ou (ii) un couvert mixte d'arbustes, arbrisseaux et d'arbres supérieur à 10 %

Figure 2.1 : Taux de boisement et surfaces forestières dans les pays européens

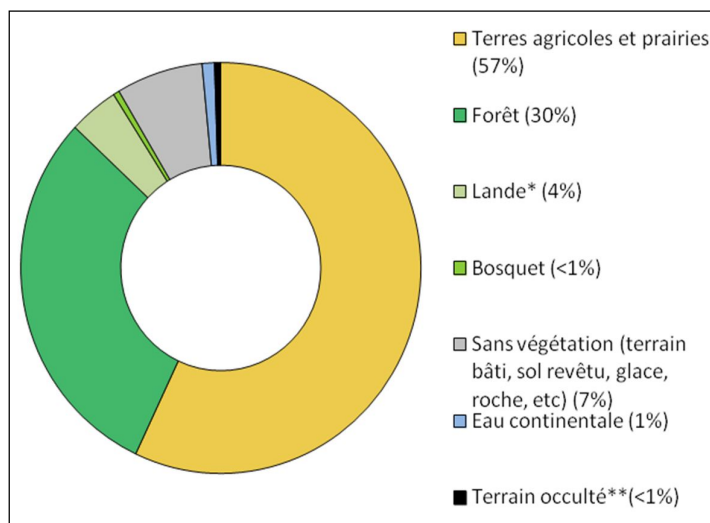


Source : Forest Europe, 2015

## 2.2 La forêt occupe près d'un tiers du territoire métropolitain

10. L'estimation de l'IGN relative aux campagnes d'inventaire forestier 2008 à 2012 fait état de 16,4 millions d'hectares de forêts en France métropolitaine, ce qui permet d'atteindre un taux de boisement de 30% (Figure 2.2). C'est l'occupation du sol la plus importante après l'agriculture (terres agricoles et prairies) qui s'étend sur plus de la moitié des terres. Les « landes », appréhendées ici dans un sens très large (tout terrain non-utilisé ne répondant pas à la définition de la forêt, elles ne sont pas forcément boisées), ne couvrent que 4% du territoire, essentiellement dans la zone méditerranéenne et en montagne.

Figure 2.2 : Occupation du sol en France métropolitaine



Source : IGN, 2016.

\* La lande est ici définie comme une couverture végétale spontanée non utilisée ou utilisée de manière très extensive (pâturages extensifs, friches agricoles, urbaines ou industrielles, roselières, les tourbières, etc.) et où le taux de couvert absolu des arbres est inférieur à 10%.

\*\* Terrains occultés pour des raisons de sécurité nationale

### Encadré 2.2 : Des résultats issus de la phase initiale de photo-interprétation de l'inventaire forestier national

L'inventaire des forêts métropolitaines mis en œuvre par l'IGN commence chaque année par l'interprétation d'images satellites (orthophotographies) de façon à recueillir des informations concernant la couverture du sol et son utilisation. Certains de ces points seront visités sur le terrain dans un second temps, afin de confirmer et compléter les interprétations initiales. Les résultats de ce travail permettent d'obtenir une estimation de la surface du territoire en plusieurs classes d'occupation du sol (cf. Figure 2.2)

## 2.3 Des estimations de surfaces qui varient légèrement selon les sources

11. Les superficies des écosystèmes forestiers en France métropolitaine diffèrent légèrement selon la source d'information, la nomenclature, les définitions adoptées et la date moyenne des résultats disponibles à ce jour. Il existe deux principales sources de données :
  - l'inventaire forestier national, mis en œuvre par l'IGN. La première phase de photo-interprétation permet de recueillir des informations concernant la couverture du sol et son utilisation (cf. Encadré 2.2) ;
  - l'enquête annuelle « Teruti-Lucas » sur l'utilisation du territoire, mise en œuvre par le Service de la statistique et le prospective (SSP) du Ministère de l'agriculture (Maaf), a également pour objet l'étude de l'occupation du territoire. Le protocole de l'enquête, similaire à celui utilisé par l'IGN, repose sur l'association de photographies aériennes constituant la base de sondage et de relevés de terrain effectués par des enquêteurs.
12. Les définitions utilisées dans les deux enquêtes pour caractériser les grands types de formations végétales ne sont pas identiques (cf. Annexe 2). Elles sont sensiblement les mêmes pour les peuplements forestiers. Pour les bosquets, l'inventaire forestier national ne comptabilise que ceux avec plus de 40% de couvert par les arbres. Les définitions des « landes, friches, maquis, garrigue » (Teruti-Lucas) et des « autres terres boisées » (inventaire forestier national) sont assez éloignées, ce qui explique une partie de la différence de surface constatée entre ces deux catégories. Une autre forte source de différence est liée à la surface observée par le dispositif statistique : un point de 7 m<sup>2</sup>

au sein d'un cercle de 40 m<sup>2</sup> pour Teruti-Lucas ou une placette de 25 m de rayon (environ 2000 m<sup>2</sup>) pour l'inventaire forestier national<sup>7</sup>.

**Tableau 2.2 : Superficie des écosystèmes boisés en France métropolitaine en milliers d'hectares**

Enquête Utilisation du Territoire de 2010 (Agreste, Teruti-Lucas)		1 000 ha
Forêt		15137
<i>Taux de boisement</i>		28 %
Landes, friches, maquis, garrigues, savanes		2499
Bosquets		882
<b>Total couverture boisée</b>		<b>18518</b>
Inventaire forestier national –campagnes d'inventaire 2008 à 2012 <sup>8</sup> (IGN)		1 000 ha
Forêt	Forêts inventoriées ou forêts de production	15607
	Autres forêts	811
	<b>Total Forêts métropolitaines</b>	<b>16418</b>
	<i>Taux de boisement</i>	30 %
Landes arbustives (surface minimale comptabilisée 50 ares)		739
Bosquets		127
<b>Total couverture boisée</b>		<b>17284</b>

13. Par la suite, nous utiliserons uniquement les données de l'IGN en prenant pour référence les campagnes d'inventaire 2008 à 2012, de même que dans l'édition 2015 des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines (cf. Encadré 2.3). Parmi l'ensemble des forêts métropolitaines, l'IGN distingue deux grandes catégories : les « forêts de production » et les « autres forêts ».
- La « forêt de production » (95 % des surfaces) est définie comme une forêt où la production de bois est possible, sans qu'une autre utilisation ou que les conditions physiques ne viennent en empêcher l'exploitation (mais sans aucune considération de rentabilité économique). L'utilisation de ces termes consacrés par l'inventaire forestier ne signifie pas que le peuplement forestier est effectivement exploité.
  - « L'autre forêt » (5% des surfaces), celle qui n'est pas disponible pour la production de bois, regroupe principalement des terrains inaccessibles (terrains très accidentés en montagne, falaises, zones interdites d'accès, etc.).

#### **Encadré 2.3 : les indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines**

Des indicateurs de gestion durable des forêts françaises sont publiés tous les cinq ans depuis 1995 par le ministère de l'agriculture et l'Institut national de l'information géographique et forestière. Cette série de publications constitue l'amorce d'un suivi continu des forêts selon six grands critères définis au niveau paneuropéen dans le qui portent sur (1) les ressources forestières en bois et carbone, (2) la santé et la vitalité des écosystèmes forestiers, (3) les fonctions de production des forêts, (4) la diversité biologique des écosystèmes forestiers, (5) les fonctions de protection des eaux et des sols, (6) les bénéfices et conditions socio-économiques.

L'édition 2015 des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines a été publiée récemment (Maaf-IGN, 2016).

<sup>7</sup> Exemple de divergence : 3 petits groupes d'arbres sur une placette de 25 m de rayon vont être observés dans leur globalité et identifiés comme forêt ouverte par l'inventaire forestier national, alors qu'inventoriés par Teruti-Lucas, ils pourront être notés comme bosquets.

<sup>8</sup> Les valeurs se calculent en moyenne sur les données de 5 campagnes d'inventaires.

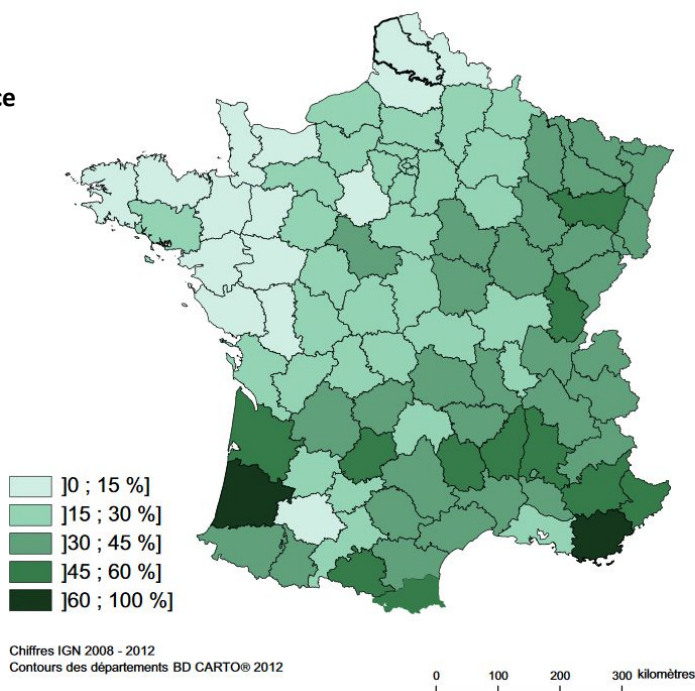
- Dans le cadre de l'inventaire forestier national, seules les forêts dites « de production » font l'objet de mesures (relevés dendrométriques notamment) et observations sur le terrain par les agents. Il serait, à terme, intéressant de disposer d'informations sur les « autres forêts » et dans la mesure du possible d'étendre le dispositif d'inventaire à ces forêts afin de compléter notre connaissance des forêts métropolitaines, de leur fonctionnement écologique et des bénéfices que la société en retire.

## 2.4 Une répartition hétérogène des forêts sur le territoire

---

- La forêt métropolitaine occupe 30% du territoire mais elle n'est pas répartie de manière homogène : elle est principalement localisée dans la moitié sud et la partie est du pays. La carte (Figure 2.3) met en évidence ces disparités territoriales avec des taux de boisement par département qui s'étalent de 5% pour la Manche à 67% pour la Corse du Sud (Maaf, IGN, 2016). Ainsi, les régions de montagne apparaissent particulièrement boisées (Vosges, Jura, Alpes, Pyrénées) et le massif forestier des Landes de Gascogne (le plus grand de France, sur les départements des Landes et de la Gironde) est bien visible. A l'inverse, le quart nord-ouest du territoire est moins forestier et plus agricole.
- Ces variations spatiales de l'occupation du sol par les forêts peuvent être expliquées par divers facteurs qui seront abordés dans les prochains chapitres, notamment la présence de reliefs (généralement peu favorables à une exploitation agricole des terres ce qui entraîne une extension plus forte des forêts), la nature des propriétés forestières (privées ou publiques) ou la prégnance de l'agriculture (liée également au relief et à la richesse des sols) (Maaf, IGN, 2016).

**Figure 2.3 : Taux de boisement par département en France métropolitaine**



Source : Maaf, IGN, 2016

## 2.5 Des unités de gestion qui varient selon la catégorie de propriété

---

17. En première approche, on peut distinguer en France trois grandes catégories de propriétés forestières (Peyron, 1997) :
- les forêts domaniales, appartenant à l'État et soumises par le Code Forestier à un régime particulier (dit « régime forestier »);
  - les autres forêts publiques soumises en droit à ce même régime forestier : elles appartiennent généralement à des communes (forêts communales) ou sections de communes (forêts sectionales) mais aussi à d'autres collectivités locales (département, région, etc.) ou à des établissements publics;
  - les forêts non soumises au régime forestier, généralement assimilée à la forêt privée. Cela comprend la forêt appartenant aux personnes physiques et morales privées et aux organismes publics hors régime forestier.
18. En France métropolitaine, trois-quarts de la superficie forestière. La forêt publique est répartie entre les forêts domaniales (9%) et les autres forêts publiques (16%), essentiellement communales (cf. Tableau 2.3).

**Tableau 2.3 : Répartition des forêts françaises métropolitaines par catégories de propriété**

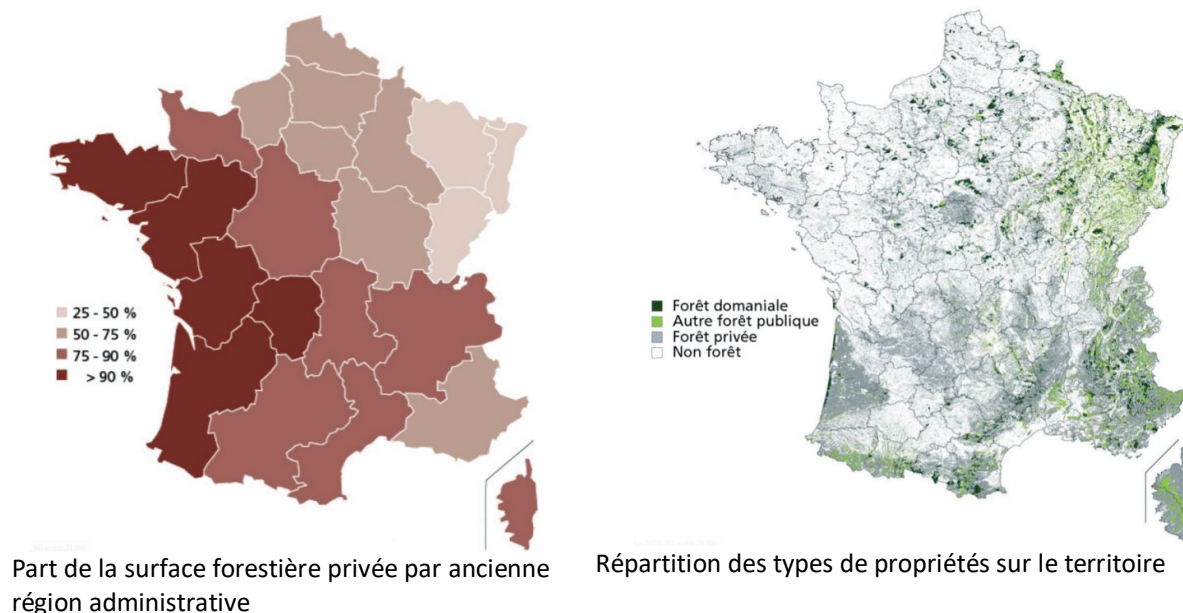
Catégorie de propriété	Surface de forêt de production (millions d'ha)	% de la forêt de production
Forêts domaniales	1.5	9
Autre forêts publiques	2.6	16
Forêts privées	12.4	75

Source : IGN – Données des campagnes d'inventaire 2008 à 2012

19. Le ratio forêt privée - forêt publique varie fortement d'une région à l'autre (Figure). La forêt privée est majoritaire partout en France sauf dans le Nord-est du territoire (Alsace : 27 %, Lorraine : 37 % et Franche-Comté : 47 %). Dans l'ouest, la part de la forêt privée est nettement plus élevée que la moyenne nationale et dépasse même 90 % pour les régions Pays de la Loire, Poitou-Charentes, Aquitaine, Bretagne et Limousin. À l'inverse, les forêts domaniales sont bien représentées dans le grand quart Nord-est de la France. Les forêts communales et autres forêts publiques non domaniales sont particulièrement importantes dans l'Est (Alsace, Lorraine, Bourgogne, Franche-Comté, etc.) et rares dans l'Ouest. Cette répartition s'explique en partie par des raisons historiques. L'Est de la France, déjà très boisé au moment de la Révolution Française, avait, surtout en Alsace, Lorraine et Franche-Comté, des forêts seigneuriales où les locaux possédaient de nombreux droits pour récolter le bois (région assez froide). À la Révolution, ces forêts sont passées facilement aux communes tandis qu'ailleurs les forêts, une fois expropriées, sont restées dans le domaine privé de l'État (forêts domaniales). Idem pour les forêts spoliées par les révolutionnaires aux abbayes. L'ouest du territoire était peu boisé à l'époque, et les nouveaux boisements ayant émergés depuis lors sont essentiellement privés. Par ailleurs, certaines forêts royales ont vu les droits d'usage des populations locales cantonnés à certaines zones devenues communales et exclus, en compensation, des parties restées domaniales.



Figure 2.4 : Répartition de la propriété forestière



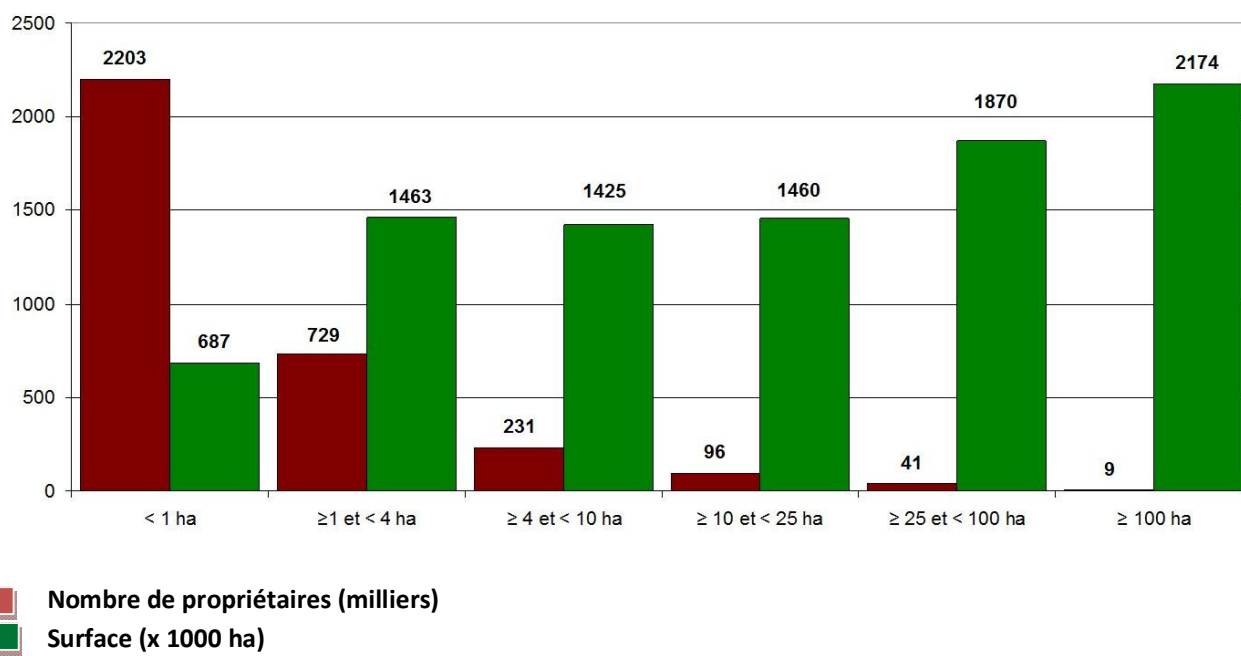
Source : IGN, 2013 (à partir des campagnes d'inventaire 2008 à 2012)

20. **Les propriétés forestières privées sont très nombreuses et généralement de petite taille.** Elles sont réparties entre une multitude de propriétaires, selon la structure présentée dans le tableau suivant. Environ 3.3 millions de propriétaires forestiers sont recensés dans le cadastre de 2009. La surface moyenne d'une propriété est un peu inférieure à 3 hectares. Les deux-tiers des propriétaires possèdent moins de 1 hectare de terrain – soit 2.2 millions de très petites propriétés qui occupent 8 % de la surface de forêts privées (cf. Tableau 2.4).

Tableau 2.4 : Structure de la forêt privée

Surface de l'unité de gestion	Nombre de propriétaires (milliers)	% du total	Surface (x 1000 ha)	% du total
< 1 ha	2203	67	687	8
1 à 4 ha	729	22	1463	16
4 à 10 ha	231	7	1425	16
10 à 25 ha	96	3	1460	16
sous-total	3260	99	5035	56
25 à 100 ha	41	1	1870	20
+ de 100	9	ε	2174	24
<b>Total</b>	<b>3310</b>	<b>100</b>	<b>9079</b>	<b>100</b>

Source : Données du fichier cadastral du CNPF, 2009 (contribution à l'EFESE ; une partie des forêts qui ne sont ni soumises au régime forestier ni privées échappent à l'analyse)



Source : CNPF, 2014 (contribution à l'EFESE)

21. Une enquête réalisée en 2012 par Agreste, le service statistique du Ministère chargé de l'agriculture et de la forêt, s'est également intéressée à la structure de la forêt privée<sup>9</sup>. Elle fait état de 5,2 millions d'ensembles boisés d'un seul tenant d'une surface moyenne de 1,8 hectare (Agreste, 2013). Ce fractionnement observé en 2012 est globalement équivalent à celui de 1999. Ces chiffres traduisent le grand morcellement de la propriété forestière privée, pouvant être considéré comme un handicap dans la mise en valeur économique des parcelles. Selon cette enquête, les propriétaires sont essentiellement des personnes physiques (94 % des propriétaires et 75 % des surfaces). Pour beaucoup ce sont des retraités et des agriculteurs. Les autres propriétaires (6 % des propriétaires et 25 % des surfaces) sont des personnes morales, principalement des sociétés civiles immobilières (groupement foncier, groupement forestier ou rural...). Le plus souvent, les propriétaires habitent à proximité de leur forêt : leur résidence principale ou secondaire est située à moins d'une heure de transport pour 89 % d'entre eux.
22. **Les unités de gestion sont de taille variable et généralement plus importantes en forêt publique.** Ces dernières relevant du régime forestier sont gérées par l'Office national des forêts (ONF), établissement public à caractère industriel et commercial. Au total, l'ONF gère environ 17 000 unités forestières différentes, dont la taille moyenne varie considérablement selon qu'il s'agit d'une forêt domaniale (taille moyenne : 1 316 ha) ou d'une autre forêt publique (cf. Tableau 2.5 ; taille moyenne des forêts des collectivités et intercommunalités : 187 ha). Les forêts domaniales comptent également 15 grands massifs de plus de 10 000 ha, dont le plus étendu est la forêt domaniale d'Orléans avec près de 35 000 ha. Les forêts de l'Etat possèdent des origines diverses (Lafouge & Monomakkoff, cités par Peyron, 1997) : forêts du domaine royal (39 %) et des abbayes (19 %) confisquées à la Révolution, acquisitions réalisées pour la protection du littoral dunaire (4 %) ou des terrains de montagne (22 %), autres forêts acquises à des titres divers (16 %).

<sup>9</sup> Champ de l'enquête : Propriétés forestières privées de 1 hectare et plus.

**Tableau 2.5 : nombre de propriétés et surface des forêts publiques**

Type de propriété	Surface (x 1000 ha)	%	Nombre d'unités de gestion	Taille moyenne d'une unité (ha)
Forêts domaniales	1707	33	1297	1316
Terrains domaniaux affectés <sup>10</sup>	80	2	70	1143
Collectivités et intercommunalités	2861	55	15246	187
Etablissements publics hors collectivités	561	11	469	1196
<b>Total</b>	<b>5209</b>	<b>100</b>	<b>17082</b>	<b>305</b>

Source : ONF, 2014 (contribution à l'EFESE)

## 2.6 Une gestion forestière encadrée

23. Cumulant les effets des législations successives, dont certaines d'origine ancienne (cf. Encadré 2.4), la réglementation actuelle limite drastiquement les défrichements, soumet les forêts publiques à un régime protecteur particulier (le régime forestier) et certains boisés publics ou privés à des statuts de protection visant soit la biodiversité, soit les paysages et éléments naturels (Galochet, 2006)<sup>11</sup>. Elle promeut également la gestion durable des forêts (définie par le Code forestier) et propose des documents de gestion durable approuvés par la puissance publique qui valent garantie de gestion durable (Loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt du 13 octobre 2014). De manière générale ces documents visent l'identification des enjeux écologiques, économiques et sociaux propres à chaque forêt ainsi qu'une programmation adaptée des coupes et travaux sylvicoles sur une période plus ou moins longue (10 ans minimum). Cette démarche d'analyse et de planification est obligatoire pour toutes les forêts publiques et pour les forêts privées de plus de 25 ha. Près de la moitié des forêts disponibles pour la production (soit 7,5 millions d'hectares en 2014) sont ainsi soumises à document de gestion durable approuvé (Maaf, IGN, 2016, indicateur 3.5).
24. En forêt privée, il existe trois types de documents de gestion durable dont l'agrément relève de la mission du Centre national de la propriété forestière (CNPFF)<sup>12</sup>. Ils doivent être conformes à différents textes réglementaires, en particulier le Code forestier, ainsi qu'au Schéma Régional de Gestion Sylvicole (document cadre proposant des orientations en fonction du contexte local). Selon les chiffres communiqués par le CNPFF pour l'EFESE, 31.4 % de la surface forestière privée (soit 3.6 millions d'hectares) est couverte par un document de gestion durable (obligatoire ou volontaire) en 2016. La progression observée ces 5 dernières années est de l'ordre de 50 000 ha supplémentaire par an<sup>13</sup>.

<sup>10</sup> Ce sont principalement des terrains militaires

<sup>11</sup> Ces statuts de protection seront abordés plus spécifiquement au chapitre 10 dédié au patrimoine naturel forestier.

<sup>12</sup> Le plan simple de gestion durable (PSG) est un document d'aménagement obligatoire pour les propriétés de plus de 25 ha et volontaire entre 10 et 25 ha ; le Code de Bonnes Pratiques Sylvicoles (CBPS) est un ensemble de recommandations de gestion qui émanent du CNPFF et auxquelles les petits propriétaires (surface < 25 ha) peuvent adhérer volontairement pour une durée de 10 ans ; enfin le Règlement Type de Gestion (RTG) est proposé par certains experts et coopératives forestières aux propriétaires dont ils gèrent les biens.

<sup>13</sup> Ces chiffres sont source CNPFF et prennent en compte les trois types de documents (PSG, RTG, CPPS)

25. En forêt publique, les *aménagements* représentent le fondement de l'activité de l'Office national des forêts (ONF) en tant que gestionnaire. Ils intègrent la politique forestière nationale, les orientations régionales, les demandes des propriétaires et du public, ainsi qu'une connaissance détaillée des caractéristiques biophysiques de chaque forêt. La surface couverte progresse de manière continue depuis dix ans (de l'ordre de 4000 ha/an) et couvre 95 % des terrains relevant du régime forestier en 2014 (soit 4.4 millions d'hectares) (Maaf, IGN, 2016, Indicateur 3.5).
26. Des démarches territoriales permettent également de mettre en œuvre une gestion durable des forêts dans le cadre soit de plans de développement de massifs, soit de chartes forestières de territoires. Elles couvrent à elles deux 42% des surfaces forestières disponibles pour la production (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.1.1).
27. Enfin, des démarches volontaires de certification de la gestion forestière et de ses produits<sup>14</sup> se sont largement développées depuis les années 1990 et couvrent désormais 36 % des surfaces disponibles pour la production (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.1.3).

#### **Encadré 2.4 : La gestion forestière a été encadrée de longue date en France (Galochet, 2006)**

L'expansion démographique et l'élévation du niveau de vie intervenues au Moyen Âge ont pesé sur les surfaces boisées qui ont été converties à des fins agricoles ou exploitées pour leur bois. En se raréfiant, les ressources forestières ont gagné en intérêt et dû être protégées : les Maîtres des Eaux et Forêts (ordonnance de Philippe IV le Bel, 1291) ont d'abord eu en charge cette protection, et les ordonnances royales successives ont intégré cet enjeu à la gestion.

La pression sur les forêts s'est ensuite allégée au 19<sup>ème</sup> siècle avec le développement des énergies fossiles venant se substituer au bois, l'exode rural, les gains de productivité agricole, l'émergence du naturalisme et les progrès forestiers. Ces derniers sont marqués par une complémentarité entre prescriptions réglementaires et sylvicoles qui se concrétise, entre autres, par la concomitance entre l'élaboration du code forestier de 1827, la création de l'école forestière de Nancy en 1824/25 et le développement de la planification forestière dite aménagement forestier (Galochet, 2006).

La gestion forestière a poursuivi son développement pour se structurer au cours des dernières décennies autour d'une vision équilibrée intégrant aspects économiques, écologiques et sociaux dans leur contexte territorial et s'évaluant sur la base de critères et indicateurs paneuropéens de gestion durable des forêts (Barthod et al., 2001).

---

<sup>14</sup> Il existe deux systèmes de certification : PEFC (Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes) et FSC (Forest Stewardship Council).

## **Encadré 2.5 : La forêt tropicale de Guyane, un massif exceptionnel par sa taille, sa biodiversité et les services qu'elle rend à la société**

La superficie de près de 8,4 millions d'hectares fait de la Guyane le principal territoire de l'outre-mer français et l'une des deux plus grandes régions françaises<sup>1</sup> avec la Nouvelle Aquitaine. C'est aussi la région française la moins densément peuplée (trois habitants au kilomètre carré), avec une population concentrée à 80 % le long d'une bande côtière bordée par l'Océan Atlantique. Cette réalité n'est évidemment pas sans conséquences sur la physionomie du territoire, son caractère naturel, son taux de boisement exceptionnellement élevé et la richesse de sa biodiversité.

Située entre 2 et 6° de latitude nord (et entre 52 et 54° de longitude ouest) ainsi qu'à proximité de l'océan atlantique, la Guyane (frange littorale mise à part) est incluse dans le plateau des Guyanes qui s'étend sur six pays (Colombie, Venezuela, Guyana, Suriname, Guyane, Brésil) entre les bassins de l'Orénoque, au nord, et, au sud, celui de l'Amazone et d'un de ses affluents, le Rio Negro. Elle possède un climat équatorial humide caractérisé par deux saisons sèches alternant avec deux saisons des pluies. La pluviométrie annuelle est très élevée, variant de 2 000 millimètres par an (au sud et à l'extrême nord) à plus de 4 000 millimètres par an (à l'est) (Barret, 2001).

- **Huit millions d'hectares de forêts hébergeant une grande biodiversité**

La Guyane est incontestablement la plus grande région forestière française par la superficie de ses espaces boisés : huit millions d'hectares, soit la moitié de la surface des forêts de Métropole pour un volume de bois des arbres vivants équivalent (plus 2 milliards de mètres cubes bois fort tige). Avec un taux de boisement de 97% et un statut foncier quasi exclusivement public, ce massif forestier n'est ni fragmenté, ni morcelé. La forêt guyanaise est principalement répartie en trois grands ensembles publics : le Domaine forestier permanent (29%), le cœur du Parc amazonien de Guyane (25%) et les autres propriétés du domaine privé de l'Etat voire du domaine public (45%). Plus de la moitié des surfaces de la forêt guyanaise participent à la conservation de la biodiversité (30%) et des paysages (24%), ce qui est considérable<sup>2</sup> (Ecofor-Maaf, sous presse).

Les forêts ombrophiles sempervirentes tropicales abritent une grande biodiversité. La liste des espèces d'arbres de la Guyane française comprend environ 1600 espèces ligneuses susceptibles d'atteindre 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine. Cependant, toutes les espèces présentes n'ont pas encore été identifiées et cette liste s'est étoffée de 400 espèces en une vingtaine d'années. Ensuite, quelques-unes de ces espèces sont très dominantes tandis que toutes les autres sont extrêmement rares. Enfin, la richesse spécifique est très variable d'un endroit à l'autre, dans le temps, selon la dynamique locale et la physiologie de certaines essences : sur un hectare de relevé, elle peut atteindre 210 espèces mais ne dépasse pas 90 dans les formations à *Spirotropis longifolia* et 10 dans les mangroves. Les espèces d'arbres présentes en Guyane sont indigènes du fait de la faible surface plantée (pas plus d'un dix millièmes de la surface) et des expérimentations récentes privilégiant les essences indigènes aux espèces introduites qui sont principalement le pin des Caraïbes, le mahogany, l'hévéa et l'acacia.

Sans préjuger des évolutions possibles à l'avenir dans le cadre des changements climatiques, l'état de santé de la forêt guyanaise peut actuellement être considéré comme satisfaisant. Les phénomènes biotiques se manifestent essentiellement dans le cadre du fonctionnement normal des écosystèmes et les événements météorologiques extrêmes n'affectent guère que localement certains massifs forestiers intérieurs (vents violents) ou côtiers (houles de grande amplitude). Les feux de forêts sont peu fréquents et limités dans leur extension. On compte une douzaine d'espèces exotiques envahissantes : celles-ci touchent surtout des formations ouvertes (savanes) mais très peu les formations forestières denses qu'elles ne parviennent pas à pénétrer. Ce sont finalement les impacts de l'exploitation forestière qui font l'objet de la surveillance la plus étroite. Cette exploitation du bois a porté, au cours des 25 dernières années (1990-2015) sur moins de 4% des surfaces de la forêt guyanaise et sur quelques essences forestières principalement.

<sup>1</sup> En vertu de la loi constitutionnelle de 2003, la Guyane est un département et une région d'outre-mer (DROM). Après le référendum de 2010 et les élections régionales de 2015, elle est devenue une collectivité unique administrée par l'Assemblée de Guyane.

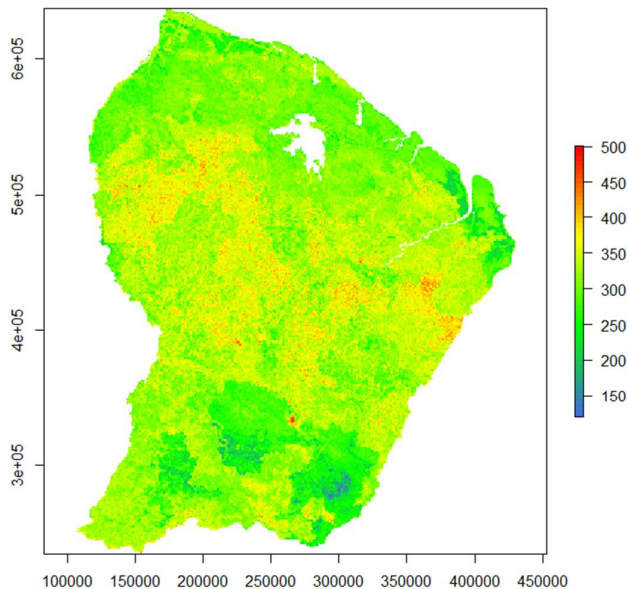
<sup>2</sup> La création du Parc Amazonien de Guyane en 2007 a considérablement changé la donne dans la mesure où, avec 25% de la forêt guyanaise, il couvre cinq sixièmes des aires protégées au titre de la biodiversité.

Le taux de boisement s'est néanmoins légèrement réduit (de 1%) depuis 1990. Les déterminants de cette réduction sont essentiellement liés à la croissance démographique et aux objectifs de développement économique qui nécessitent des progrès en matière d'autosuffisance alimentaire et énergétique. Dans les années 1990, la mise en eau du barrage hydroélectrique de Petit Saut a correspondu à un pic conjoncturel de déforestation. L'orpaillage reste une cause de défrichement qui apparaît mieux maîtrisée depuis la fin des années 2000.

- **Le massif forestier Guyanais fournit une grande diversité de services écosystémiques, dont le suivi doit encore être renforcé**

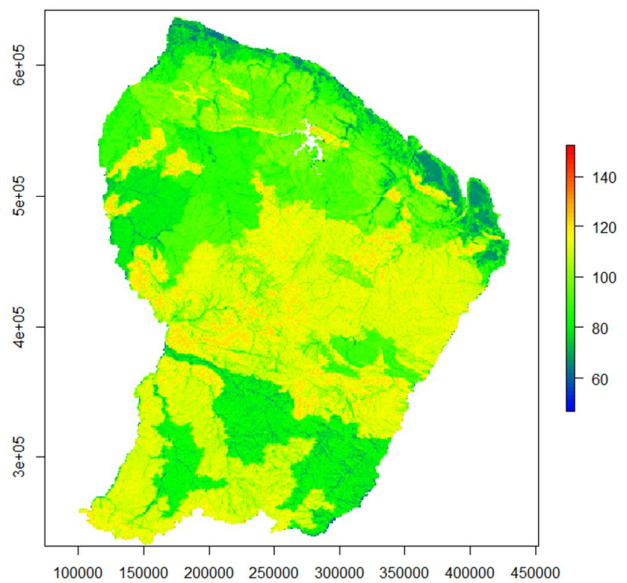
La séquestration importante de carbone dans la biomasse et dans les sols forestiers guyanais contribue à la **régulation du climat global**. Le stock de carbone dans la biomasse et le sol (plus de 2 milliards de tonnes de carbone) est équivalent à celui de la forêt métropolitaine. Son évolution est encore mal appréhendée du fait de l'insuffisance des inventaires qui ne permet pas de faire des comparaisons dans le temps : tout en se réduisant avec les surfaces boisées, il augmente probablement en moyenne à l'hectare sans qu'on sache ni de combien ni si ce dernier phénomène compense totalement le premier (Ecofor-Maaf, sous presse). On observe évidemment des variations selon les types d'habitats : le volume des arbres vivants et le stock de carbone dans la biomasse et les sols s'avèrent en moyenne plus importants sur les montagnes et plateaux que dans les plaines côtières et dépressions (Figures 2.5 et 2.6).

**Figure 2.5 : Répartition de la biomasse arienne**



Biomasse aérienne des arbres de diamètre supérieur à 17,5 cm à hauteur de poitrine. Échelle de la carte en tonnes de matière sèche à l'hectare (1 t ms/ha = 0,475 tC/ha)  
Source : Fayad et al., 2016

**Figure 2.6 Répartition du carbone des sols**



Quantité de carbone des sols sur la profondeur 0-100 cm. Échelle de la carte en tonnes de carbone à l'hectare (t C/ha).  
Source : Guitet, 2015 (in : Ecofor-Maaf, 2018).

D'autre part, par évapotranspiration, le massif amazonien - auquel participe la forêt guyanaise - joue vraisemblablement un rôle clé sur la formation du climat régional, lui-même nécessaire à son existence. En effet, différentes études scientifiques conduites à l'échelle régionale montrent que la déforestation modifie le régime des précipitations, accentuant les sécheresses et leurs effets (mortalité accrue des arbres et plus grande sensibilité au feu). La pluviométrie conditionne en outre la dynamique des grands fleuves (cycles des crues et étiages), dont les effets sont structurants pour les paysages de cette région. Certains auteurs mettent en évidence, sous l'impulsion combinée de la déforestation de la forêt amazonienne et du changement climatique, un « basculement » climatique régional conduisant à une dégradation généralisée des écosystèmes amazoniens, avec des impacts en cascade sur la biodiversité et les services écosystémiques (Leadley P., 2014).

**Les multiples services rendus par les mangroves**, notamment du point de vue de la **régulation des risques** naturels, sont relativement bien documentés. Ces formations forestières sont composées principalement de palétuviers et couvrent entre 55 000 et 70 000 ha selon les estimations, sur le littoral (long de 320 km) et le long des estuaires. Elles constituent une barrière naturelle physique contre la houle et le vent (en particulier lors des ouragans et tempête) et protègent les côtes de l'érosion. En outre, elles piègent les sédiments ruisselant des hautes terres et régulent de ce fait **la qualité des eaux** (diminution de la turbidité des eaux sortantes), permettant aux herbiers et coraux situés en aval d'exister (Roussel *et al*, 2009). Elles abritent de nombreux habitats d'intérêt communautaire et accueillent une faune très diversifiée (reptiles, amphibiens, mollusques, crustacés, poissons, oiseaux...) qui vient s'y reproduire (frayères à poissons, zones de ponte des tortues, *etc.*) ou se nourrir (hivernage des limicoles dans les vasières).

De manière générale, la forêt guyanaise recèle des ressources dont la société tire profit (bois, produits végétaux aux usages nombreux, gibiers, molécules pour l'industrie pharmaceutique). **L'exploitation du bois** porte principalement sur quelques essences forestières : l'angélique (*Dicorynia guianensis*) représente 60% de la récolte ; les gonfolos (*Qualea rosea*, *Ruizterania albiflora*) et le grignon franc (*Sextonia rubra*) apportent 20% supplémentaires ; il reste 20% seulement pour les autres essences (Ecofor-Maaf, 2018). **Le prélèvement de produits forestiers non ligneux** est très mal connu et reste essentiellement dans la sphère informelle. Il concerne des végétaux à usage traditionnel pour l'alimentation, la médecine, la décoration, la vannerie (à base d'arouman : *Ischnosiphon arouma* et *I. obliquus*). La chasse est peu encadrée en Guyane même si la réglementation interdit la chasse de certaines espèces et limite les prélèvements d'autres espèces à une consommation familiale, non commerciale. Tout en gardant son caractère d'activité de subsistance en milieu rural, la chasse évolue vers une activité lucrative dans certains cas. Les espèces les plus prélevées sont, parmi les mammifères, les ongulés et les singes et, parmi les oiseaux, les plus gros ou les plus grégaires (perroquets) (Ecofor-Maaf, 2018).

#### La mangrove protège le littoral guyanais



Photo : B. Riera

#### La forêt guyanaise permet la production de bois

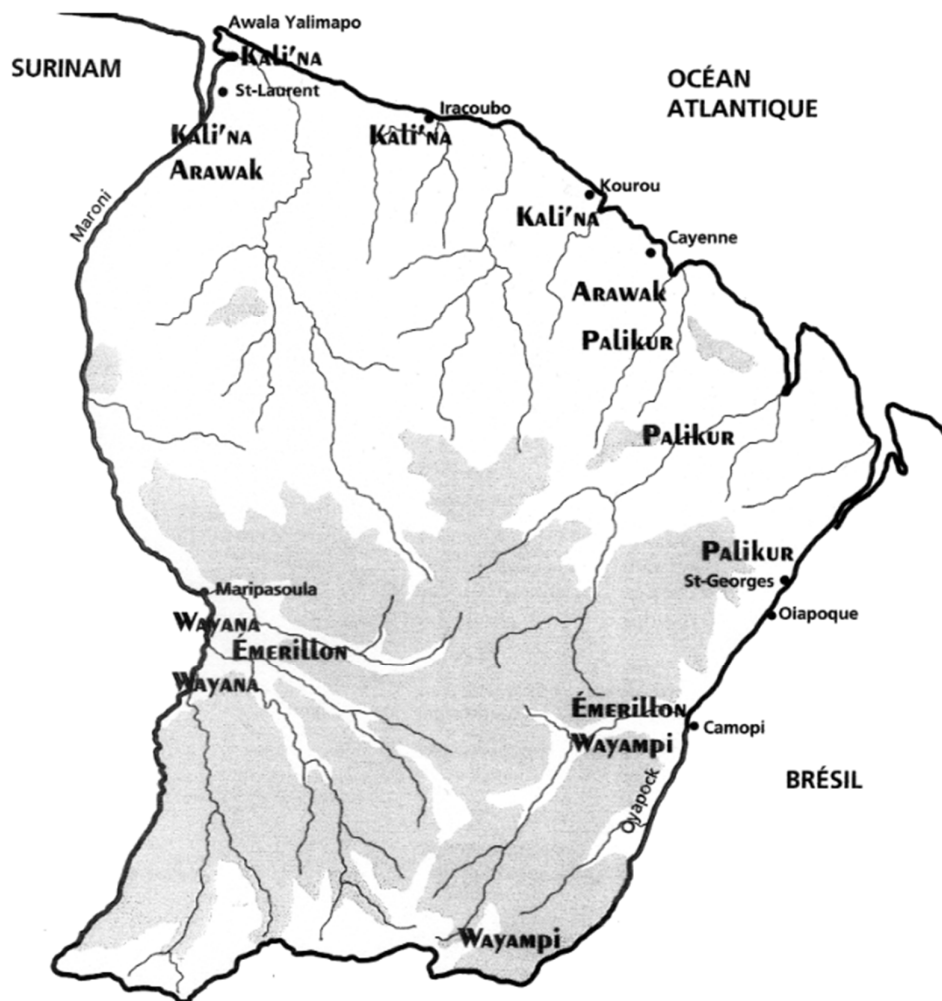


Photo : B. Riera

La surface des forêts fréquentées est faible en raison des difficultés d'accès, de la réglementation et des contraintes géographiques, que ce soit pour les activités de découverte, sportive ou vivrières (Ecofor-Maaf, 2018). Les activités récréatives sont néanmoins appelées à se développer. L'attractivité de la région auprès d'écotouristes est liée au caractère remarquable du massif forestier et des espèces qui y habitent (faune notamment, et plus spécifiquement les mammifères, les oiseaux et les reptiles). Localisées en bordure des fleuves et sur le littoral, les mangroves sont plus accessibles et constituent des paysages particulièrement séduisants : elles concentrent de plus en plus de visiteurs et d'activités (kayak, *etc.*).

Enfin, et il ne faut pas l'oublier, la forêt guyanaise constitue encore aujourd'hui un lieu de vie pour des communautés d'habitants d'origines diverses, souvent métissées. Parmi celles-ci, les amérindiens de Guyane se répartissent en plusieurs groupes ethniques et linguistiques, et sont considérés comme les descendants des plus anciens habitants de la forêt, arrivés il y a plusieurs milliers d'années (Figure 2.7). Ils représentent aujourd'hui de l'ordre de 5% de la population guyanaise selon le Groupe International de Travail pour les peuples Autochtones. Ces communautés ont maintenu un mode de vie traditionnel, basé sur les activités de chasse, pêche, cueillette et agriculture sur brûlis<sup>3</sup> et continuent de ce fait à entretenir une relation étroite avec la forêt pour leur subsistance, leur construction identitaire et le développement de leur spiritualité. La Guyane leur reconnaît des « zones de droits d'usage collectifs », principalement localisées dans le sud, couvrant 8% de la surface forestière guyanaise (Ecofor-Maaf, 2018).

**Figure 2.7 : Les amérindiens de Guyane habitent la forêt depuis plusieurs millénaires**



Source : Ethnies, printemps 2005, n°31-32. Guyane, le renouveau amérindien.

La Guyane française est donc une région forestière remarquable par sa superficie, sa biomasse et sa biodiversité. Elle a suffisamment été étudiée pour en permettre une description biophysique détaillée, et les efforts doivent être poursuivis dans ce domaine, notamment pour renforcer le suivi des écosystèmes dans le contexte du changement climatique, et pour mieux caractériser les produits et services qui en émanent. La richesse de ce massif forestier et son caractère emblématique sont aussi le fait de ses habitants et de leur histoire : la culture amérindienne encore vivante concède à cette forêt une haute valeur patrimoniale allant bien au-delà des seules considérations écologiques, sociales et économiques.

<sup>3</sup> Défrichage par le brûlis de parcelles qu'on appelle « abattis » en Guyane et qui suppose la rotation des parcelles, donc des territoires assez vastes par rapport à la population concernée.



---

## **CHAPITRE 3**

### **Description de l'écosystème (2/2) : types forestiers retenus pour l'évaluation et dynamique forestière associée**

---

28. S'en tenir à des données moyennes portant sur l'ensemble de la forêt métropolitaine masquerait sa grande hétérogénéité. Différentes formes de classifications existent et peuvent être utilisés afin d'affiner les évaluations biophysiques et économiques conduites dans les prochains chapitres. La finesse des découpages proposés dépend de la possibilité (i) de distinguer les fonctions et services rendus par ces différents types ; (ii) de les renseigner de manière différenciée, notamment à partir des données quantitatives de l'inventaire forestier national.

## 3.1 Les typologies forestières existantes, selon différentes caractéristiques des écosystèmes forestiers

### 3.1.1 Selon le taux de couvert par les arbres

29. Du point de vue du fonctionnement écologique et des services rendus, le taux de couvert par les arbres des éléments boisés semble discriminatoire. Par exemple, la quantité de feuilles d'arbres par unité de surface de sol (Indice de surface foliaire du peuplement, LAI) dépend, entre autres, du degré de fermeture du couvert (mais aussi de sa composition en espèces, de sa structure, de l'état sanitaire des arbres, etc.). La relation entre cet indice foliaire et la productivité du peuplement d'arbres est évidente puisqu'il s'agit de la surface fonctionnelle du couvert, siège de la photosynthèse<sup>15</sup>. Taux de couvert et indice de surface foliaire influencent aussi le bilan de l'eau en forêt, en interférant avec la quantité d'eau atteignant le sol (interception, transpiration) paramètre essentiel à la recharge de la réserve en eau du sol (Breda, 1999). Ainsi, le taux de couvert a directement ou indirectement des conséquences sur de nombreux services écosystémiques : régulation du climat local ou global, fourniture de bois, régulation des crues, de l'érosion, etc.
30. Les seuils utilisés par l'inventaire forestier permettent de distinguer :
- les forêts *fermées* possédant un taux de couvert supérieur à 40 %
  - les forêts *ouvertes*, possédant un taux de couvert des arbres compris entre 10 et 40 %
  - les *surfaces momentanément déboisées* où la couverture du sol est nulle (aucun arbre vivant) suite à une coupe forestière (dite « rase ») ou suite à un accident (incendies, etc.).

**Tableau 3.1 : surfaces forestières en France métropolitaine selon taux de couvert arboré**

Couverture	X 1000 ha	%
Forêts fermées (couvert des arbres ≥40%)	14 878	90,6
Forêts ouvertes (couvert des arbres entre 10 et 40 %)	689	4,2
Momentanément déboisé (couvert des arbres = 0)	39	0,2
Indéterminé (les « autres forêts » non visitées dans le cadre de l'inventaire)	811	4.9
Toute la forêt	16417	100

Source : Maaf, IGN, 2016 (Tableaux 1.1.c (autres forêts) et 1.1.3.a). Données des campagnes d'inventaire 2008-2012

Domaine concerné : toute la forêt

<sup>15</sup> LAI et productivité primaire nette des peuplements forestiers sont corrélés positivement jusqu'à un certain seuil au-delà duquel la productivité diminue essentiellement en raison de la mortalité et des effets d'inhibition liés à la compétition (Breda, 1999)

### 3.1.2 Selon la composition en espèces du peuplement d'arbres

31. Les types de peuplement forestier correspondent à un ensemble particulier d'espèces d'arbres (ou *essences*), dont dépend un nombre important de caractéristiques écologiques (impact sur le milieu physique, composition en espèces du sous-bois, de la litière et des houppiers, *etc.* et socio-économiques (valeur du produit bois, aménités paysagères, *etc.*). Ils sont définis par l'IGN dans le cadre de la publication des résultats de l'inventaire forestier national, qui distingue généralement les forêts de feuillus (ou peuplements feuillus), les forêts de conifères ou résineux (ou peuplements résineux), les forêts mixtes (ou peuplements mixtes) et les peupleraies.
32. La surface de la forêt métropolitaine est majoritairement composée de peuplements feuillus (*cf.* tableau 3.2) caractéristiques des zones de plaine et de piémont (§ 3.1.4). Généralement plus frugaux que les feuillus (besoins en éléments nutritifs plus faibles), les peuplements de résineux peuvent pousser sur des sols pauvres et plus hauts en altitude. Ils dominent dans les zones de montagne, à l'exception du massif des Landes de Gascogne, planté à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle, et de plantations assez récentes de l'ouest de la France (IGN, 2014). Les peupleraies couvrent 187 000 hectares en France métropolitaine, soit 1,1% de l'ensemble de la forêt (*cf.* tableau 3.2). Près de 60% d'entre elles sont localisées dans les grandes vallées alluviales (IGN, 2014). La part des peuplements « non recensables » (qui figure sous forme d'une ligne supplémentaire « dont » au sein des estimations de surface des forêts) correspond à la fois aux jeunes peuplements (également appelés « stades initiaux ») et aux peuplements adultes situés sur des stations<sup>16</sup> très peu productives dont les arbres restent de petites dimensions<sup>17</sup>.
33. D'autre part, les peuplements forestiers métropolitains peuvent être définis par leur essence principale, c'est-à-dire l'essence dominante dans la canopée<sup>18</sup>. Parmi les essences feuillues, les plus courantes sont les chênes, le hêtre et le châtaignier. Ainsi, les peuplements dont l'essence principale est le chêne pédonculé ou rouvre dominant largement les paysages forestiers et représentent près d'un quart de la surface forestière métropolitaine (23%), soit 3,7 millions d'hectares. Chez les résineux, les peuplements dominés par le pin maritime sont les plus représentés (1,1 million d'hectares), suivi par les peuplements dominés par le pin sylvestre (910 000 ha), le sapin (590 000 ha) et l'épicéa commun (570 000 ha) (Maaf, IGN, 2016, Indicateur 1.1.4).

---

<sup>16</sup> Une station est une étendue de terrain de superficie variable (quelques m<sup>2</sup> à plusieurs dizaines d'ha), homogène dans ses conditions physiques et biologiques : mésoclimat, topographie, géomorphologie, sol, composition floristique et structure de la végétation spontanée.

<sup>17</sup> Les arbres sont dits « non recensables » lorsqu'ils n'atteignent pas le diamètre de 7,5 cm (mesuré à 1,30 mètre au-dessus du sol) : ils ne font alors pas l'objet de relevés dendrométriques dans le cadre de l'inventaire, et il n'existe pas d'information plus détaillée que leur seule surface.

<sup>18</sup> L'essence principale est l'essence de plus fort couvert dans la strate recensable du peuplement (noté sur 25 m autour du point d'inventaire). Ce taux peut être très élevé (100 % par exemple dans une plantation de pin maritime) ou relativement faible (20 % par exemple dans un peuplement comportant plusieurs essences en mélange).

**Tableau 3.2 : les grands types de peuplement forestier en France métropolitaine**

Type de peuplement	Définition	Surface forestière X 1000 ha	%
<i>Forêts de feuillus (hors peupleraies)</i>	Forêts tempérées dominées par les feuillus (représentant au minimum 75% de la canopée) <sup>19</sup> . Le peuplement feuillu peut être constitué d'essences perdant leurs feuilles en hiver (caducifoliées) ou en zone méditerranéenne d'arbres au feuillage persistant (sempervirentes).	9960 <i>(Dont non recensables : 455)</i>	60.7
<i>Forêts de conifères</i>	Forêts tempérées dominées par les conifères (75% de la canopée) <sup>20</sup> pour la plupart sempervirents mais aussi caducifoliés (par exemple le mélèze).	3315 <i>(Dont non recensables : 227)</i>	20.2
<i>Forêts mixtes</i>	Forêts tempérées composées d'un mélange de feuillus (caducifoliés ou sempervirents) et de résineux. Ni les feuillus ni les conifères ne représentent plus de 75% de la canopée.	1706 <i>(Dont non recensables : 59)</i>	10.4
<i>Peupleraies</i>	Forêts tempérées de peupliers cultivés – qu'ils soient plantés ou issus de rejets (les peupliers représentent au minimum 75 % du couvert relatif du peuplement). Cette formation arborée est souvent individualisée du fait de la sylviculture spécifique qui lui est appliquée (plantation à densité définitive et cycle court).	187 <i>(Dont non recensables : 26)</i>	1.1
<i>Indéterminé</i>	Total des surfaces de forêts non inventoriées (« autres forêts ») <sup>21</sup> ; des surfaces non définies en composition <sup>22</sup> , des surfaces momentanément déboisées	811+399 +39 = 1249	7.6
<b>Total forêts</b>		<b>16417</b>	<b>100</b>

Source : à partir de Maaf, IGN, 2016 (données des campagnes d'inventaire 2008-2012)

Domaine concerné : toute la forêt

### 3.1.3 Selon le mode de régénération des forêts

34. Le mode de renouvellement des arbres (régénération naturelle ou aidée, artificielle, par recépage) dont dépend le capital génétique des peuplements, est particulièrement important du point de vue du fonctionnement de l'écosystème et de sa biodiversité. En forêt gérée, il dépend du mode gestion ou *traitement* qui est appliqué (plantation, taillis, futaies régulières ou irrégulières, etc.).

<sup>19</sup> Le taux de couvert libre des feuillus est supérieur à 75%. Le taux de couvert libre d'un sous peuplement (ici les feuillus) est égal à la somme des couverts des houppiers des arbres recensables de ce sous-peuplement qui ont accès direct à la lumière rapportée à la superficie du site

<sup>20</sup> Le taux de couvert libre des conifères est supérieur à 75%

<sup>21</sup> Les autres forêts n'étant pas visitées sur le terrain (car inaccessibles), il n'existe pas d'information sur les essences qui les composent.

<sup>22</sup> Pour pouvoir définir la composition d'un peuplement forestier, il faut qu'il y ait au moins 15 % de couvert arboré, ce qui explique que certaines surfaces soient « non définies en composition ». Cela correspond à des peuplements recensables dont l'essence principale a pu être identifiée, cependant la composition précise du peuplement ne peut être calculée.

**Tableau 3.3 : Origine et régénération des forêts métropolitaines**

Origine des peuplements	Définition	Surface forestière X 1000 ha	%
Expansion et régénération naturelles	Les arbres sont issus d'un processus naturel spontané ou aidé permettant le renouvellement de la forêt par semence issue des arbres vivants <i>Somme des peuplements issus d'expansion et régénération naturelles : 11841 (IGD 4.2a) et autres forêts : 811 (1.1.c)</i>	12652	77,1
Boisement et régénération artificiels (plantations)	Les arbres sont issus de plants ou de semis de graine	2071	12.6
Régénération par recépage des taillis	Les arbres sont issus de rejets de souche et comprennent une à plusieurs tiges qui ont toutes le même âge	1694	10,3
<b>Total forêt (toute la forêt)</b>		<b>16417</b>	<b>100</b>

Source : à partir de Maaf, IGN, 2016. Tableaux 1.1.c (autres forêts) ; 1.1.3.a (taillis) ; 4.2.a (régénération naturelle et artificielle)

Domaine concerné : toute la forêt

35. Les forêts métropolitaines actuelles sont donc très majoritairement issues d'expansion ou de régénération naturelles. La régénération artificielle (cas des plantations qui représentent 13% des surfaces forestières) et par recépage (cas des taillis qui représentent 10%) sont minoritaires et témoignent d'un mode de gestion plus intensif.

### 3.1.4 Selon l'altitude

36. L'IGN distingue trois types de forêts en fonction de l'altitude :
- à moins de 600 mètres d'altitude, les « forêts de plaines et collines » ;
  - entre 600 et 1200 mètres d'altitude, les « forêts de moyenne montagne » ;
  - au-dessus de 1200 mètres, les « forêts de haute montagne ».
- L'expression « forêt de montagne » correspond alors aux deux dernières modalités.

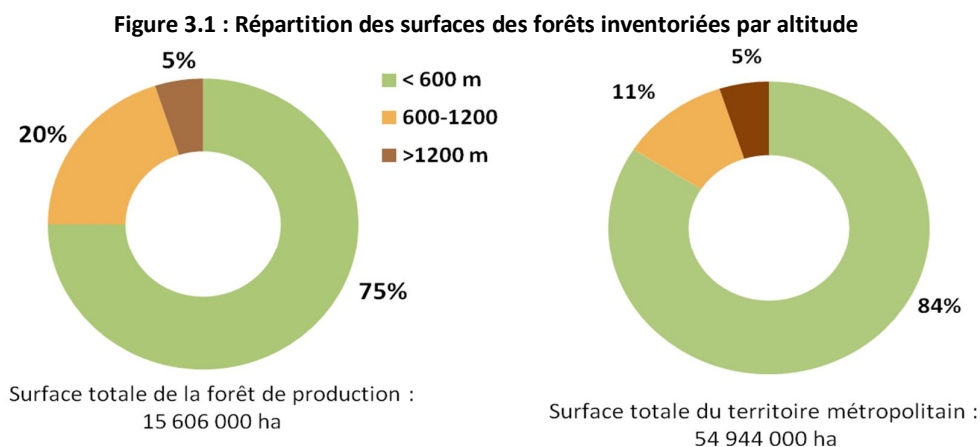
**Tableau 3.4 : surface de forêt inventoriée par classe d'altitude**

Altitude	Surface forestière 1000 ha	%
De 0 à 600 m Forêts de plaines et collines	11636	75
De 600 à 1200 m Forêts de moyenne montagne	3099	20
> 1200 m Forêts de haute montagne	871	5
<b>Total forêts inventoriées</b>	<b>15606</b>	<b>100</b>

Source : à partir des données en ligne des campagnes d'inventaire 2008 à 2012

Domaine concerné : forêts de production (inventoriées)

37. Trois quarts des forêts métropolitaines inventoriées sont des forêts de plaines et collines, où les feuillus dominent largement (76% du volume sur pied). Le quart restant, soit près de 4 millions d'hectares, sont des forêts de montagne. La part des feuillus se réduit considérablement entre 600 et 1200 mètres (41% du volume sur pied), et davantage encore avec l'altitude (24 % du volume sur pied au-delà de 1200 mètres). En plaine, les chênes pédonculé, rouvre et pubescent et le hêtre dominant. En forêt de montagne, le sapin pectiné et l'épicéa représentent environ 60 % du volume de résineux suivis par le pin sylvestre et le mélèze d'Europe. Au-delà de 1200 m, le hêtre est de loin l'essence feuillue la plus présente (IGN, 2011).
38. De manière générale, les territoires situés à plus de 600 mètres d'altitude ne constituent que 16 % du territoire métropolitain mais concentrent 25 % de la surface forestière (cf. Figure 3.1). Ces terrains sont en effet actuellement moins propices à d'autres usages, notamment à l'agriculture, que les terrains de plaine.

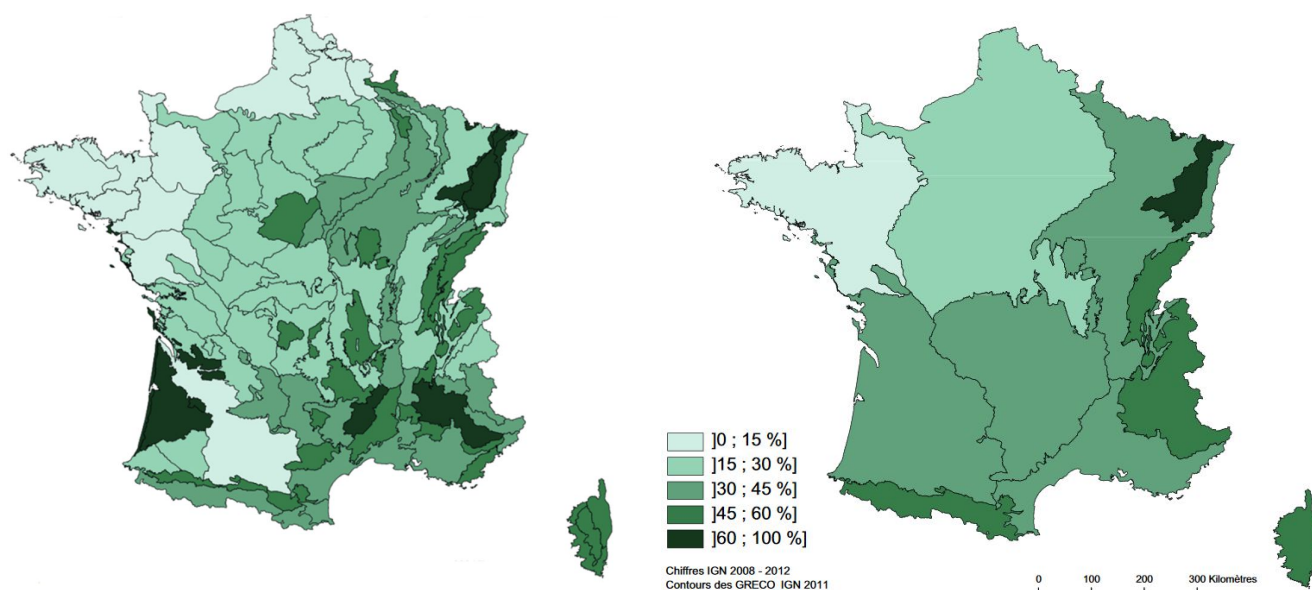


Source : Maaf, IGN, 2016, à partir des données en ligne des campagnes d'inventaire 2008 à 2012  
 Domaine concerné : forêts de production (inventoriées)

### 3.1.5 Selon des découpages géographiques

39. Un même type de peuplement forestier n'apporte pas les mêmes bénéfices écologiques et socio-économiques selon sa localisation. Ainsi, la prise en compte de la géographie est une nécessité pour analyser les données. L'IGN propose une partition écologique et forestière du territoire métropolitain, qui repose sur l'identification de zones plus ou moins homogènes du point de vue des types de forêts ou de paysages, en se basant sur des caractéristiques climatiques, pédologiques ou géomorphologiques. Elle est composée de plusieurs couches d'information géographique cohérentes : les 309 régions forestières, les 91 sylvoécotés (SER) et 12 grandes régions écologiques (GRECO) (cf. Annexe 3).
40. Ces découpages possèdent l'avantage d'être alimentés par les données de l'Inventaire forestier. Les 12 GRECO représentent un niveau de synthèse intéressant pour l'exercice d'évaluation conduit au niveau national. Les SER peuvent également être utiles en termes de description et pour les applications locales : elles sont nombreuses, mais peuvent être agrégées afin d'obtenir des réponses à des échelles différentes.

**Figure 3.2 : Taux de boisement par groupe de sylvoécorégions (carte de gauche) et grandes régions écologiques (carte de droite)**



Source : Maaf, IGN, 2016. Domaine concerné : toute la forêt. Campagnes d'inventaire 2008-2012

41. La surface forestière n'est pas répartie de manière homogène sur le territoire métropolitain : elle est principalement localisée dans la moitié Sud et la partie Est, alors que le Nord et l'Ouest du pays ont des taux de boisement plus faibles (entre 10 et 30 %). Les taux de boisement varient de 7 % pour la plaine picarde ou le bocage vendéen par exemple, à 73 % pour les Cévennes. Les facteurs de variation spatiale sont nombreux : relief, catégorie de propriété, prégnance de l'agriculture, histoire de l'évolution des surfaces forestières (§ 5.1.1), etc. (Maaf, IGN, 2016).

## 3.2 Les grands types forestiers retenus dans le cadre de l'EFESE

42. Le choix des grands types de forêt pour l'EFESE a reposé sur trois grandes conditions :
- ils sont associés à des niveaux de biodiversité et de services aussi homogènes que possible à l'intérieur d'un état donné (homogénéité en termes de structure et de fonctions) et aussi différents que possible d'un état à l'autre ;
  - ils correspondent à une typologie facilement accessible tant par un gestionnaire forestier que par un écologue ;
  - ils peuvent être décrits aisément et régulièrement à l'aide de données d'accès courant.
43. L'approche retenue se réfère principalement à la gestion (ou à l'absence de gestion). Cette entrée apparaît justifiée et pertinente (i) dans un contexte où la plupart des forêts ont été façonnées par la sylviculture et (ii) car elle permet d'identifier clairement plusieurs états bien distincts du fait de leur morphologie (degré d'ouverture de la canopée), leur structure et leur fonctionnement spécifique, le tout se traduisant par un niveau de service écosystémique différent.

44. De ce point de vue, le mode de gestion ou traitement (plantation, taillis, futaies régulières ou irrégulières, etc.) semble particulièrement important car il influence à la fois la structure verticale (présence d'une ou de plusieurs strates arborées, présence ou non d'un sous étage, etc.), la structure horizontale (densité du peuplement, diamètre des arbres, etc.) et le mode de renouvellement des arbres (régénération naturelle ou aidée, artificielle, par recépage – § 3.1.3). Le régime des perturbations auxquels l'écosystème forestier est soumis est intimement lié à la gestion qui est pratiquée (coupes rases de plus ou moins grande étendue, coupes par bouquet d'arbres ou jardinées, durée de la révolution, impact sur les sols, etc.). La gestion agit ainsi sur la fourniture des services écosystémiques : en modifiant la structure du peuplement, elle influence sa capacité à protéger les populations contre certains risques naturels (avalanche, chute de bloc) ; elle joue aussi sur le puits de carbone (séquestration plus ou moins rapide et à plus ou moins long terme), la production de bois, l'aspect esthétique de la forêt (par le mélange d'essences ou la présence de gros arbres...), etc.
45. Particulièrement importants d'un point de vue écologique et scientifique, les états forestiers naturels<sup>23</sup> et leur dynamique sont également identifiés. Ils sont en effet considérés comme une référence pour la conservation de la biodiversité (et ils permettent, lorsque les données existent, des comparaisons intéressantes avec les états gérés correspondants (voir notamment les publications du projet de recherche Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité<sup>24</sup> dont le but est d'étudier le lien entre biodiversité, exploitation forestière et naturalité en comparant des parcelles exploitées à des parcelles non-exploitées : Paillet *et al.*, 2015, Pernot *et al.*, 2013, Gosselin *et al.*, 2016, Vuidot A., 2011).
46. **On retient six types de forêt ou états forestiers E1 à E6 dont la caractérisation est possible à partir des résultats de l'inventaire forestier national de l'IGN<sup>25</sup>.**

#### • Milieux forestiers ouverts (E1)

47. Les milieux forestiers ouverts correspondent :
- aux formations forestières possédant entre 10 et 40 % de taux de couverture,
  - aux forêts en cours de régénération,
  - plus marginalement, aux surfaces momentanément déboisées suite à une coupe ou à un accident (sécheresse, incendie, agression biotique, etc.)<sup>26</sup>

*N.B : Du point de vue de l'information statistique, les milieux ouverts sont caractérisés à partir des trois catégories suivantes distinguées dans les indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines (Maaf, IGN, 2016, indicateur 1.1.3.a) : (1) forêt ouverte dont le couvert par les arbres est inférieur à 40 %, (2) boisé sans structure identifiable : cette catégorie regroupe des peuplements ayant momentanément peu de couvert, (3) momentanément déboisé (après coupe rase le plus souvent).*

#### • Milieux forestiers fermés (non matures)

48. Les milieux forestiers fermés correspondent à des peuplements encore jeunes ou déjà adultes dont le taux de couvert des arbres est fort (≥ 40 %). Ils peuvent être ventilés en plusieurs types de forêts

<sup>23</sup> Ou « subnaturels », car on suppose que toutes les forêts métropolitaines ont été, à un moment ou à un autre, soumises à l'influence humaine.

<sup>24</sup> Le projet GNB (partenariat Irstea, ONF, RNF, INRA) a été initié en 2008 et possède une envergure nationale. Pour plus d'informations, consulter le site internet du projet : <https://gnb.irstea.fr/>

<sup>25</sup> Tous les calculs sont effectués à partir des données des campagnes d'inventaire 2008 à 2012 ayant également servi au calcul des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines (Maaf-IGN, 2016).

<sup>26</sup> Les « surfaces momentanément déboisées » sont principalement des coupes rases et représentent de l'ordre de 5% de la superficie de E1. Les trouées en forêts naturelles qui se créent par effondrement des arbres ne sont pas incluses.



qui se distinguent par leur mode de renouvellement (témoignant également d'un gradient de gestion) :

- **Les plantations (E2)** : les arbres sont issus de plants ou de semis de graine (régénération artificielle) ;  
*N.B. leur surface est fournie par l'IGN (Maaf, IGN, 2016, indicateur 4.3.a)*
- **Les taillis (E3)** : les arbres sont en général issus de rejets de souche et comprennent une à plusieurs tiges (régénération par recépage) qui ont toutes le même âge ;  
*N.B. leur surface est fournie par l'IGN (Maaf, IGN, indicateur 1.1.3.a)*
- **Les autres forêts gérées (E4)** : elles comprennent des peuplements réguliers ou plus ou moins irréguliers dont les arbres sont issus d'un processus naturel spontané ou aidé permettant le renouvellement de la forêt par semence issue des arbres sur pied (régénération naturelle) et éventuellement aussi par recépage (cas des taillis-sous-futaie ou mélange taillis-futaie) ;  
*N.B. leur surface est obtenue par déduction à partir de la surface totale des forêts métropolitaines (estimée par l'IGN à 16,4 Millions d'ha, cf. § 2.3) et des surfaces des états E1, E2, E3, E5 et E6.*
- **Les forêts « naturelles » (E5)** : Forêts jeunes à adultes, non exploitées pour des raisons physiques (zones inaccessibles, par exemple sur des falaises) ou réglementaires (réserves intégrales) ;  
*N.B. elles appartiennent à la catégorie « autres forêts » (non disponibles pour la production) dont la surface totale est fournie par l'IGN (cf. § 2.3 et Maaf, IGN, 2016, indicateur 1.1.c) ; à dire d'expert cette surface n'est que partiellement affectée aux forêts naturelles fermées, à raison de 75% (le reste est attribué à E5).*

#### • Milieux forestiers matures (E6)

49. Les milieux forestiers matures correspondent à des peuplements de fin de cycle forestier (état généralement tronqué en forêt géré) et comprennent :
- des peuplements de forêt gérée ayant dépassé l'âge d'exploitabilité suite à un retard ou un arrêt d'exploitation<sup>27</sup>,
  - des forêts naturelles très âgées (dont certaines non exploitées depuis au moins 200 ans et intégrées au Patrimoine naturel forestier reconnu sous l'appellation « vieilles forêts »).

*N.B. Du point de vue de l'information statistique, ces milieux sont décrits à partir des surfaces possédant de très gros arbres<sup>28</sup> (dont le diamètre à hauteur de poitrine est supérieur à 67,5 cm) et des 25% restants des forêts non disponibles pour la production.*

---

<sup>27</sup> Les termes sur-mâtures sont utilisés dans la littérature scientifique pour signifier que ce sont des stades qui n'entrent pas dans un cycle sylvicole habituel visant la production de bois.

<sup>28</sup> La surface portant les très gros arbres est estimée de la façon suivante :

- on calcule la hauteur de forme (rapport du volume à la surface terrière) à partir des données disponibles en ligne pour respectivement pour les très gros bois (8,75) et l'ensemble des petits, moyens et gros bois (7,50) ;
- on l'applique à la répartition du volume sur pied pour l'année moyenne 2010 de manière à obtenir la surface terrière respective des très gros bois (16,8 Mm<sup>2</sup>) et de l'ensemble petits, moyens et gros bois (315,8 Mm<sup>2</sup>) ;
- on répartit au prorata de la surface terrière la surface des forêts de production avec couvert recensable entre les deux catégories de dimension constituées, en pondérant les surfaces de façon telle que la surface terrière à l'hectare soit 15% plus élevée pour les très gros bois que pour l'ensemble des petit, moyens et gros bois, tenant compte en cela des résultats obtenus par Pernot *et al*, 2013.

50. Les surfaces de chaque type de forêt et leurs modalités de calcul sont résumées dans le tableau 3.1.

**Tableau 3.1: définitions et surfaces des grands types de forêts métropolitaines**

Type	Définition	Références pour le calcul de la surface* x 1000 ha	Surface x 1000 ha
<b>E1 - Milieux forestiers ouverts</b>	Forêts ouvertes possédant entre 10 et 40 % de taux de couverture par les arbres, et forêts possédant momentanément peu ou pas de couvert	<i>Somme des peuplements :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>forêts ouvertes : 689 (IGD 1.1.3)</i></li> <li>• <i>sans structure identifiable : 135 (IGD 1.1.3),</i></li> <li>• <i>momentanément déboisés : 39 (IGD 1.1.3)</i></li> </ul>	863
<b>E2 - Plantations</b>	Forêt dont les arbres sont issus de plants ou de semis de graines (régénération artificielle)	<i>IGD 4.2</i>	2073
<b>E3-Taillis</b>	Forêts dont les arbres sont en général issus de rejets de souche et comprennent une à plusieurs tiges qui ont toutes le même âge (régénération par recépage)	<i>IGD 1.1.3</i>	1694
<b>E4 - Futaies semi-naturelles</b>	Forêts dont les arbres sont issus d'un processus naturel spontané ou aidé permettant le renouvellement de la forêt par semence issue des arbres vivants (régénération naturelle). Cette catégorie comprend des peuplements réguliers ou plus ou moins irréguliers (y compris des mélanges futaies-taillis)	<i>Solde des surfaces de forêts pour atteindre la surface de 16, 418 millions d'ha</i>	10 340
<b>E5-Forêts naturelles</b>	Forêts naturelles (ou subnaturelles) jeunes à adultes, non exploitées pour des raisons physiques (zones inaccessibles, par exemple sur des falaises) ou réglementaires (réserves intégrales)	<i>75% des forêts non disponibles pour la production (« autres forêts » non inventoriées): 811 x 0,75 (IGD 1.1)</i>	608
<b>E6 Milieux forestiers matures</b>	Forêts naturelles (ou subnaturelles) très âgées ou peuplements ayant dépassé l'âge d'exploitabilité suite à un retard ou à l'arrêt de l'exploitation (milieux forestiers sur-mâtures qui n'entrent pas dans un cycle sylvicole habituel visant la production de bois).	<i>25% des forêts non disponibles pour la production : 811 x 0,25=203 (IGD 1.1) Surface occupée par les très gros arbres : 636</i>	840
<b>Toute la forêt métropolitaine</b>			<b>16 418</b>

*\*Dans cette colonne, la référence IGD renvoie systématiquement à l'édition 2015 des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines (Maaf, IGN, 2016)*

## 3.3 Représentation des dynamiques forestières à travers l'utilisation d'un modèle état-transition basé sur les grands types forestiers

---

### 3.3.1 Principe général du modèle états-transitions

51. Le modèle états-transitions est une façon de rendre compte de la nature dynamique des écosystèmes et de leurs réponses à la combinaison d'événements naturels et anthropiques dans un contexte donné (Lavorel S., communication au Conseil Scientifique et Technique de l'EFESE). Il est composé :
- de différents états (E) bien cernés de l'écosystème et décrits selon différents attributs de composition, structure et fonctionnement. Les états forestiers sont les grands types de forêt identifiés au chapitre précédent (E1 à E6, § 3.2) ;
  - de transitions (T), qui représentent les voies possibles de la dynamique.
52. En forêt, dans cette logique, une transition correspond soit à une évolution naturelle et spontanée de l'écosystème (sylvigénèse avec ses successions végétales et ses stades de développement), soit à une action anthropique délibérée (opérations de gestion, coupe, défrichement, boisement...), soit à un événement exceptionnel (accident météorologique, incendie...). Dans certains cas, les transitions consistent à maintenir la forêt dans un état donné, notamment par la gestion. Le modèle conceptuel permet ainsi de structurer l'analyse et de rendre compte des états et dynamiques des forêts naturelles et gérées et des variations de l'offre de services qui en découlent.

### 3.3.2 Représentation des dynamiques forestières à travers ce modèle état-transition

53. Les transitions (T) sont d'abord le fait de la transformation spontanée de l'écosystème d'un état vers un autre en dehors de l'influence de la gestion : la forêt naturelle est un écosystème en perpétuel changement où se succèdent dans le temps différentes communautés forestières caractérisées par certaines structures et associations d'espèces, par la dominance de certaines essences, un fonctionnement spécifique, etc. Cette dynamique, appelée sylvigénèse, s'initie avec la colonisation de nouveaux espaces (*e.g.* expansion des forêts sur des friches agricoles en T2) ou après la destruction des arbres du peuplement forestier lors d'une perturbation (*e.g.* tempête, incendies, coupes en T3 ou T5). Les premières espèces végétales qui s'installent possèdent de grandes capacités de reproduction<sup>29</sup> et une croissance rapide (*e.g.* peuplier, bouleau, saule<sup>30</sup>). Ensemble, elles constituent les stades « pionniers » (espèces de lumière) qui bénéficient de l'ouverture du couvert. La croissance des arbres pionniers et leur remplacement progressif par d'autres espèces (chêne, frêne, érable)<sup>31</sup> conduit à des formations forestières successives dites secondaires et à une fermeture progressive du couvert (stade intermédiaire E5). En fin de cycle, les essences d'ombre (dont la régénération peut croître sous couvert) appelées « dryades » caractérisent les phases de maturité

---

<sup>29</sup> Production forte et régulière de semences non dépendante d'insectes pour la pollinisation (dispersion par le vent)

<sup>30</sup> Essences pionnières

<sup>31</sup> Essences secondaires ou post-pionnières

des forêts non-gérées (E6)<sup>32</sup> : elles possèdent généralement une grande longévité et un bois dur (e.g. hêtre, sapin, épicéa). Le rajeunissement naturel de l'écosystème se fait lors de la rupture de la canopée à l'occasion d'un chablis ou simplement de la mort d'un arbre qui provoque une trouée (T3). Ces successions s'expriment sauf blocage stationnel (milieu très peu fertile, sols fréquemment engorgés, perturbations récurrentes...) ou intervention de l'Homme.

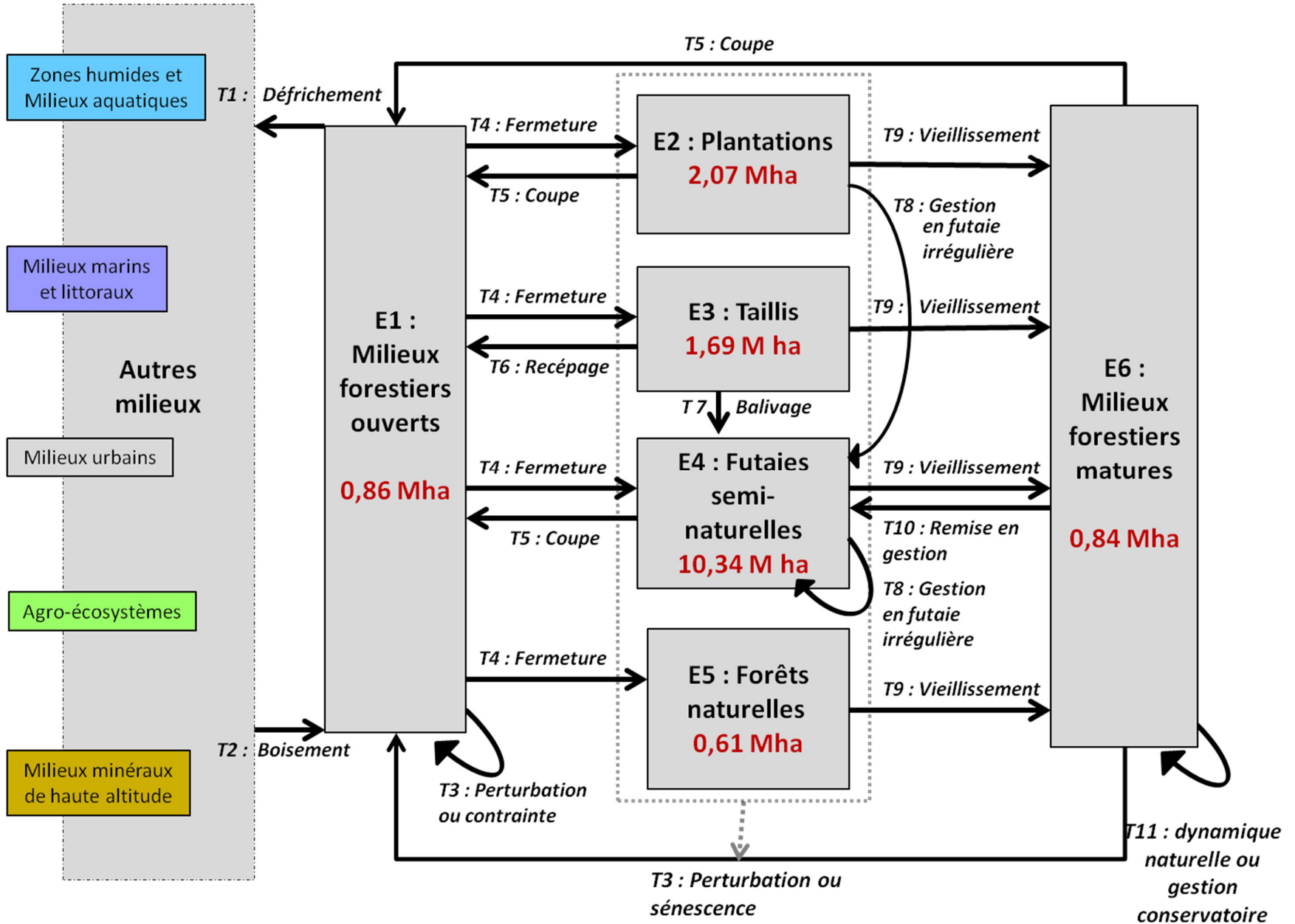
54. En forêt gérée, la dynamique spontanée de l'écosystème est accompagnée et plus ou moins influencée par l'homme (mode de régénération, choix des essences, durée de la révolution, etc.). Les transitions d'un état forestier vers un autre sont souvent le résultat d'une opération de gestion. Les coupes de régénération ou d'exploitation (T5), consistant à prélever tout ou partie des arbres, constituent un régime de perturbations anthropiques occasionnant une ouverture de la canopée et le retour de la forêt vers les stades initiaux de régénération (E1). La coupe est « rase » lorsque la totalité des arbres du peuplement sont abattus, ne laissant aucun couvert forestier (principalement pratiqué en plantation : E2). La coupe des taillis (E3) est appelée recépage (T6). Les futaies semi-naturelles (E4) font l'objet d'une gestion moins intensive que les plantations et les taillis, et les coupes sont généralement de moindre surface, laissant place à la régénération naturelle. Des modes de gestion spécifiques permettent d'accompagner la forêt d'un mode de gestion vers un autre (e.g. le balivage T7 permet de faire évoluer un taillis vers une futaie semi-naturelle) ou encore de maintenir la forêt dans un état donné (gestion en futaie irrégulière<sup>33</sup> T8, gestion conservatoire T11).
55. Plus globalement, le modèle états-transitions proposé pour l'analyse des forêts (cf. Figure 3.3) met en évidence une évolution spontanée de l'écosystème de gauche à droite, depuis des milieux ouverts (E1) qui spontanément vont se fermer (évolution vers E2 à E5, si les conditions biophysiques et climatiques le permettent) puis vieillir (E6); et un gradient d'intensité des pratiques de haut en bas (pour les milieux forestiers fermés) depuis des systèmes très artificialisés tels que les plantations (E2) ou les taillis (E3), vers un état considéré comme naturel (E5). La majorité des forêts métropolitaines se situe dans l'état intermédiaire semi-naturel E4.
56. Le modèle conceptuel « états-transitions » des forêts métropolitaines a vocation à guider l'analyse qui sera conduite dans la suite du rapport. L'intérêt qu'il représente dans le cadre de l'Évaluation des écosystèmes et services écosystémiques forestiers est surtout celui de la comparaison des différents états (et donc des grands modes de gestion) du point de vue de la biodiversité en général, des caractéristiques structurelles ou fonctionnelles du peuplement arboré, et du niveau de service écosystémique délivré.

---

<sup>32</sup> Précision : E6 regroupe à la fois de vieilles forêts naturelles ayant évoluées vers des essences dryades (dont il est question ici) mais aussi des forêts sur-matures gérées ou l'ayant été, dont les essences ont été sélectionnées par la sylviculture appliquée. Ainsi, E6 peut comprendre, au sein d'un peuplement géré, un îlot de vieillissement composé de chênes (essence secondaire) dont les diamètres dépasseraient le seuil fixé (67,5 cm, cf. Tableau 3.1).

<sup>33</sup> Le traitement futaie irrégulière est un mode de gestion spécifique de la forêt qui vise la production constante de bois d'œuvre de qualité, avec un renouvellement continu de la forêt assurant le remplacement des arbres prélevés. Ainsi, sur l'unité de gestion, le peuplement présente une structure irrégulière (agencement vertical des arbres) et comporte des arbres à tous les stades de développement (ce qui sous-entend une certaine hétérogénéité des diamètres).

Figure 3.3 : Modèle conceptuel états-transitions



---

## **CHAPITRE 4**

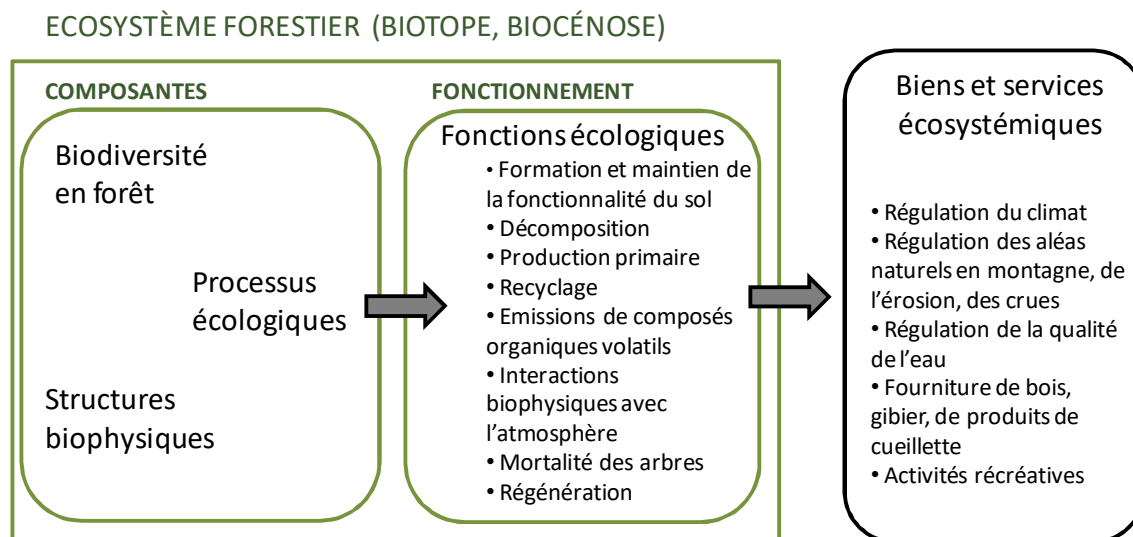
### **Fonctionnement de l'écosystème forestier**

---

## 4.1 Cadre conceptuel

57. L'écosystème forestier est une entité écologique qui résulte de l'assemblage d'organismes vivants interdépendants (la biocénose) en étroite relation avec leur environnement physico-chimique (le biotope). Il est caractérisé par un fonctionnement propre (indépendamment de l'influence de l'Homme) qui découle de la combinaison entre des structures biophysiques et un ensemble de processus écologiques en interaction permanente les uns avec les autres. Ce fonctionnement, extrêmement complexe (car il implique de très nombreuses composantes en interaction permanente, avec effets rétroactifs multiples, etc.), assure directement ou plus indirectement la production de services écosystémiques (Figure 4.1).
58. La description de ce fonctionnement écosystémique est généralement facilitée par l'identification de grandes fonctions écologiques. En adaptant le cadre conceptuel de l'EFESE (MEEM, 2017) aux spécificités des écosystèmes forestiers, on retient pour ce chapitre les fonctions suivantes :
- Formation et qualité (composition, structure) des sols forestiers
  - Décomposition
  - Production primaire (et productivité de l'écosystème)
  - Recyclage de l'eau et des principaux éléments nutritifs (carbone, azote, phosphore) en milieu forestier
  - Emissions de composés organiques volatils (COV)
  - Interactions biophysiques de la forêt avec l'atmosphère
  - Mortalité des arbres
  - Régénération

**Figure 4.1 : Biodiversité et fonctionnement de l'écosystème forestier comme support pour la production de biens et services (adapté du cadre conceptuel de l'EFESE)**



59. La biodiversité, définie comme la variabilité des organismes vivants de toutes origines ainsi que les complexes écologiques dont ils font partie<sup>34</sup>, possède un rôle souvent confus dans la fourniture des

<sup>34</sup> Définition de la Convention Internationale sur la biodiversité : la biodiversité est envisagée de l'échelle moléculaire à celle de la biosphère et peut être appréhendée de multiples manières : variabilité des gènes, des espèces, des écosystèmes et des paysages, etc. Cependant le concept de biodiversité va plus loin que la simple description du vivant : il intègre la complexité des interactions existant au sein de chaque niveau et entre les niveaux, y compris en lien avec les sociétés humaines (Barbault et Chevassus-au-Louis, 2004).

services écosystémiques. Elle est traitée différemment selon les exercices d'évaluation : Mace *et al.* (2012) plaident par exemple pour la reconnaissance de la place de la biodiversité à différents niveaux de la chaîne de production des services écosystémiques, depuis la régulation des processus écologiques qui en soutiennent la production (contribution indirecte à l'ensemble des services écosystémiques) à une contribution directe en tant que service écosystémique ou bien fournis par l'écosystème (par exemple, la contribution directe de la diversité génétique des plantes à la résilience d'un système de production ou à la constitution d'un réservoir de gènes pour la bioprospection). Le cadre conceptuel de l'EFESE auquel nous nous référons distingue deux niveaux (MEEM, 2017): la biodiversité *remarquable* (gènes, espèces, habitats ou paysages possédant une valeur intrinsèque) qui est envisagée sous sa dimension patrimoniale (§ 10) et la biodiversité *ordinaire* (ou générale) qui contribue à des degrés divers au fonctionnement des écosystèmes, mais sans que ce lien soit toujours clairement établi (il dépend notamment des entités et de la fonction considérées). Les travaux scientifiques tendent cependant à montrer que la biodiversité intervient de deux manières au moins sur le fonctionnement de l'écosystème :

- Elle influence l'intensité de certains processus écologiques (productivité, recyclage des éléments...), et donc le niveau des services écosystémiques qui en dépendent. Elle interviendrait dans l'augmentation des « performances » globales de l'écosystème ;
- Elle joue le rôle d'assurance de la pérennité des fonctions écologiques face aux changements, car la mise en difficulté ou la perte d'espèces peuvent être compensées par la présence d'autres espèces, parfois très éloignées sur le plan taxonomique mais dont le rôle dans l'écosystème est similaire (notion de redondance fonctionnelle).

60. Les chapitres suivants n'ont pas vocation à réaliser une revue complète de la littérature scientifique mais plutôt à dégager des idées clés relatives au fonctionnement de l'écosystème forestier utiles à la caractérisation des services intervenant dans la suite de l'exercice (chap. 7 à 10). Ils visent d'abord à définir, au sein des écosystèmes forestiers, les principales fonctions écologiques identifiées dans l'EFESE et à décrire leurs modalités de réalisation, en lien avec la biodiversité. Ces fonctions sont décrites séparément par commodité (§ 4.2.1 à § 4.2.6) mais elles interagissent fortement entre elles.

## **4.2 Grandes fonctions écologiques et modalité de réalisation au sein des écosystèmes forestiers**

---

### **4.2.1 Formation et composition des sols forestiers**

61. Entre la couche d'air de surface et le substrat géologique abiotique (appelé « roche-mère ») s'insère la strate la plus externe de l'écorce terrestre, que nous désignons comme sol (Otto, 1998). Il se forme par le double processus d'altération de la roche-mère et d'apport de matière organique par les êtres vivants. Le sol joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de l'écosystème, à la fois en tant que support de vie de la végétation et lieu de vie pour des communautés complexes d'êtres vivants. Du fait de ses caractéristiques (profondeur, porosité, teneurs en matière organique et en éléments nutritifs, *etc.*), le type de sol influence la composition de la végétation. Il constitue de ce fait un des éléments clés de la définition des stations forestières : ces zones d'étendue variable, homogènes dans leurs conditions physiques et écologiques, présentent des caractéristiques et donc des



potentialités sylvicoles spécifiques<sup>35</sup>. Le type de sol influence donc directement le choix des essences forestières et par conséquent la fourniture de bois (§ 8.1).

62. Les humus forestiers, de différentes formes (Encadré 4.1), constituent un réservoir nutritionnel important pour les plantes et contribuent à stabiliser la structure des sols (meilleure porosité) et à réguler leur humidité. Riches en matière organique et structurés, ces sols possèdent une meilleure résistance à l'érosion (§ 7.4) et une capacité de rétention de l'eau plus importante qui contribue par exemple la régulation des crues (§ 7.6).
63. Les organismes du sol et leur diversité jouent un rôle essentiel dans la nutrition des végétaux et influence par là même la productivité de l'écosystème (§ 4.2.3): (i) par la transformation des matières organiques en éléments minéraux solubles assimilables par les plantes (en raison de son importance vis-à-vis de la fertilité des sols et du recyclage des éléments au sein de l'écosystème, la fonction de décomposition est abordée séparément - § 4.2.2) et (ii) pour les champignons, en participant directement à la nutrition des arbres par des phénomènes de symbiose (mycorhizes). On estime la masse d'organismes vivants d'un sol forestier à 660 kg/ha dans une forêt riveraine, entre 370 et 450 kg/ha selon le type d'humus en hêtraie, et 250 kg/ha dans une pineraie (Landeau, 2005).

#### **Encadré 4.1 : les différentes formes d'humus forestiers**

L'humus désigne l'ensemble des matières organiques du sol transformées par voie biologique et chimique, incluant des résidus d'origine végétale peu transformés (ex : litière) et incomplètement incorporés à la fraction minérale du sol. Il existe trois principales formes d'humus, Mull, Moder et Mor, qui se caractérisent par une participation différente des organismes du sol. Le Mull résulte notamment de l'activité des vers de terre, dans des sols proches de la neutralité à moyennement acide, qui permet la formation d'un horizon organo-minéral structuré et riche en nutriments. Le Moder se développe en contexte moyennement acide à acide, et est caractérisé par une incorporation moins rapide de la litière à la matière minérale par les organismes du sol expliquant ainsi son accumulation en surface. Le Mor est enfin caractérisé par la transformation lente et l'accumulation de débris non décomposés sous contraintes climatiques sévères (froid, acidité). Il se distingue clairement du Moder par la transition nette entre l'humus et les matières minérales du sol (Jeffery *et al.*, 2013).

64. En retour, le peuplement forestier agit de façon importante sur les caractéristiques physiques et biologiques des sols :
  - l'enracinement des arbres favorise en retour la circulation des organismes du sol, de l'eau et de l'air ;
  - le couvert forestier protège les sols contre le vent, le rayonnement et les températures extrêmes. Cette protection, renforcée par la présence d'une litière de feuilles et d'une couche plus ou moins épaisse d'humus, permet le maintien de conditions d'humidité et de température favorables à la flore et à la faune du sol (Landeau, 2005) ;
  - Les arbres sécrètent différentes substances au niveau des racines qui stimulent le développement de certaines espèces, et enrichissent le sol en matière organique apportée directement (mortalité racinaire) ou indirectement (par la litière et l'humus).

## **4.2.2 Décomposition**

65. La décomposition désigne de façon générale l'ensemble des processus interconnectés par lesquels la matière organique morte est progressivement fragmentée en particules et dégradée en éléments minéraux solubles assimilables par les plantes (nutriments). La fonction de décomposition se déroule principalement au sein des sols (participant directement à leur formation et à leur fonctionnement – § 4.2.1). Elle joue un rôle crucial dans la disponibilité des nutriments pour les plantes (influençant par

<sup>35</sup> Identifier la station forestière à partir des documents existants est une démarche fondamentale lors de nombreux projets forestiers : elle permet d'estimer les atouts et contraintes d'un sol et de déterminer quelles espèces d'arbres sont les plus appropriées. Une application de l'IGN en ligne recense, par zone géographique, l'ensemble des documents typologiques existants (catalogues, guides, etc.) : <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique160>

conséquent la productivité de l'écosystème –§ 4.2.3) et constitue une étape majeure de la plupart des grands cycles biogéochimiques (§ 4.2.4). Elle est fortement liée à une grande variété d'organismes et micro-organismes *décomposeurs* (champignons, bactéries, coléoptères, insectes, vers de terre, etc.) structurés en des réseaux d'interactions complexes et encore largement méconnus.

66. En milieu forestier, le sol est recouvert d'une litière composée principalement de feuilles mortes et constamment enrichie de nouveaux débris végétaux et animaux - de l'ordre de 4 tonnes de matière sèche par hectare et par an en forêt tempérée (Lévêque, 2001). Dès qu'une feuille, un morceau de bois ou un fragment d'écorce arrive au sol, il est soumis à l'action coordonnée de la microflore et de la microfaune du sol (Le Tacon *et al.*, 2000). La grande majorité des transformations chimiques liées au processus de décomposition ont lieu dans les couches supérieures du sol sous l'action de bactéries et champignons (Waring et Schlesinger, 1985). La décomposition progressive de la litière assure ainsi le maintien et le renouvellement de la couche d'humus (UICN, 2013).
67. Le lien entre biodiversité et intensité du processus de décomposition a fait l'objet de différents travaux mais les études en forêt sont extrêmement rares (Paillet et Gosselin, 2011).
  - Il existerait une *redondance fonctionnelle* importante au sein des organismes décomposeurs en forêt, ce qui signifie que des groupes d'espèces très différents d'un point de vue taxonomique ont des modes d'actions similaires<sup>36</sup> (Le Tacon *et al.*, 2000) ; ce résultat va dans le sens d'un « effet de seuil » au-delà duquel une augmentation supplémentaire du nombre d'espèces ne permet plus d'accélérer la fonction écosystémique de décomposition (courbe logarithmique)<sup>37</sup> ;
  - Une étude expérimentale récente conduite dans 5 zones climatiques différentes (de la zone subarctique aux tropiques) a conclu à un ralentissement des processus de décomposition des litières forestières avec la perte de diversité fonctionnelle<sup>38</sup> des décomposeurs et des types de végétaux constituant la litière du sol (en lien avec un ralentissement des cycles de l'azote et du carbone) (Handa *et al.*, 2014). ;
  - La synthèse réalisée par Paillet et Gosselin (2011) met en évidence un effet (souvent significatif et positif) de la diversité de la litière (richesse en espèces d'arbres) sur le processus de décomposition.

### 4.2.3 Production primaire (et productivité de l'écosystème)

68. La notion de production primaire est étroitement liée à celle de biomasse. La biomasse est la quantité de matière organique vivante par unité de surface. Elle correspond à un stock résultant de la différence entre deux flux : la production d'une part, c'est-à-dire la vitesse d'élaboration de la matière vivante, et la mortalité d'autre part. En forêt, on utilise souvent la notion de production biologique du peuplement arboré, qui renvoie à l'accroissement annuel en matière des arbres.
69. En Europe, cette productivité s'est globalement accrue au cours des dernières décennies en lien avec l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, l'effet fertilisant des dépôts azotés en forêt (conséquences de polluants émis dans l'atmosphère) et de l'allongement de la période de végétation due au réchauffement climatique. Néanmoins l'augmentation constatée de la

---

<sup>36</sup> Elles sont équivalentes sur le plan fonctionnel : elles jouent le même rôle, occupent la même « niche écologique »

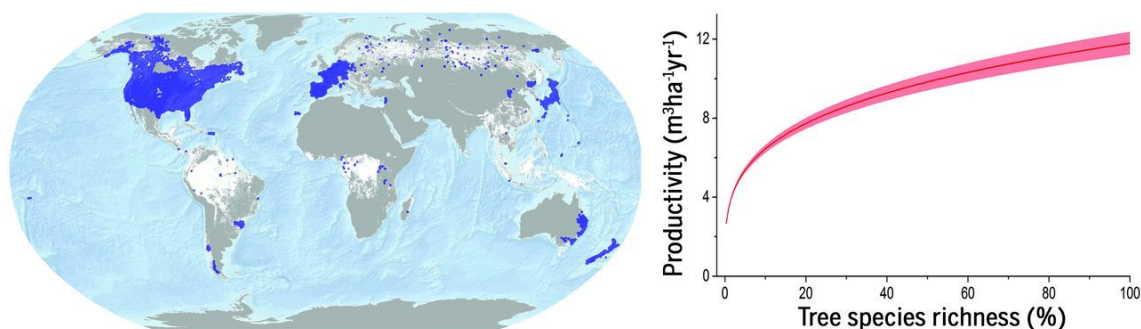
<sup>37</sup> Par exemple, certaines communautés microbiennes, dont le rôle est identique dans le processus de décomposition, sont en fait très différentes et leur réponse aux changements (perturbations, changement climatique, etc.) sera donc bien distincte. Ce phénomène peut être interprété comme une assurance de la pérennité de la fonction de décomposition pour l'avenir (Le Tacon *et al.*, 2000).

<sup>38</sup> Un groupe fonctionnel est un nombre variable d'espèces, souvent très différentes d'un point de vue taxonomique, qui remplissent la même « fonction » au sein de l'écosystème et donc exercent une action comparable sur un processus déterminé (ici la décomposition).

productivité pourrait être mise à mal par les effets adverses liés aux températures élevées et aux sécheresses (§ 6.2). D'autre part, une étude récente a montré qu'en Europe cette productivité était largement conditionnée par la disponibilité en nutriments dans les sols (et que celle-ci s'était détériorée entre 1992 et 2009 pour les cations basiques : N, P, K, Ca, Mg, S) (Jonard *et al.*, 2015).

70. Le lien entre biodiversité et productivité des peuplements forestiers a été exploré par divers travaux conduits à l'échelle locale et récemment par une méta-analyse prenant en considération les données en provenance de plus de 770000 parcelles permanentes réparties dans 44 pays (Jingjing Liang *et al.*, 2016). Il en ressort qu'une perte de diversité des arbres engendre une perte de productivité de l'écosystème forestier, quelle que soit la zone géographique concernée (Figure 4.2)

**Figure 4.2 : Effet global de la diversité des arbres sur la productivité des forêts**



Source : Jingjing Liang *et al.*, 2016

71. Dans une synthèse bibliographique portant sur les liens entre biodiversité d'une part, productivité, résistance et résilience de l'écosystème forestier d'autre part, Paillet et Gosselin (2011) montrent des résultats davantage contrastés. Les peuplements forestiers mélangés (plusieurs espèces d'arbres) seraient en général davantage productifs que les peuplements monospécifiques (une seule espèce d'arbre), en lien avec un risque plus faible de dégâts généralisés à moyen terme (ravageurs, tempêtes, changement climatique, *etc.*). Néanmoins ces résultats sont à nuancer en fonction (i) des conditions de la station : sur des sols pauvres, la productivité peut être moindre en peuplements mélangés ; et (ii) des interactions biotiques existant entre les différentes essences en mélange : la productivité du peuplement est améliorée par une combinaison d'essences qui occupent des niches écologiques suffisamment éloignées pour ne pas entrer en concurrence.
72. Les travaux (Toïgo M., 2015 ; Toïgo *et al.*, 2015) présentés dans la revue de l'inventaire forestier (IGN, 2016) se sont intéressés aux effets du mélange d'essences sur la productivité des peuplements forestiers à partir des données d'inventaire 2006-2010. Un travail de comparaison des peuplements purs et mélangés, dans des conditions environnementales variées (relief, sol, climat), a été réalisé<sup>39</sup>. Les résultats ont montré que le mélange d'essences entraîne une augmentation de productivité globale pour les peuplements de montagne (mélanges à base de hêtre, épicéa et sapin) mais quasiment pas pour les peuplements de plaine (mélanges à base de chêne, pin et hêtre). En revanche, dans les cas étudiés, du point de vue de la productivité le mélange profite souvent davantage à une des deux essences : le hêtre notamment bénéficie toujours plus que l'autre essence du peuplement.

<sup>39</sup> À partir d'un modèle de croissance de l'essence en peuplement pur, les auteurs estiment la productivité attendue de l'essence en peuplement mélangé sans effet du mélange. L'écart entre cette productivité attendue et la productivité observée de l'essence en peuplement mélangé mesure l'effet du mélange. Les modèles incluent les facteurs environnementaux afin de comparer peuplements purs et mélangés, toutes choses étant égales par ailleurs.

## 4.2.4 Recyclage de l'eau et des principaux éléments nutritifs en milieu forestier

73. Le cycle biogéochimique d'un élément correspond à son cheminement et aux transformations qu'il subit lors de sa circulation entre différents « compartiments » de l'environnement (atmosphère, biosphère, sols, roches, hydrosphère). On distingue les réservoirs (quantités stockées) et les échanges (flux). Les principaux cycles biogéochimiques concernent un corps simple, l'eau, et quelques éléments majeurs (ici : carbone, azote, phosphore). Ces cycles sont permanents, simultanés et interdépendants (tous les éléments doivent être présents en quantité suffisante pour permettre la synthèse de la matière organique), mais par commodité ils sont souvent étudiés séparément.
74. Dans les écosystèmes forestiers, les cycles biogéochimiques sont particulièrement performants. Ils sont relativement rapides avec un taux de recyclage important qui couvre l'essentiel des besoins des plantes, et permettent ainsi une production biologique durable dans des milieux où les réserves nutritives des sols sont souvent limitées (Ranger, 2007).

### Cycle de l'eau

75. Le cycle de l'eau évoque la permanence des échanges entre l'eau de surface et l'eau atmosphérique, par le jeu combiné des précipitations et de l'évaporation. La forêt influence les flux d'eau :
- superficiels : les sols forestiers possèdent une capacité de rétention en eau importante et contribuent à réguler les débits des rivières (§ 4.2.1 ; § 7.6). D'autre part, la présence de forêt permet de limiter le ruissellement des eaux pluviales (les souches, racines et litière du sol sont autant d'obstacles à l'écoulement de l'eau) et permet une meilleure infiltration dans les sols. Dans une forêt gérée durablement, il n'existe en règle générale aucun ruissellement de surface, même sur forte pente (Otto, 1998), ce qui protège les sols contre l'érosion (§ 7.4) ;
  - vers le sous-sol : l'infiltration de l'eau dans les sols contribue au rechargement des nappes phréatiques (service écosystémique de régulation non traité dans le cadre de ce rapport) ;
  - vers l'atmosphère : les arbres puisent l'eau profondément dans les sols et la transmettent à l'atmosphère par transpiration. En France métropolitaine, au cours d'une journée ensoleillée, sans déficit en eau dans le sol, la transpiration d'un peuplement fermé est typiquement de l'ordre de 2 à 4 mm/jour (=20 à 40 m<sup>3</sup> d'eau/ha, quelle que soit la densité d'arbres) (Chiffres de l'INRA<sup>40</sup>). Ce phénomène, combiné à l'évaporation directe d'une partie des précipitations au niveau du sol ou du feuillage des arbres, constitue un flux important d'eau vers l'atmosphère appelé évapotranspiration, pouvant influencer en retour le régime des précipitations et les températures (§ 7.2.2.1).

### Cycle du carbone

76. La dynamique du carbone dans les écosystèmes forestiers joue un rôle important dans la composition de l'atmosphère et par extension dans les mécanismes liés à la régulation du climat global (§ 7.1). Le cycle du carbone en forêt fait intervenir :
- Le prélèvement de carbone atmosphérique lors de la photosynthèse et son stockage dans la biomasse par les végétaux<sup>41</sup> ;
  - le transfert de carbone au sol : principalement sous la forme de feuilles mortes et de débris ligneux, mais aussi par exsudation de composés organiques par les racines des végétaux<sup>42</sup> ou par les déjections animales ;

---

<sup>40</sup> <https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/fr/fiche/transpiration-et-regulation> (consulté le 12/04/2018)

<sup>41</sup> La photosynthèse permet le passage du carbone minéral atmosphérique (CO<sub>2</sub>) à du carbone organique (glucides : C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>O<sub>n</sub>) et libère de l'oxygène

<sup>42</sup> L'exsudation correspond à l'excrétion d'un liquide comprenant des sels minéraux et divers composés organiques par les racines des végétaux.

- le relargage de carbone vers l'atmosphère au travers : (i) de la respiration autotrophe des végétaux (ii) et le processus de décomposition des débris organiques par les micro-organismes (iii) de la combustion.

## Cycle de l'azote

77. L'azote est à la fois un élément nutritif essentiel aux plantes et aux animaux, et un polluant lorsqu'il se trouve en excès dans le milieu. Son cycle est complexe et met en jeu un grand nombre de composés minéraux ou organiques. Dans les écosystèmes forestiers (hors pratiques de fertilisation, relativement rares en forêt), l'essentiel de l'azote utilisé par les végétaux provient du recyclage des éléments au sein même de l'écosystème. Chapin (1991)<sup>43</sup> a estimé à 93 % la part d'azote recyclée dans les forêts tempérées non-perturbées. Les apports se font uniquement par voie atmosphérique :
- par la fixation biologique d'azote par les plantes de la famille des légumineuses<sup>44</sup> - principalement dans les régions méditerranéennes et tropicales ;
  - ou par dépôts et concentration dans les sols de polluants atmosphériques azotés<sup>45</sup>. Ce flux d'azote unidirectionnel d'origine anthropique peut occasionner des perturbations importantes au sein de l'écosystème (eutrophisation, acidification des sols).

Les pertes azotées sous peuplement forestier (sous forme de nitrates dissous dans l'eau) sont généralement faibles voire nulles, ce qui conduit à un effet de protection vis-à-vis de la qualité de l'eau (§ 7.5).

## Cycle du phosphore

78. De même que l'azote, le phosphore est un élément nutritif essentiel à la vie, mais présent en excès il est responsable de perturbations importantes au sein des écosystèmes. A la différence de l'eau, du carbone et de l'azote, le cycle du phosphore ne fait pas intervenir de phase gazeuse significative, et par conséquent le compartiment atmosphère joue un rôle faible. Le cycle du phosphore dans les écosystèmes forestiers non perturbés est quasiment fermé, très économe. Il se caractérise par des stocks importants dans les sols en quantité mais qualitativement peu disponibles pour les plantes<sup>46</sup>, des flux écologiques (du sol vers la végétation ou inversement, etc.) modestes par comparaison, et des apports (par altération de la roche mère, transferts latéraux et dépôts atmosphériques) extrêmement faibles mais suffisant pour compenser les pertes (par transferts hydriques principalement). Le phosphore est donc recyclé très efficacement par le retour des litières au sol. D'après les travaux de Chapin (1991), environ 90% du phosphore disponible dans les sols pour les végétaux en forêts tempérées proviendrait du recyclage de cet élément au sein de l'écosystème<sup>47</sup>.

---

<sup>43</sup> Travaux cités par Lévêque (2001).

<sup>44</sup> Au total, les légumineuses représentent 13 500 espèces réparties en 650 genres, selon l'Encyclopédie Universelle, en particulier présentes dans les régions méditerranéenne (caroubier, « mimosas », etc.) et tropicale (acacias, flamboyants, etc.). Elles vivent en symbiose avec une bactérie de type rhizobium, qui forme des nodules racinaires, et fixent l'azote atmosphérique. Les produits de cette fixation (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ou NH<sub>3</sub>) sont généralement transformés par d'autres bactéries en nitrates avant d'être assimilés par les plantes.

<sup>45</sup> Ces polluants présents dans l'atmosphère proviennent principalement de l'épandage d'engrais agricoles et de la combustion des énergies fossiles.

<sup>46</sup> Seule une très faible fraction du stock de Phosphore est *biodisponible*, c'est à dire présent sous une forme assimilable par les plantes, et celle-ci est rarement suffisante pour permettre une nutrition optimale des végétaux. Par conséquent, le phosphore est souvent le facteur limitant de la productivité des écosystèmes aquatiques et terrestres. Les mycorhizes, champignons symbiotiques spécialisés, jouent un rôle clé dans l'exploitation par les plantes des réserves de phosphore.

<sup>47</sup> Travaux cités par Lévêque (2001).

## 4.2.5 Emissions de composés organiques volatils

79. Les composés organiques volatils (COV) constituent une grande famille de produits aux caractéristiques variables, contenant du carbone, et qui se trouvent à l'état de gaz ou s'évaporent facilement dans les conditions normales de température et de pression (hydrocarbures, solvants, etc.). Toutes les plantes émettent des hydrocarbures lors de leurs échanges gazeux avec l'atmosphère. Ces COV - essentiellement composés aromatiques et autres huiles essentielles, terpènes notamment, isoprène pour les feuillus, pinène et limonène pour les résineux (Lemaire et Bakès, 2007) - sont émis en quantité non négligeable par la forêt.
80. Une estimation des émissions biogéniques annuelles (c'est-à-dire d'origine naturelle, par opposition aux émissions anthropogéniques) de composés organiques volatils non méthaniques dues à la couverture forestière en France a été réalisée (estimation réalisée sur les années 1994-1998, en prenant en compte 32 essences, représentant 98 % de la forêt française). Au niveau national, les émissions d'isoprène par les forêts (457 Kt/an) représentent environ 49 % de l'émission totale, les monoterpènes (350 kt/an) et les autres composés organiques volatils (129 kt/an) représentent respectivement 37% et 14 % du total. L'émission biogénique annuelle de COV en France représente sensiblement la moitié de la source anthropique. L'étude montre des résultats contrastés selon les régions : dans la zone méditerranéenne, les émissions naturelles peuvent largement dépasser, durant certaines périodes, les émissions anthropiques. Ces résultats demeurent empreints d'une incertitude importante (Luchetta *et al.*, 2000).
81. Ces COV sont parties prenantes dans des processus qui interviennent au niveau de la régulation du climat à l'échelle locale : ils favorisent notamment la condensation et donc la formation des nuages à basse altitude au-dessus des forêts (§ 7.2), augmentant de ce fait la réflectivité (l'albédo) (Ellison *et al.* 2017). Les COV sont aussi des précurseurs de l'ozone, dont l'impact sur la qualité de l'air et la santé humaine est évoqué plus loin (*cf.* Encadré sur les contraintes p 97).

## 4.2.6 Interactions biophysiques avec l'atmosphère

82. La forêt entretient des liens étroits et de différentes natures avec l'atmosphère, avec des rétro-effets multiples, impliquant différentes échelles spatiales et temporelles.
83. Les échanges gazeux entre l'atmosphère et la végétation sont permanents, dominés par quelques gaz (eau, dioxyde de carbone, dioxygène) et étroitement liés aux processus de photosynthèse et de respiration (*cf.* Encadré 4.2). **L'évapotranspiration**, particulièrement importante du point de vue des services écosystémiques, résulte des phénomènes combinés de transpiration biologique des végétaux et d'évaporation des précipitations depuis le sol ou les houppiers des arbres (lorsque l'eau de pluie est interceptée et n'atteint pas le sol). Ce faisant, les forêts contribuent au maintien d'une certaine humidité de l'air, à la formation de brouillards ou nuages, et aux précipitations régionales et globales (*cf.* régulation du climat local, §7.2.2.1). Par évapotranspiration elles consomment aussi de l'énergie et refroidissent en contrepartie la surface.
84. Ce refroidissement est cependant compensé au moins en partie par un mécanisme aux conséquences inverses (pour la forêt) appelé **effet albédo**. L'albédo est la part du rayonnement solaire incident qui est réfléchi par une surface, directement liée à la couleur de cette surface. Les forêts, du fait de leur couleur foncée, possèdent un albédo faible. Moins de rayonnement solaire réfléchi signifie plus d'absorption par la surface continentale, ce qui a pour conséquence un réchauffement de l'atmosphère. A l'inverse, si la surface est de couleur claire – comme la neige, la glace, le sable, et dans une moindre mesure les sols nus – les rayons sont majoritairement renvoyés vers le ciel (albédo fort). Ainsi, par son albédo la forêt contribue plus que d'autres occupations du sol à une élévation des températures - et ceci encore davantage sous les hautes latitudes où, en l'absence de forêts, les sols sont enneigés une grande partie de l'année.

85. L'importance relative de l'évapotranspiration et de l'albédo est variable, notamment selon le type de forêt (feuilles persistantes ou caduques) et le type de précipitation (neige ou pluie). Combinée aux effets des forêts sur les cycles de différents gaz à effets de serre (carbone, eau...), elle détermine l'impact climatique de la forêt (cf. régulation du climat local, §7.2.2.1).

**Encadré 4.2 : Echanges gazeux liés aux activités physiologiques de l'écosystème forestier**

Les producteurs de biomasse primaire, c'est-à-dire les plantes chlorophylliennes, prélèvent dans l'air le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) nécessaire à la photosynthèse, et libèrent de l'oxygène (O<sub>2</sub>). Inversement, la respiration de tous les êtres vivants en forêt consomme de l'oxygène atmosphérique et produit du CO<sub>2</sub>. Les décomposeurs des matières organiques participent à ce processus respiratoire. En considérant la forêt globalement, on peut admettre que dans les grandes lignes le bilan des fixations et libérations de CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> est équilibré (avec un découplage plus ou moins important dans le temps suivant que le peuplement est en phase de croissance, de pleine production, de vieillissement ou de sénescence) (Otto, 1998). Les changements globaux viennent cependant remettre en question cet équilibre.

86. La forêt constitue aussi un obstacle aux flux d'air horizontaux et, de ce fait, intervient sur les mouvements atmosphériques. Cet effet est davantage lié aux structures forestières comme la taille des arbres, leur densité, etc. (effet « physique ») qu'au fonctionnement écologique. Comme il se traduit par des effets bénéfiques sur les activités humaines, il sera abordé en tant que service écosystémique (cf. régulation du climat local, §7.2.2.1). En outre, les particules fines en suspension, déplacées par les mouvements d'air, se déposent en partie sur les feuillages des arbres avant d'être concentrées par la pluie dans les sols forestiers. Ce phénomène possède l'avantage de filtrer l'air et de le nettoyer en partie des poussières et polluants, ce qui est également considéré comme un service écosystémique (§7.2.2.1).

## 4.2.7 - Mortalité des arbres

En forêt exploitée, la mort des arbres est d'abord provoquée par la coupe et la récolte de bois qui s'ensuit. Ces opérations laissent sur le parterre des coupes du bois mort sous forme de rémanents constitués de bois aérien de petite dimension, de gros bois impropres à la consommation et abandonnés en forêt, de l'ensouchement qui n'est que très rarement extrait. Elles limitent mais n'excluent pas la mortalité naturelle qui s'exprime par ailleurs largement dans les forêts non ou peu gérées.

En forêt naturelle, la mortalité est la conséquence de phénomènes variés qui vont du renversement des arbres (chablis) ou du bris d'une partie majeure des arbres (volis) sous l'effet du vent ou d'autres météores (neige lourde, verglas, foudre, forte pluie) à la mort sur pied suite à l'action de la sécheresse, du gel, d'un incendie, d'un insecte ou champignon pathogène (Riera et al., 1988). Ces facteurs peuvent être combinés entre eux. Ils se conjuguent aussi avec un éventuel affaiblissement des arbres dû à l'âge ou à la concurrence. Les ouvertures qui en résultent dans les peuplements amorcent parfois une dégradation des sols pouvant aller jusqu'à proscrire le retour de la forêt. Heureusement, elles constituent en général le point de départ d'un nouveau cycle avec des conditions favorables au développement d'un processus de régénération.

## 4.2.8 - Régénération

La régénération s'exprime de façon très différente selon la taille des trouées dans lesquelles elle est susceptible de s'installer, les conditions locales de sol et climat (« la station »), le peuplement précédent et les peuplements alentour. Elle peut s'effectuer aussi en extension de la zone boisée (colonisation naturelle). Une grande trouée favorisera les espèces pionnières ou héliophiles qui germent dans de conditions de pleine lumière et sont capables de constituer rapidement un couvert. Les ambiances moins lumineuses seront plus favorables à des espèces structurantes, de soutien, à longue durée de vie, les « dryades » (Riera et al., 1988). Les semences peuvent être déjà présentes dans la banque de graines du sol ou bien être portées par le vent, les animaux...

Dans les forêts gérées françaises, le principal mode de régénération est fondé sur la régénération naturelle et souvent des coupes progressives qui ouvrent graduellement la canopée, en quelques années (de 10 à 30 ans en général) et dosent donc l'apport de lumière selon le tempérament des essences concernées (Lanier et Badré, 1986).



---

## **CHAPITRE 5**

**Quel est l'état des forêts métropolitaines et  
comment évolue-t-il ?**

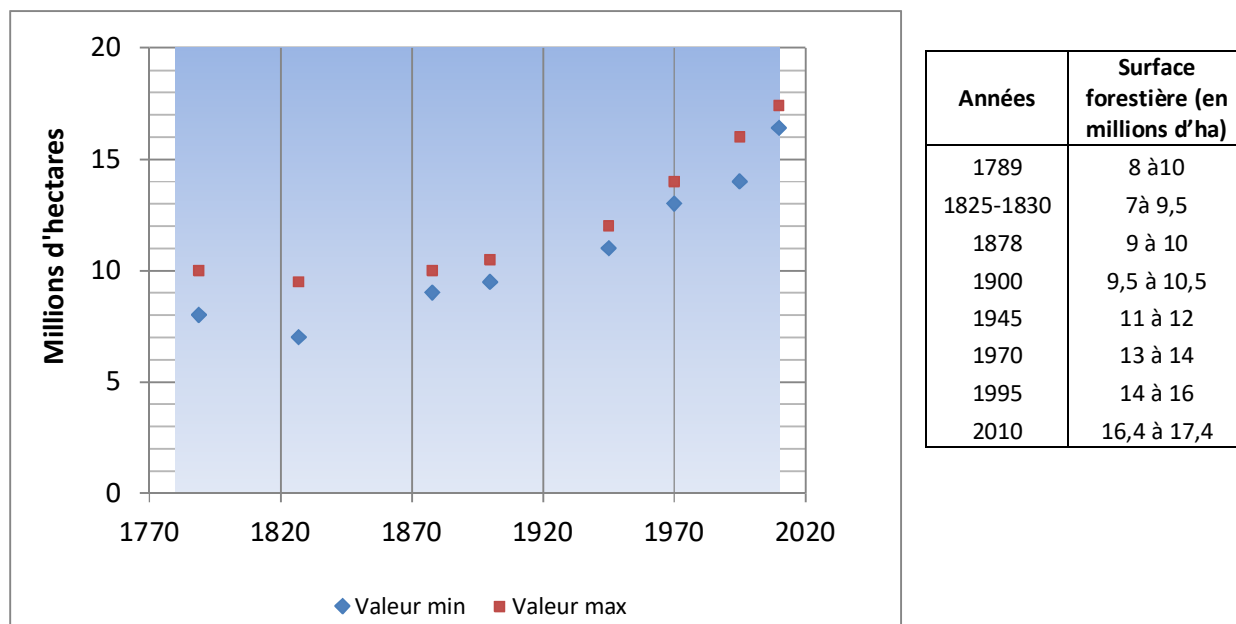
---

## 5.1 Des forêts en progression mais fragilisées

### 5.1.1 Expansion des surfaces depuis près de deux siècles

87. Au cours des deux derniers siècles, la forêt métropolitaine s'est largement développée, doublant sa surface depuis le début du XIX<sup>ème</sup> siècle. On estime que la surface forestière métropolitaine était comprise entre 8 et 10 millions d'hectares à la Révolution française. Le désordre social et réglementaire engendré par la Révolution, et les guerres napoléoniennes qui ont suivi, sont à l'origine d'une baisse de la superficie forestière : le minimum forestier est atteint autour de 1820. Depuis, la surface des forêts a doublé, passant d'une valeur comprise entre 7 et 9,5 millions d'hectares, à plus de seize millions d'hectares (Figure 5.1).

Figure 5.1 : Evolution de la surface forestière totale en France métropolitaine depuis la fin du XVIII<sup>ème</sup>



Les résultats sont exprimés en fourchettes de valeurs pour tenir compte des imprécisions sur l'utilisation du territoire et des divergences entre sources ou auteurs. Ces divergences sont en partie liées à différentes définitions de la forêt, incluant ou non les landes, notamment. La fourchette de valeur 2010 est calculée à partir des données des inventaires forestiers 2008 à 2012 (IGN). La borne inférieure correspond à la surface de forêts au sens strict (16.4 millions d'hectares) et la borne supérieure à la surface boisée totale incluant les bosquets et autres terres boisées (17.4 millions d'hectares).

Source : J.-L. Peyron (1998) ; IGN pour la valeur 2010

88. L'expansion des forêts métropolitaines depuis deux siècles s'explique d'abord par la libération de terres agricoles qui a permis leur reconquête naturelle par la forêt ou leur reboisement volontaire (plantations)<sup>48</sup>. Cette évolution a été accompagnée par une action volontariste des Pouvoirs publics dès la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle (en lien avec la prise de conscience de la nécessité de protéger

<sup>48</sup> Le terme de reboisement désigne ici toute introduction par l'homme d'une essence forestière, que ce soit par plantation ou par semis, dans des terrains déjà boisés ou non et que l'essence y soit autochtone ou non.

les forêts métropolitaines pour maintenir l’approvisionnement en bois de la société), puis entre 1947 et la fin des années 1990 (Fonds forestier national) (Encadré 5.1). Dans le même temps, les défrichements sont restés limités, encadrés par la législation et la réglementation.

**Encadré 5.1 : Expansion des surfaces forestières depuis deux siècles. Le Bouler et Legay (2013) distinguent quatre périodes :**

- De 1820 à 1860 : afforestation en grande partie naturelle des mauvaises terres agricoles abandonnées, s’accompagnant des débuts du reboisement par semis d’essences françaises, le plus souvent locales. Instauration du Code Forestier (1827), complété plus tard par la loi sur le défrichement (1859) ;
- De 1860 à 1910 : boisement en pin maritime des landes de Gascogne (1860) et de quelques régions atlantiques annexes, et reboisements liés à la politique de « Restauration des terrains en montagne » (1860);
- De 1910 à 1945 : période marquée par les reboisements en pins des mauvaises terres et la poursuite des reboisements naturels – en lien avec le début de la déprise agricole dans certaines régions. C’est durant cette période que sont reboisées ou boisées certaines zones classées en « zone rouge » (nord-est du territoire), fortement dégradées par les combats de la première guerre mondiale ;
- De 1945 à 2000 : les ravages des deux guerres poussent à prendre des mesures exemplaires. Création du Fonds forestier national (FFN) en 1946, qui a concentré ses efforts sur les boisements de résineux en moyenne montagne –essentiellement à base de douglas et d’épicéa commun. Plus de deux millions d’hectares de plantations financés par le FFN durant cette période. En outre, l’exode rural, complété par les gains de productivité de l’agriculture et la déprise agricole qui en est la conséquence, contribue à une colonisation naturelle ou au reboisement de terres abandonnées par l’agriculture (Peyron, 1998).

89. Cette expansion concerne, à des degrés divers, l’ensemble de la Métropole à l’exception de la Champagne (celle-ci a fait l’objet au XIXe siècle de boisements dont certains ont été remis en culture au cours du XXe siècle avant de retrouver partiellement à nouveau une destination forestière). Entre 1908 et 1981, les zones où l’expansion forestière a été la plus marquante sont situées dans le Massif central et la Bretagne (cf. Figure 5.2). Au cours des trois dernières décennies, les surfaces forestières ont continué à croître, particulièrement en Bretagne, dans les Alpes du Sud, la zone méditerranéenne et les Pyrénées). Elles occupent aujourd’hui 30% du territoire contre 25% en 1980 (cf. Figure 5.3) soit +0,6 %/an sur cette période. Cette progression est plus faible pour les forêts publiques (+0.4 %/an) que pour les forêts privées (+0.6%/an).
90. Les forêts continuent donc de progresser sur notre territoire à rythme soutenu. L’accroissement annuel des forêts métropolitaines est de 53 000 ha sur la période 1981-1996 puis semble plus fort sur la période 2006-2012 avec plus de 100 000 ha/an (Maaf, IGN, 2016). Cette évolution des forêts résulte principalement de la colonisation naturelle antérieure des terres agricoles abandonnées, qui sont passées à l’état de friche et landes, puis progressivement deviennent de véritables forêts. C’est pourquoi la surface de landes arbustives a tendance à diminuer simultanément (environ 2 millions d’ha en 1990 et 700 000 ha en 2010 selon Maaf, IGN, 2016).



### Encadré 5.2 : Quelle occupation forestière du territoire métropolitain dans les décennies à venir ?

Sur le territoire métropolitain, une remarquable expansion forestière caractérise les deux derniers siècles et presque tous les départements avec des rythmes variés mais, au total, un doublement des surfaces de forêts (§ 5.1.1). Elle s'est même renforcée au cours des années récentes (2006-2012) pour atteindre 100 000 ha/an (Maaf-IGN, 2016). Un tel rythme est-il susceptible de se maintenir encore plusieurs décennies ? Quels futurs sont envisagés pour cette variable clé qu'est l'occupation du territoire par la forêt ?

L'analyse de la contribution de la forêt et du bois à l'atténuation du changement climatique justifie des approches prospectives susceptibles de s'appuyer sur des projections d'évolution des surfaces de forêt. Ainsi, une première étude de l'IGN, aux horizons 2020 et 2030, postule une poursuite du rythme des années précédentes, soit une expansion de 100 000 ha/an (Colin, 2014). Une seconde étude INRA-IGN à l'horizon 2050 s'en tient quant à elle à un rythme dit modéré de 40 000 ha/an en moyenne au-delà de 2013 (Roux, Dhôte et al., 2017).

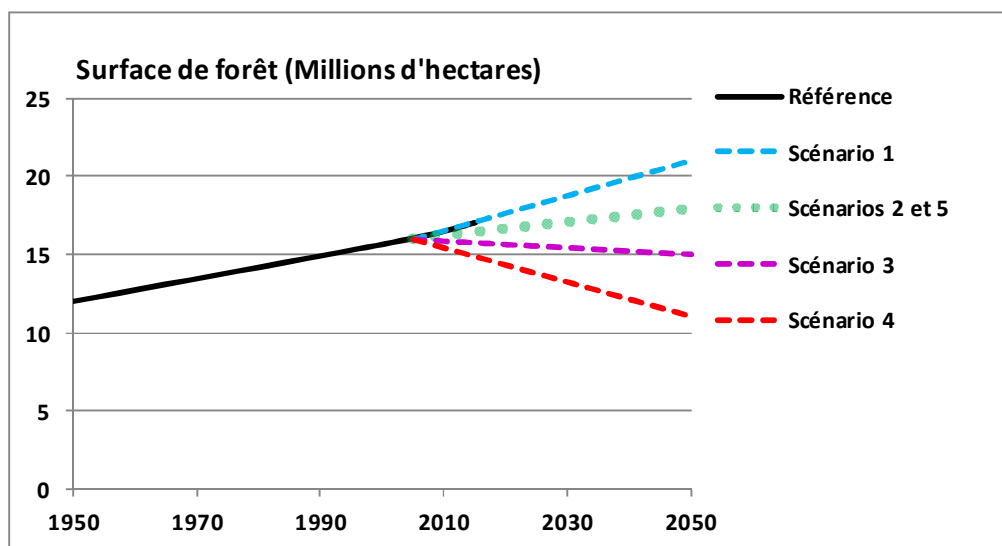
La démarche la plus complète et quantifiée en la matière est cependant une prospective réalisée à l'initiative du Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (Bourgau et al., 2008). Elle envisage cinq scénarios à l'horizon 2050 (Tableau 5.1). Tous sont caractérisés par les mêmes tendances lourdes (libéralisation des échanges, changement climatique, désengagement de la puissance publique, régression du secteur cynégétique). Ils se différencient en revanche par des modalités différentes dans des domaines sujets à des incertitudes critiques : gouvernance mondiale du carbone, marché des bois, choix sociétaux sur l'énergie, l'emploi et le développement local, équilibre agriculture - forêt, spatialisation des différentes fonctions de la forêt.

**Tableau 5.1** : Scénarios prospectifs à 2050 et surface des forêts françaises métropolitaines.

Scénarios	Surfaces de forêts en millions d'hectares		
	Total	dont production	dont courte rotation
Référence 1950	12	11	0
Référence 2005	16	15	ε
Référence 2015 (hors prospective)	17	16	ε
<i>Prospective à 2050</i>			
1 : « tout pour l'énergie »	21	20	5
2 : « tout pour le développement durable »	18	17	2
3 : « tout pour l'alimentation »	11	10	ε
4 : « concurrence alimentation-énergie »	15	14	5
5 : « les friches forestières »	18	17	ε

Si l'on oublie les motivations des différents scénarios pour ne retenir que les diverses hypothèses en termes d'évolution de la surface des forêts, on obtient les quatre scénarios futurs de la Figure 5.4

**Encadré 5.2 : Quelle occupation forestière du territoire métropolitain dans les décennies à venir ? (suite)**



**Figure 5.4** : Scénarios prospectifs et évolution de la surface des forêts métropolitaines.

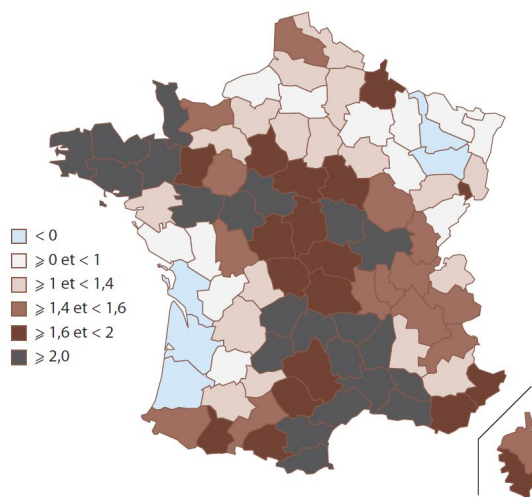
Cette prospective envisage donc une surface forestière en 2050 variant entre 11 et 21 millions d'hectares pour des scénarios particulièrement tranchés. Depuis 2005, la tendance réelle est conforme à l'expansion la plus forte qui est approximativement celle projetée jusqu'en 2030 par Colin (2014). Le second scénario envisage une expansion plus modérée semblable à celle retenue par Roux, Dhôte et al. (2017). Les deux scénarios en régression sont quant à eux largement mis en défaut par l'évolution constatée depuis 2005. Ils semblent pécher de deux points de vue : d'une part ils négligent l'inertie des principaux phénomènes en cause et notamment de la colonisation progressive de terres abandonnées par l'agriculture ; ils envisagent d'autre part des modifications drastiques, sans doute à un niveau mettant en cause leur plausibilité.

Qu'en conclure pour l'évolution des surfaces de forêt en France métropolitaine au cours du 21<sup>e</sup> siècle ? Les tensions entre occupations du sol croissent et sont déjà manifestes entre agriculture et artificialisation des terres : on s'attend donc à une certaine saturation de l'expansion forestière. Cependant, l'afforestation s'effectue dans des zones en déprise agricole et donc exemptes de tensions. Il est donc probable qu'elle se poursuive encore durant quelques décennies avant de se réduire. La forêt est également touchée par l'artificialisation des terres mais à un niveau qui reste faible et contrôlé par des dispositions législatives et réglementaires relativement strictes. S'il faut tenter un pronostic, disons qu'en 2050 la surface des forêts métropolitaines pourrait être comprise entre 18 et 21 millions d'hectares et que cette fourchette reste plausible pour la fin du 21<sup>e</sup> siècle.

## 5.1.2 Forte augmentation du volume de bois des arbres vivants en forêt

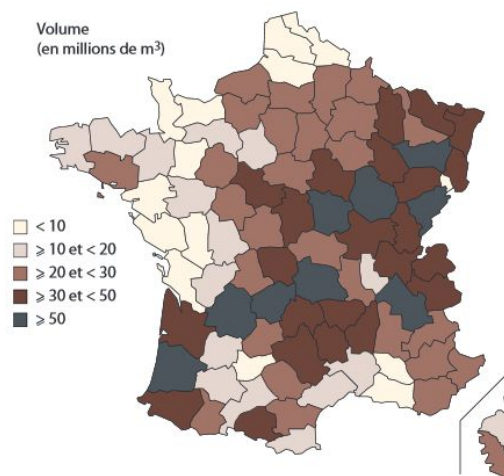
91. Le volume des arbres vivants en forêt correspond à la différence entre plusieurs flux : d'une part la production biologique (c'est-à-dire la vitesse d'accroissement des arbres<sup>49</sup>) ; d'autre part la mortalité naturelle des arbres et les prélèvements de bois par l'Homme. Cette métrique de description du peuplement d'arbres est surtout liée à une perspective d'exploitation forestière et fortement liée au service de fourniture de bois.
92. Si la surface des forêts métropolitaines a doublé en 200 ans, le volume total de bois des arbres vivants en forêt (également appelé « volume de bois vivant sur pied ») s'accroît de manière encore plus spectaculaire, au rythme d'un doublement en 55 ans dans les forêts disponibles pour la production de bois (qui représentent 95% de la surface forestière). Ramenée à la surface, cette augmentation reste très significative et correspond à un doublement du volume à l'hectare en moins de 100 ans (Maaf, IGN, 2016). Cette évolution concerne la majorité des forêts (catégories de propriété, types de forêts, régions) ; font exception les forêts domaniales, dont le volume de bois est stabilisé (Figure 5.6), une partie du sud-ouest (dont la forêt de pin maritime des Landes de Gascogne) qui a subi de plein fouet les tempêtes de 1999 et 2009 et une partie de la Lorraine après, également, la tempête de 1999 (Figure 5.5). En moyenne l'augmentation est plus forte pour les feuillus que pour les résineux (Maaf, IGN, 2016).

**Figure 5.5 Taux d'accroissement annuel départemental du volume de bois vivant dans les forêts disponibles pour la production de bois entre 1981 et 2009**



IGN, 2012

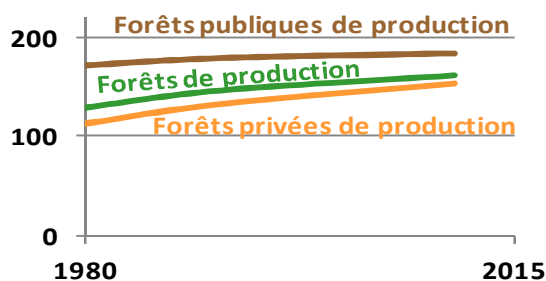
**Figure 5.6 : Volume de bois vivant dans les forêts disponibles pour la production de bois (Année moyenne 2009)**



IGN, 2012

<sup>49</sup> Dans le cadre de l'inventaire forestier (IGN), la production brute annuelle d'un peuplement correspond à l'accroissement biologique des arbres (en volume) sur une période d'un an. Elle comprend l'accroissement (gain moyen annuel en volume des arbres recensables) et le recrutement (gain moyen en volume des arbres qui ont franchi le seuil de recensabilité au cours de la même période). En déduisant le volume de bois perdu (mortalité) pendant la période considérée, on obtient la production nette. Dans le cadre de l'EFESE, la production biologique brute, la mortalité naturelle et la production biologique nette ont été estimées respectivement à 93,9, 9,0 et 84,8 millions de mètres cubes bois fort tige par an pour toute la forêt métropolitaine (16,4 millions d'ha en incluant les « autres forêts » non inventoriées) - cf. Annexe 4.

Figure 5.7 : Volume de bois des arbres vivants par hectare de forêt



Peyron, 2015 (In : Maaf, IGN, 2016)

Domaine : forêts de production (inventoriées)

93. Inégalement réparti sur le territoire (cf. Figure 5.6), le volume total de bois des arbres vivants des forêts métropolitaines s'établit donc à **2,6 milliards de m<sup>3</sup>** et continue donc d'augmenter<sup>50</sup>. Par hectare de forêt, ce volume et son évolution sont variables selon le type de propriété (Figure 5.7). La moyenne nationale (160 m<sup>3</sup>/ha) reste inférieure à celle de la plupart des pays d'Europe centrale (Forest Europe, 2015).
94. L'augmentation du volume de bois sur pied en Métropole s'explique en partie par l'expansion continue des surfaces depuis deux siècles et la relative jeunesse des forêts qui en résulte. En outre, l'augmentation progressive de la part des résineux au fil du temps et la conversion des anciens taillis (E3) en taillis-sous-futaie ou futaie (E4) (d'où un allongement de la durée de la révolution) ont contribué à l'accroissement du volume moyen sur pied. Enfin, la pression d'exploitation qui a pesé sur la plupart des forêts jusqu'au XIXe siècle s'est globalement relâchée à partir de la révolution industrielle, notamment du fait du développement de sources d'énergies alternatives. Les prélèvements de bois en forêt sont désormais faibles au regard de l'accroissement biologique des arbres (51 % en moyenne en 2010)<sup>51</sup>, en raison (i) de l'existence de contraintes physiques sur certaines parcelles (fortes pentes, terrains humides, accès difficile, etc.) qui ne permettent pas d'exploiter ou à des coûts trop élevés (ii) des diversités en essences et types de forêts qui compliquent et renchérissent la gestion ; (iii) d'une propriété privée très morcelée qui constitue un frein dans la mise en valeur économique des parcelles (3,3 millions de propriétaires forestiers, dont les 2/3 possèdent moins de 1 hectare de forêt) (§ 2.5).

### 5.1.3 L'état de santé des peuplements forestiers réclame de la vigilance

95. Le déficit foliaire offre un reflet de l'état de santé des peuplements forestiers. Plus ce déficit est important, plus l'état de santé des peuplements est dégradé. Le déficit foliaire constitue ainsi un indicateur clé du suivi de la santé des forêts dans les systèmes de comptes de la forêt (CGDD, 2013). L'état sanitaire des forêts métropolitaines a été fragilisé par les événements météorologiques passés, principalement les tempêtes de 1999 et 2009 et la sécheresse de 2003, ce qui se traduit par un déficit foliaire en augmentation depuis le début des années 2000, tant pour les résineux que les feuillus, et particulièrement marqué dans le Sud-est méditerranéen (Figure 5.8). La mortalité des arbres est également en augmentation depuis 1980, en lien probable avec les événements météorologiques exceptionnels évoqués plus haut auxquels s'ajoute l'effet de la croissance du volume de bois des arbres vivants par hectare de forêt (Peyron, 2015).

<sup>50</sup> Estimation à partir des données des campagnes d'inventaire 2008 à 2012 pour toute la forêt métropolitaine (en incluant les « autres forêts » non inventoriées), cf. Annexe 4.

<sup>51</sup> Chiffre calculé à partir des estimations de la production biologique, de la mortalité et des prélèvements pour toute la forêt métropolitaine (en incluant les « autres forêts » non inventoriées) - cf. Annexe 4.



Figure 5.8 : Part des arbres ayant un déficit foliaire modéré ou sévère en France métropolitaine



Source : Maaf, IGN, 2016

## 5.2 Une biodiversité en forêt dont l'état et l'évolution restent difficiles à évaluer de manière globale

96. La biodiversité en forêt fait l'objet de différents suivis. A l'échelle paneuropéenne et nationale, elle constitue depuis 1995 l'un des six critères définis pour évaluer la durabilité de la gestion forestière<sup>52</sup> dans le cadre du processus d'évaluation des forêts européennes « Forest Europe » et de la publication quinquennale des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines (IGN). Depuis 2012, l'Observatoire national de la biodiversité (ONB) se dote également progressivement d'un bouquet d'indicateurs dans ce domaine<sup>53</sup>. Les efforts de suivi de la biodiversité en forêt restent néanmoins lacunaires et segmentés entre ces différents processus d'évaluation<sup>54</sup>.

<sup>52</sup> Il s'agit du Critère 4 « Maintien, conservation et amélioration appropriée de la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers » qui regroupe au total 9 indicateurs paneuropéens et 1 indicateur dit « national » spécifiquement français.

<sup>53</sup> Les indicateurs sont mobilisés pour apporter un éclairage sur des questions de société : <https://naturefrance.fr/les-milieux-forestiers>

<sup>54</sup> Fortes de ce constat, les parties prenantes (scientifiques, gestionnaires privés et publics, décideurs) réaffirment régulièrement la nécessité de développer des jeux d'indicateurs supplémentaires pour la biodiversité en forêt : par exemple

97. Nul indicateur ne saurait rendre compte de l'état de la biodiversité dans son ensemble : les indicateurs évaluent des compartiments partiels de la biodiversité, en lien étroit avec la disponibilité des données. Les indicateurs mobilisés sont de deux types (Nivet *et al.*, 2012) :
- des indicateurs « taxonomiques », élaborés à partir du suivi direct de la variété, de l'abondance ou de la distribution spatiale de certaines espèces (ou de tout autre niveau d'organisation du vivant, depuis les gènes jusqu'au groupe d'espèces). Les suivis existants portent sur un nombre d'espèces assez restreint : arbres, oiseaux, certaines espèces rares ou menacées, *etc.* De profondes lacunes subsistent, notamment pour certains groupes qui remplissent des fonctions importantes au sein des écosystèmes forestiers et sont parfois menacés d'extinction (champignons, mousses, lichens, certains coléoptères, *etc.*)
  - des indicateurs « indirects », fondés sur des données écologiques qui décrivent la structure du paysage ou de la forêt (abondance de très gros arbres, présence de bois mort, *etc.*). Ils donnent des renseignements précieux sur la biodiversité et sont censés traduire la présence ou l'abondance de certaines espèces ou groupes d'espèces.
98. Nous présentons ici des indicateurs-clés considérés comme pertinents (c'est-à-dire robustes d'un point de vue scientifique) et légitimes (diffusés largement, reconnus et utilisés par les parties prenantes).

## 5.2.1 Des suivis taxonomiques restreints à quelques espèces

### Une diversité des arbres qui tend à augmenter

99. Les arbres sont des espèces-clés des écosystèmes forestiers ou espèces « structurantes », dont la perte provoquerait des changements massifs dans la structure et les processus de l'écosystème. L'abondance et la répartition des espèces d'arbres (également appelés essences) est sous le contrôle à la fois du gestionnaire forestier (introduction, sélection des essences) et des conditions du milieu (sol, climat, relief). La diversité des essences forestières dans les peuplements semble intéressante à double titre : (i) pour elle-même (indicateur direct renseignant sur l'état d'un groupe taxonomique : les arbres) et (ii) en tant qu'indicateur indirect d'une biodiversité plus générale au sein d'une forêt donnée. En effet, pour certains auteurs, la diversité des arbres tend à favoriser la biodiversité des autres taxons (voir par exemple à ce sujet Schmit *et al.*, 2012, sur la relation entre diversité des arbres et diversité des champignons).
100. Un indicateur, calculé dans le cadre de la publication des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines de l'IGN, s'intéresse à la « richesse locale en essences forestières ». Toutes les essences présentes sont prises en compte dès lors que leur dimension est supérieure au seuil de recensabilité de l'inventaire forestier<sup>55</sup>. Ainsi, les forêts métropolitaines inventoriées présentent en moyenne 5 espèces d'arbres (sur une placette de 20 ares) et plus de la moitié de la surface forestière métropolitaine possède au moins 5 essences recensables (Maaf, IGN, 2016, indicateur 4.1). La diversité des arbres est plus élevée au sein des peuplements mixtes (5,6 essences) et de feuillus (5,2 essences) qu'au sein des peuplements de résineux (3,3 essences). Cette richesse moindre s'explique notamment par la proportion de monoculture plus forte en peuplements de résineux : les peuplements monospécifiques (une seule espèce d'arbre) représentent au total 8 % de la surface forestière métropolitaine mais 5 % des peuplements feuillus et près d'un quart (21 %) des peuplements résineux.

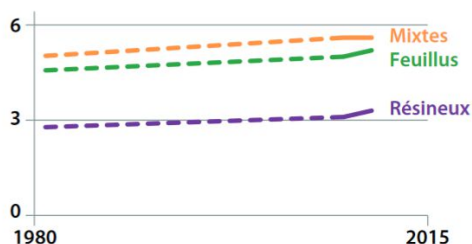
---

lors du colloque « Indicateurs forestiers de gestion durable » organisé à Montargis en 2011 et dans l'ouvrage de synthèse coordonné par Ecofor sur les indicateurs de biodiversité forestière (Nivet *et al.*, 2012).

<sup>55</sup> L'unité de mesure est le nombre d'essences recensables (arbres dont le diamètre, mesuré à 1,30 mètre du sol, est supérieur à 7,5 cm) observé sur une placette d'observation circulaire de 25 mètres de rayon autour du point d'inventaire (20 ares). Le champ de l'indicateur est celui de la forêt de production (y compris peupleraies) hors peuplements non recensables.

101. Une tendance à l'augmentation du nombre moyen d'essences dans les forêts métropolitaines semble se dessiner (Figure 5.9). Elle est largement liée à des choix de gestion (actions des sylviculteurs en faveur des essences d'accompagnement, large part laissée à la régénération naturelle, sélection modérée en lien avec la faiblesse des prélèvements de bois en forêt, etc.). en lien avec des conditions pédoclimatiques métropolitaines qui sont globalement favorables et permettent une bonne diversité (sauf milieux très contraints, par exemple en altitude). L'extension des forêts par une colonisation spontanée principalement et la gestion extensive d'une grande partie des surfaces forestières contribuent à la richesse locale en essences et à son amélioration progressive.

**Figure 5.9 : Richesse en essences au niveau local (nombre d'essences par placette de 20 ares)**



Source : Peyron, 2015 (In : Maaf, IGN, 2016)  
 Domaine : forêts de production (inventoriées)

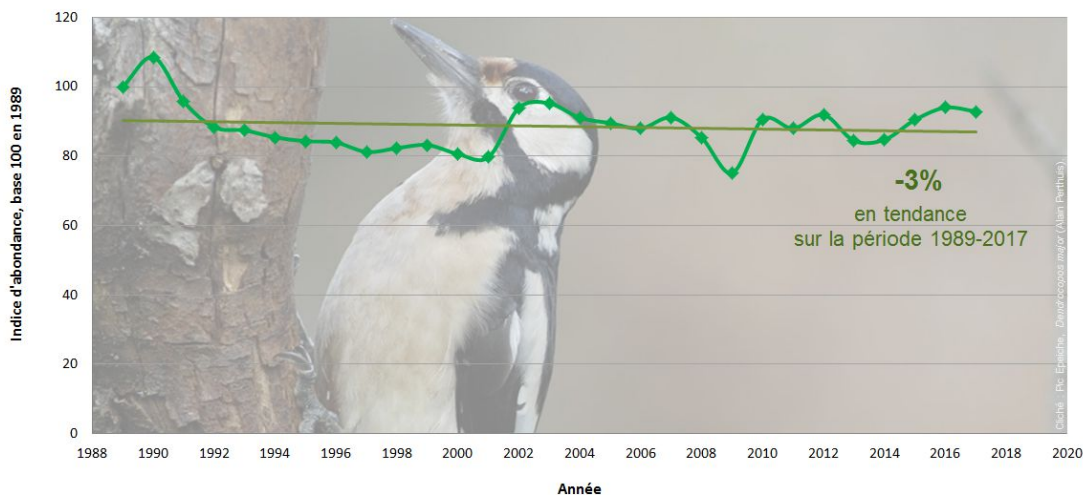
102. La diversité des essences est un atout pour certains pans de la biodiversité et pour le gestionnaire dans un contexte d'adaptation des forêts au changement climatique. Elle contribue, dans certaines conditions, à la performance de l'écosystème forestier en matière de fonctionnement (en matière de productivité et décomposition (§ 4.2.2 et § 4.2.3)). Pour autant, l'augmentation constatée ne signifie pas que l'écosystème se rapproche d'un état écologique « de référence » antérieur à l'influence de l'Homme sur la forêt. En effet, en Europe, certaines hêtraies sont des forêts naturellement monospécifiques, tout comme certaines forêts de sapins et d'épicéas. Elles seraient peut-être majoritaires sans l'action de l'Homme, qui n'a cessé d'introduire des essences (indigènes ou exotiques), favorisant de fait les peuplements mélangés.

## L'abondance des populations d'oiseaux forestiers s'est stabilisée

103. Le protocole de Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC) du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) permet depuis 1989 un suivi systématique de l'abondance des populations d'oiseaux communs sur le territoire métropolitain. Si certaines espèces d'oiseaux sont généralistes (elles s'épanouissent dans une large gamme d'habitats, faisant usage d'une grande variété de ressources), d'autres ont des exigences écologiques plus strictes (pour leur alimentation, la reproduction, etc.) ne pouvant être satisfaites que dans des conditions environnementales particulières : elles sont dites « espèces spécialistes » d'un habitat donné. En cas de perturbations, ces espèces sont plus affectées que les espèces généralistes a priori plus tolérantes aux changements. Une diminution de l'abondance des espèces spécialistes est donc le reflet d'une perturbation qualitative ou quantitative de leur habitat, concernant par exemple les ressources, le dérangement, ou la disponibilité en sites de nidification dans le cas des oiseaux. Ce suivi constitue ainsi (i) un indicateur direct renseignant sur l'état d'un groupe taxonomique donné (les oiseaux) et (ii) un bon indicateur (indirect) de l'état général des habitats forestiers.

104. Publié par le MNHN sur la base des données du STOC, l'indicateur ci-dessous permet de suivre, sur une période de 25 ans, l'évolution de l'abondance des populations d'oiseaux communs spécialistes des milieux forestiers<sup>56</sup>. Cet indicateur est d'ailleurs repris depuis 2015 par l'Observatoire national de la biodiversité (en ligne)<sup>57</sup>. Après une phase d'érosion à la fin des années 80, l'évolution de l'abondance des oiseaux communs forestiers s'est stabilisée au début des années 2000 (Figure 5.10). Cette évolution diffère cependant largement selon les parties du territoire que l'on considère, avec des « points chauds » en Bretagne, Pays de la Loire, Haute-Normandie, Île de France, Lorraine et Provence-Alpes-Côte d'Azur où les diminutions de l'indice d'abondance sont les plus importantes (Figure 5.11). En parallèle, on note une diminution plus importante des populations d'oiseaux spécialistes d'autres milieux (bâti, agricoles) et une nette hausse des espèces généralistes.

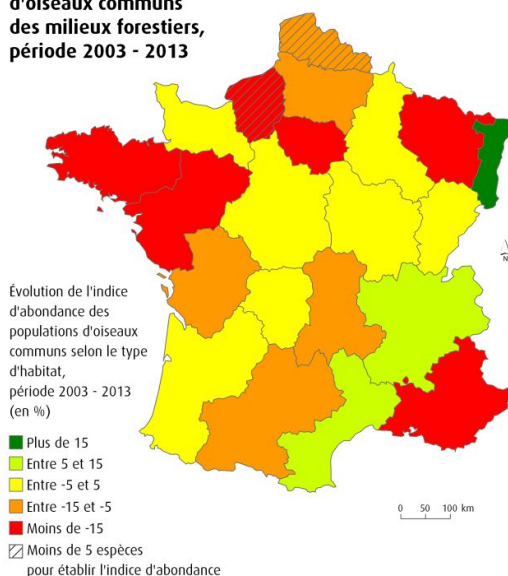
**Figure 5.10 : Evolution de l'abondance des populations d'oiseaux communs forestiers (période 1989-2017)**



**ONB** Visuel ONB, d'après :  
 Origine des données : Programme STOC de Vigie Nature  
 Traitements : CESCO - UMS Patrinat, décembre 2017

**Figure 5.11**

**Évolution de l'indice d'abondance des populations d'oiseaux communs des milieux forestiers, période 2003 - 2013**



Source : MNHN - CESCO, 2015. Traitements : 50eS, 2016

<sup>56</sup> Une espèce est considérée comme spécialiste lorsqu'au moins les deux tiers de ses effectifs sont concentrés dans un seul habitat. Pour la forêt : Pic épeiche, Pic mar, Pic cendré, Pic noir, Fauvette mélanocéphale, Pouillot de Bonelli, Pouillot siffleur, Pouillot véloce, Pouillot fitis, Roitelet huppé, Roitelet triple-bandeau, Sittelle torchepot, Grimpereau des jardins, Grimpereau des bois, Troglodyte mignon, Grive musicienne, Grive draine, Rouge-gorge familier, Mésange huppée, Mésange noire, Mésange nonnette, Mésange boréale, Grosbec casse-noyaux, Bouvreuil pivoine.

<sup>57</sup> <https://naturefrance.fr/indicateurs/evolution-de-labondance-des-populations-doiseaux-forestiers>

## Une partie des plantes et animaux forestiers sont considérés comme menacés (liste rouge)

105. Les listes rouges de l'Union internationale pour la conservation de la nature constituent l'évaluation mondiale la plus complète du risque d'extinction des espèces ou sous-espèces végétales et animales. En France, les listes rouges des espèces menacées sont co-élaborées par l'UICN et le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN). Elles permettent d'évaluer le degré de menace qui pèse sur une espèce dans une région donnée. Les catégories de la Liste Rouge (en danger critique, en danger, vulnérable, etc.) sont définies en fonction de critères et de valeurs seuils relatifs au risque d'extinction tels que la taille de la population de l'espèce, son taux de déclin, la superficie de sa répartition géographique ou son degré de fragmentation (UICN France et MNHN, 2014). En aucun cas elles ne correspondent à un classement de protection, même si elles peuvent motiver une protection ou la renforcer. En France métropolitaine, plus de la moitié des plantes forestières évaluées, 7% des mammifères forestiers évalués et 17% des oiseaux forestiers évalués sont considérés comme menacés (Tableau 5.2).

**Tableau 5.2 : Espèces forestières menacées (Liste Rouge) en France métropolitaine**

	Nombre d'espèces évaluées	Nombre d'espèces forestières menacées*	% d'espèces menacées
Plantes vasculaires	878	517	59
Mammifères	69	5	7
Oiseaux	116	20	17
Autres vertébrés	24	2	8
Invertébrés (papillons de jour et crustacés d'eau douce)	52	6	12

\* Sont considérées les espèces strictement forestières et les espèces au comportement mixte que l'on rencontre fréquemment en milieu forestier. Sont considérées comme menacées les espèces classées dans les catégories « disparue dans la nature » « En danger critique » (CR) ; « En danger » (EN) et « Vulnérable » (VU)

Source : à partir de Maaf, IGN, 2016

### 5.2.2 Des indicateurs indirects plus nombreux et mieux renseignés, mais permettant difficilement de conclure

#### Les volumes des bois mort et des très gros arbres en forêt augmentent de manière significative

106. Le bois mort et les très gros arbres sont des éléments essentiels au maintien d'une biodiversité typiquement forestière :

- le volume et la diversité des types de bois mort présents en forêt (debout, couché, à différents stades de décomposition, etc.) offrent différents types d'habitats pour un grand nombre d'espèces dites « saproxyliques » (qui dépendent du bois mort pour tout ou partie de leur cycle de vie). On estime que les espèces inféodées au bois mort représentent près du quart des espèces forestières en métropole, soit plus de 10 000 espèces de champignons, coléoptères, mousses, etc. (Nivet *et al.*, 2012),
- dans le cadre d'une méta-analyse de données européennes, une corrélation globale faible, mais positive et significative, a été démontrée entre le volume local total de bois mort et la richesse spécifique des espèces saproxyliques, coléoptères comme champignons (Lassauce *et al.* 2011). De nombreux autres exemples de relation positive et significative ont été publiés.

- d'autres études scientifiques ont mis en lumière l'intérêt de l'abondance des gros ou très gros arbres pour certains pans de la biodiversité forestière : les coléoptères saproxyliques, mais aussi certains oiseaux ou chauve-souris, des mousses et lichens...
- d'autres travaux insistent plutôt sur l'importance des arbres âgés ou d'arbres à microhabitats pour la biodiversité. Les microhabitats des arbres (par exemple des cavités, des fentes de l'écorce, des champignons...) sont en effet le lieu de vie de cortèges d'espèces hyperspécialisées, aux capacités de dispersion faibles, et qui par conséquent sont particulièrement sensibles aux perturbations. Ces microhabitats sont de plus en plus considérés comme des indicateurs potentiels de biodiversité, plus spécifiques que des structures telles que le volume de bois mort ou les très gros arbres vivants. En l'absence de données sur les microhabitats, on peut raisonnablement penser qu'il existe une relation entre le diamètre de l'arbre et la présence de microhabitats sur l'arbre (Vuidot *et al.*, 2011).

107. Il faut noter qu'un certain nombre de facteurs naturels ou anthropiques (aléas climatiques, maladies, pollution atmosphérique) peuvent occasionner des dépérissements d'arbres et augmenter fortement la présence de bois mort en forêt : ils dénotent alors une dégradation de l'état de l'écosystème.

108. Les volumes des très gros arbres et de différents types de bois mort (debout et au sol) font l'objet de suivis dans le cadre de l'inventaire forestier et ces données sont reprises (i) dans le critère 4 consacré à la biodiversité en forêt des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines (Maaf, IGN, 2016, Indicateur 4.5) et (ii) pour la construction d'un indicateur de biodiversité forestière dans le cadre de l'Observatoire national de la biodiversité (en ligne)<sup>58</sup>. Ce suivi réalisé dans le cadre de l'ONB montre une hausse significative du volume cumulé de bois mort (au sol et debout) et des très gros arbres dans les forêts métropolitaines entre deux périodes (2008-2012 et 2013-2016)<sup>59</sup>. Cette augmentation est principalement le fait des très gros arbres, dont le volume s'est accru de façon notable, tandis que les volumes des bois morts au sol et debout évoluent peu et de manière non significative (Figure 5.12). Ces résultats rejoignent ceux présentés dans la synthèse de Peyron (Maaf, IGN, 2016) montrant des volumes par hectare de très gros arbres et du bois mort sur pied en hausse entre 1985 et 2015, tandis que le bois mort au sol inventorié depuis 2008 reste globalement stable depuis lors.

109. Selon l'édition 2015 des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines, le volume moyen de bois mort au sol s'élève en moyenne à 16,8 m<sup>3</sup>/ha et le bois mort debout à 6,4 m<sup>3</sup>/ha, quand le bois vivant représente en moyenne 160 m<sup>3</sup>/ha (§ 5.1.2). Les peuplements mixtes sont ceux qui présentent le plus de bois mort au sol et sur pied, et les peuplements feuillus, le moins. Au niveau européen, la quantité de bois mort en forêt (au sol et debout) varie énormément d'un pays à l'autre, entre 5m<sup>3</sup>/ha et 15 m<sup>3</sup>/ha dans la plupart des cas et 11,5 m<sup>3</sup>/ha en moyenne. La France métropolitaine se place en deuxième position au niveau européen, après la Slovaquie (Forest Europe, 2015)<sup>60</sup>. De fortes disparités géographiques peuvent être constatées (Figure 5.13). Les régions de montagne (Massif central, Alpes du nord, Vosges, Pyrénées) présentent des quantités importantes de bois mort au sol, ce qui s'explique (i) par un volume de bois vivant sur pied plus élevé en montagne et (ii) par les épisodes neigeux fréquents qui favorisent les chablis et bris dans le houppier.

---

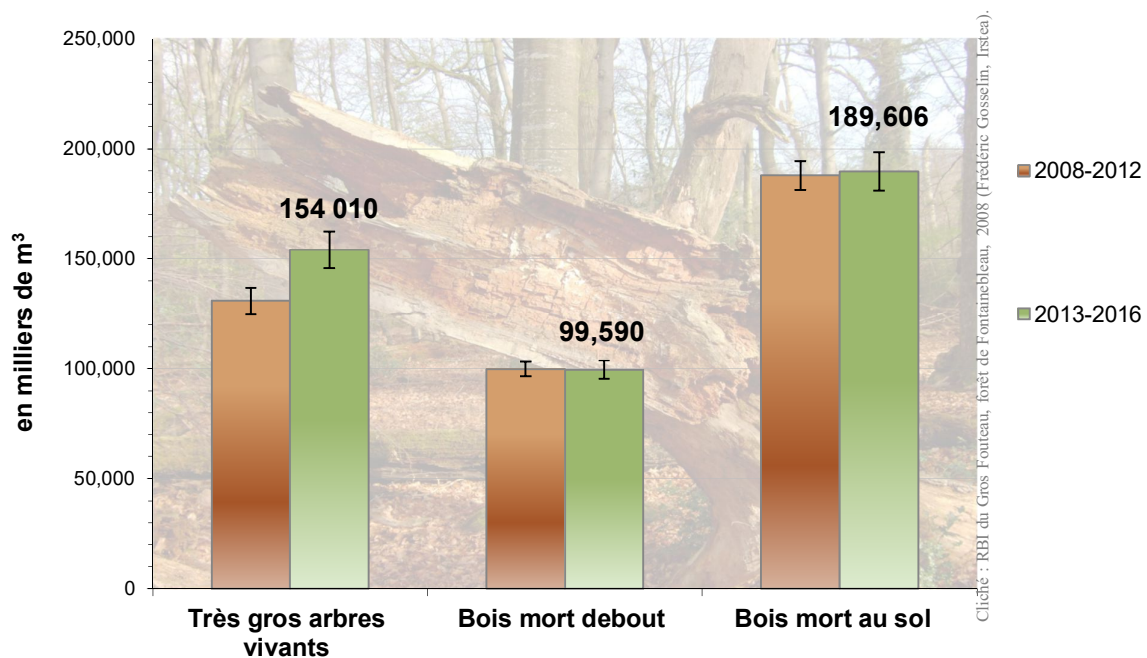
<sup>58</sup> <https://naturefrance.fr/indicateurs/tres-gros-arbres-et-bois-mort-en-foret>

<sup>59</sup> Domaine de référence : forêt de production y compris peupleraies (près de 95% de la surface forestière). Les seuils de diamètre utilisés pour caractériser les "très gros arbres" varient (i) selon le type d'arbre, les essences de plus petite taille se voyant attribuer un seuil plus bas (le type biologique de Rankier est ainsi utilisé pour classer les essences en trois groupes selon leur taille : macrophanérophytes, mésophanérophytes et microphanérophytes) et (ii) selon les conditions de fertilité (la GRECO Méditerranée étant distinguée du reste du fait de conditions environnementales contraignantes), soit :

- GRECO méditerranée : Macrophanérophytes : 60,0 cm, mésophanérophytes : 32,5 cm, microphanérophytes : 22,5cm
- Autres GRECO : Macrophanérophytes : 70,0 cm, mésophanérophytes : 45,0 cm, microphanérophytes : 27,5 cm

<sup>60</sup> Ces comparaisons doivent être faites avec prudence dans la mesure où les protocoles de mesure du bois mort en forêt ne sont pas forcément harmonisés entre les pays européens.

**Figure 5.12 : Volumes des bois considérés comme particulièrement favorables à la biodiversité en forêt métropolitaine pour les périodes 2008-2012 et 2013-2016**

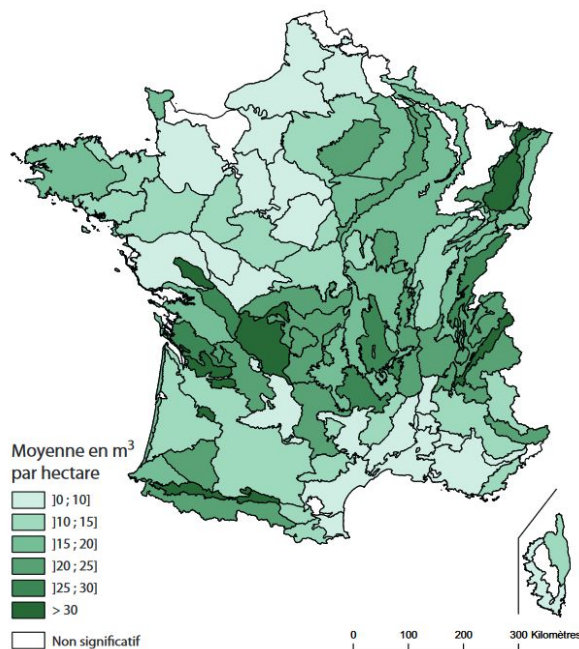


**Visuel ONB, d'après :**  
 Origine des données : IGN, inventaire national forestier  
 Traitements : IGN-Irstea- Ecofor, mai 2018

**Notes :** bois favorables à la biodiversité = bois mort au sol, bois mort debout, très gros arbres vivants ; périmètre = forêts de production y compris peupleraies.

Les volumes du bois mort debout et des très gros arbres vivants sont des volumes "bois fort tige" (volume tige et branche maîtresse jusqu'à diamètre 7 cm uniquement, hors petites branches et hors arbres de diamètre < 7,5 cm). Le volume du bois mort au sol est le volume toutes dimensions de bois mort au sol de diamètre ≥ 7,5 cm

**Figure 5.13 : Répartition géographique du volume moyen de bois mort au sol par hectare de forêt**



Source : Maaf, IGN, 2016  
 Domaine : forêts de production (inventoriées)

110. Les pratiques de gestion forestière sont centrales pour expliquer la quantité de bois mort et de très gros arbres vivants présents dans les forêts ; en effet, elles décident des diamètres de récolte des arbres et du maintien ou non de gros arbres sur pied, limitent la compétition entre arbres, assurent le bon état sanitaire des forêts et préviennent les risques, engendrent aussi du bois mort (rémanents d'exploitation), etc. Les très gros arbres sont de plus en plus représentés dans les forêts gérées métropolitaines, notamment du fait d'un faible taux moyen de prélèvement de bois (51%, cf. § 5.1.2). En revanche, les arbres dépérissant sont souvent récoltés avant que la mortalité ne les affecte afin de valoriser le bois et favoriser le renouvellement du peuplement, ce qui diminue le volume de bois mort en forêt. Certaines pratiques (peu fréquentes) peuvent restreindre beaucoup plus fortement la quantité de bois mort en forêt (récolte des rémanents, dessouchage, mais généralement les rémanents d'exploitation sont laissés sur place et alimentent le stock de bois mort). Une comparaison entre forêts exploitées et non exploitées (réserves intégrales), réalisée sur 17 forêts métropolitaines, a montré l'influence de l'exploitation forestière sur la structure des peuplements : le bois mort et les très gros arbres sont de fait moins abondants lorsque les forêts sont exploitées, avec un effet plus fort en forêts de plaine alors qu'en montagne la différence constatée est nettement moins importante (Paillet *et al.*, 2015).

### **Ancienneté et maturité : deux caractéristiques importantes du point de vue de la biodiversité mais difficile à évaluer**

111. Forêts anciennes et vieilles forêts (ou forêts matures) sont souvent confondues, toutes deux étant liées à des notions de durée, de temporalité. Pourtant ces deux états sont bien distincts et seront abordés successivement et séparément dans la suite du texte : l'ancienneté d'une forêt fait référence à la continuité de son état boisé au cours du temps et sa maturité est relative à l'avancement du développement biologique du peuplement d'arbres qui composent la strate arborescente dominante (Cateau *et al.*, 2015).

112. En France métropolitaine, une forêt est considérée comme ancienne si elle existe depuis au moins le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle (Savoie *et al.*, 2015 ; Cateau *et al.*, 2015)<sup>61</sup>. Ainsi, le fonctionnement forestier n'a pas été interrompu par un défrichement ou un labour pendant au moins 150 ans (pas de changement d'usage du sol, seul le peuplement des arbres a pu être modifié dans l'écosystème). Les cartes d'Etat-Major (réalisées de 1820 à 1860) permettent une spatialisation précise des boisements de cette époque et peuvent être utilisées en routine pour qualifier une forêt d'ancienne ou de récente. Il n'existe pas cependant de cartographie précise des forêts anciennes sur l'ensemble du territoire métropolitain : des travaux de digitalisation des cartes d'Etat-Major sont en cours (Vallauri *et al.*, 2012 ; Cateau *et al.*, 2015).

113. Néanmoins, une étude réalisée par le WWF et l'INRA (Vallauri *et al.*, 2012) a comparé la situation forestière actuelle<sup>62</sup> avec les cartes de Cassini (les plus anciennes cartes de France, réalisées au milieu du XVIII<sup>e</sup> sur commande du roi Louis XV). Les travaux ont permis d'obtenir une estimation de 4,2 millions d'hectares de forêts anciennes sur l'ensemble du territoire français de l'époque<sup>63</sup>, ce qui représente près d'un tiers (29 %) de la couverture boisée actuelle. Elles sont principalement concentrées dans le quart Nord-est de la France (Figure 5.14). Ces résultats sont discutables car d'une part les deux cartes utilisées pour effectuer le croisement (Cassini et CORINE) sont peu précises et d'autre part les Cartes de Cassini ne correspondent pas à la plus petite surface forestière (le minimum forestier) atteinte environ un siècle plus tard, autour de 1820 (§ 5.1.1).

---

<sup>61</sup> La date utilisée pour délimiter une forêt ancienne est 1600 en Angleterre et au Pays de Galles, 1750 en Écosse, 1775 en Belgique et 1850 en Hollande. Il en résulte des différences notoires de surfaces forestières considérées comme anciennes, variant de 15 à 30 % des forêts dans les pays étudiés (Cateau *et al.*, 2015).

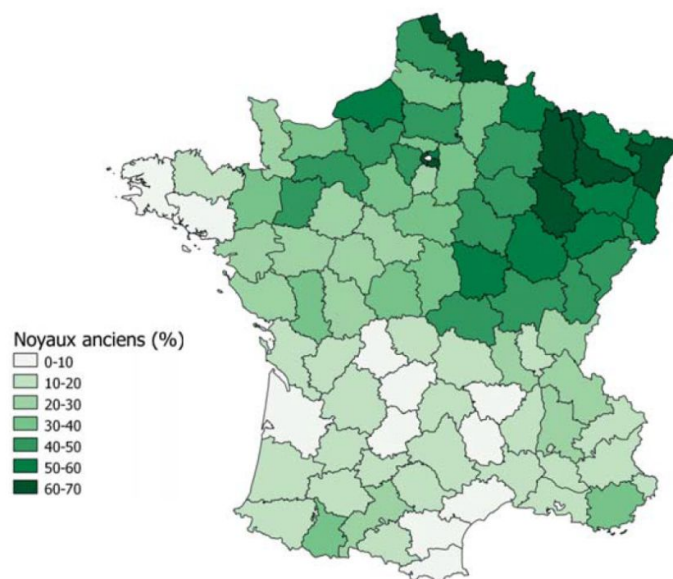
<sup>62</sup> D'après Corine Land Cover (2006).

<sup>63</sup> France actuelle hors Savoie et Haute-Savoie, Comté de Nice et Corse.



114. Du point de vue de la biodiversité, la continuité de l'état boisé permet le maintien d'une flore et très probablement d'une faune particulières ayant disparues des forêts récentes (Dupouey *et al.*, 2002). Les forêts anciennes joueraient notamment un rôle de refuge pour des espèces forestières à faible capacité de dispersion. C'est par exemple le cas du Muguet (*Convallaria majalis*), une espèce emblématique bien connue du public et assez strictement inféodée aux forêts anciennes (Dupouey *et al.*, 2002).

**Figure 5.14 : Distribution départementale de la proportion de noyaux forestiers anciens, en % des forêts actuelles**



Source : Vallauri *et al.*, 2012

115. La maturité d'une forêt est une deuxième caractéristique importante du point de vue de la biodiversité forestière. Selon Rossi et Vallauri (2013), un peuplement est considéré comme mature lorsque l'essence qui le domine atteint la moitié de sa longévité, et âgé quand elle dépasse les trois-quarts. Savoie J.-M. du Groupe d'étude des vieilles forêts pyrénéennes (GREVFP)<sup>64</sup> parle de *vieilles forêts* et les définit comme des forêts possédant les caractéristiques suivantes :

- elles sont caractérisées par la présence de phases de fin de cycle forestier (phases de sénescence et de déclin) en lien avec l'absence d'exploitation forestière : présence importante de bois mort, proportion notable de très gros arbres vivants ;
- ce sont des forêts anciennes telles que définies plus haut (leur état boisé est continu depuis au moins le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle), car les phases terminales de la sylvigénèse qui les caractérisent ne peuvent être atteints en moins de 250 ans à 300 ans sans perturbation majeure ;
- elles sont constituées majoritairement par des espèces d'arbres qui s'installent en terrain boisé après plusieurs centaines d'années de non exploitation (espèces de fin de succession appelées dryades).

116. Une biodiversité particulière est associée à ces vieilles forêts. En effet, de nombreuses espèces typiquement forestières sont inféodées aux stades vieillissants des peuplements, en lien avec la présence de bois mort et de gros arbres souvent porteurs de « microhabitats » pour la faune et la flore (cavités vides de tronc, écorce décollée, coulée de sève, champignon polypores...). On estime par exemple qu'un quart (20 à 25 %) des espèces forestières seraient des espèces « saproxyliques », c'est-à-dire dépendantes du bois mort pour tout ou partie de leur cycle de vie (des champignons, mousses, lichens, insectes mais aussi certains petits vertébrés) (Nivet *et al.*, 2012).

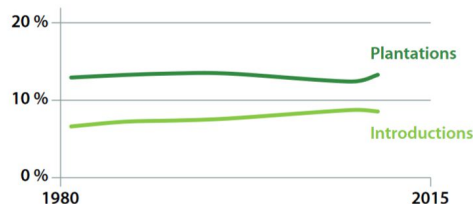
<sup>64</sup> Interview en ligne sur [www.vieillesforets.com](http://www.vieillesforets.com).

117. Les vieilles forêts sont très rares en France : on les rencontre le plus souvent en altitude, dans des zones à fortes pentes et difficiles d'accès. Le GEVFP s'applique à cartographier et évaluer les vieilles forêts (données bioclimatiques, dendrologiques, microhabitats, etc.) en Midi-Pyrénées : la base de données comporte environ 150 sites abritant un peu plus de 7000 ha de vieilles forêts, soit à peine plus de 2% de la surface boisée concernée (Savoie *et al.*, 2015). Ailleurs en France, il en existe dans les Alpes et en Corse, très ponctuellement ailleurs, mais aucune évaluation globale n'a à ce jour été réalisée. Plusieurs études sont en cours : dans les alpes, dans le cadre du programme FRENE (Le réseau de forêts en libre évolution en Rhône-Alpes), un inventaire des vieilles forêts iséroises est en train d'être réalisé par la FRAPNA (Fédération Rhône-Alpes de Protection de la Nature) : d'ores et déjà, 520 hectares ont été identifiés et cartographiés sur les forêts du Trièves (KRISTO O., 2011) et 800 ha dans le massif de Belledonne (0.02 % de la surface forestière de ce massif) (Fontaine, 2013).
118. Il existe des données sur les forêts gérées et particulièrement âgées (Maaf, IGN, 2016, IGD 4.3.1). En futaie régulière, seuls les peuplements de chênes pédonculés ou pubescents, de hêtres, frênes et bouleaux ont des surfaces significatives de peuplements ayant dépassé l'âge d'exploitabilité<sup>65</sup>. Ceux-ci représentent autour de 140 000 hectares (1.8 % des futaies régulières hors peupleraies)<sup>66</sup>. En lien avec un changement de définition, une rupture de série ne permet pas de commenter l'évolution de ces surfaces depuis 3 décennies. Si l'on considère non plus les seules futaies régulières mais l'ensemble des forêts toutes structures confondues, les peuplements forestiers dont l'étage dominant comporte des arbres très âgés représentent au moins 365 000 ha, soit 2.5 % de la forêt inventoriée par l'IGN (données des campagnes 2006-2013).

## Autres caractéristiques importantes pour la biodiversité en forêt

119. On peut citer deux autres caractéristiques des forêts métropolitaines liées à la gestion forestière qui possèdent une influence sur la biodiversité en forêt :
- Une large part (77%) est laissée à la régénération naturelle des arbres (§ 3.1.3) leur permettant de conserver leur patrimoine génétique et par là même leur capital d'adaptation aux changements environnementaux ; les surfaces issues de plantations (13%) sont quant à elles globalement stables depuis 1980 (Maaf, IGN, 2016, cf. Figure 5.15) ;
  - Les introductions d'essences forestières progressent : les surfaces dominées par des essences non indigènes, introduites volontairement ou non, sont en progression mais restent inférieures à 10 % (Maaf, IGN, 2016, Figure 5.15).

**Figure 5.15 : surfaces en essences plantées ou introduites (%)**



Source : Peyron, 2015 (In : Maaf, IGN, 2016)  
 Domaine : forêts de production (inventoriées)

<sup>65</sup> Les seuils d'âge utilisés sont identifiés à dire d'expert : 180 ans pour le chêne pédonculé et le hêtre, 150 ans pour le chêne pubescent, 120 ans pour le frêne et 50 ans pour le bouleau.

<sup>66</sup> Données des campagnes 2006-2013

## 5.2.3 Aucun suivi régulier de la biodiversité des sols forestiers n'existe encore à l'échelle nationale

120. L'écologie et la biologie des sols sont des disciplines relativement nouvelles. De ce fait, les données historiques sur les organismes des sols sont limitées. Le point de départ pour préserver la biodiversité des sols et la gérer est d'acquérir des connaissances suffisantes sur son niveau actuel, sa distribution spatiale et temporelle (Jeffery *et al.*, 2013). En théorie la biodiversité peut être évaluée directement, en échantillonnant les espèces dans les sols, mais aussi indirectement, en mesurant certains paramètres physiques ou chimiques supposés liés à cette biodiversité. Vu l'état des connaissances actuelles, seuls les suivis directs permettent actuellement d'appréhender la biodiversité des sols, sa composition, sa structure. Mais ils s'avèrent coûteux et complexes à mettre en place car ils nécessitent souvent des analyses en laboratoire et un niveau d'expertise élevé.
121. À l'échelle nationale, aucun réseau ne permet encore d'apprécier directement l'état ou de suivre l'évolution de la biodiversité des sols forestiers au cours du temps. Néanmoins, cette composante des sols fait progressivement son entrée dans les réseaux nationaux dédiés, du fait de l'intérêt croissant qu'on lui porte et à mesure que les techniques d'analyse évoluent :
- En ce qui concerne la fraction microbienne des sols (bactéries, champignons), qui est l'une des multiples facettes de la biodiversité totale des sols, une première campagne de mesures effectuées entre 2000 et 2009 au sein du Réseau national de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) a permis d'évaluer leur abondance dans 2000 échantillons (dont environ 570 échantillons forestiers) à partir de l'extraction de leur ADN<sup>67</sup>. Leur biomasse apparaît plus faible dans les peuplements résineux que dans les peuplements mixtes (abondance intermédiaire) et feuillus. Mais ces résultats sont difficilement exploitables car ils sous estiment très largement la quantité d'ADN microbien présente dans les sols forestiers : en effet, les horizons supérieurs organiques qui concentrent une quantité très importante d'espèces ne sont pas échantillonnés en raison de l'utilisation d'un protocole standard multi-milieux mal adapté à cette spécificité structurelle des sols forestiers.
  - Des résultats similaires ont été obtenus dans le cadre du Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (RENECOFOR), cette fois au travers du suivi de la composition des communautés de basidiomycètes, couramment appelés les « champignons à chapeau ». Ce suivi répété (55 placettes ont fait l'objet d'au moins 12 relevés répartis sur 3 ans) met également en évidence l'influence principale du type de peuplement sur la diversité de ces communautés (Richard *et al.*, 2014). Des tests montrent cependant qu'il est difficile, à un endroit donné, d'inventorier la biodiversité de façon exhaustive : un cinquième des espèces manquent en moyenne du fait de la variabilité entre les observations (effet observateur) et de la brièveté du phénomène de fructification des champignons (effet de la saisonnalité et variabilité interannuelle) (Suz *et al.*, 2015).

## 5.2.4 Un état de conservation sous surveillance

### Rapportage de la France sur l'état de conservation des habitats et espèces au titre de la Directive Habitats Faune Flore

122. L'état de conservation d'un habitat (au sens biotope + biocénose) ou d'une espèce est complexe à évaluer : il correspond à une mesure de leur conformité par rapport à un état de référence, actuellement et dans un futur proche, permettant de le qualifier de favorable, d'intermédiaire ou de

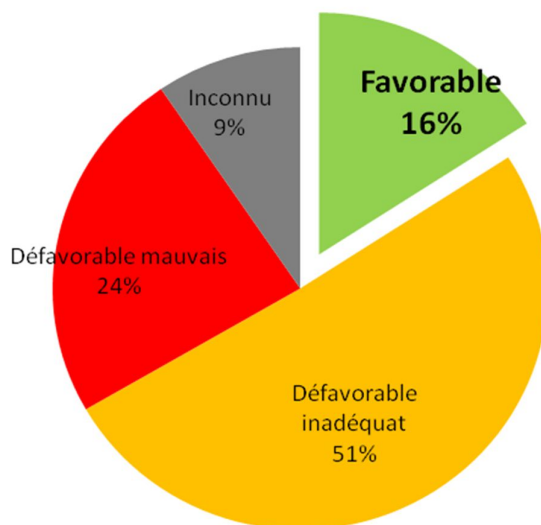
---

<sup>67</sup> Voir à ce sujet l'indicateur de l'ONB « évolution de la biomasse microbienne des sols en métropole » qui affiche la valeur de 61 microgrammes d'ADN microbien / gramme de sol sur la période 2000-2009 (tous écosystèmes confondus) – cf. <https://naturefrance.fr/indicateurs/evolution-de-la-biomasse-microbienne-des-sols-en-metropole>

mauvais. De façon normative (selon la Directive Habitats-Faune-Flore), l'état « favorable » d'un habitat (évalué dans une zone biogéographique donnée) correspond à une aire de répartition et une surface stables ou en augmentation, des structures et un fonctionnement non altérés et des perspectives que cet état perdure dans un futur proche (en se basant sur des menaces prévisibles et évaluables). Les écosystèmes forestiers visés par cette évaluation sont d'une part des habitats rares ou menacés (e.g. les ripisylves à peuplier et saules), et d'autre part des habitats plus répandus et représentatifs des grandes zones biogéographiques définies au niveau européen<sup>68</sup> (e.g. les hêtraies chênaies), qui couvrent au total 40 à 60% des forêts métropolitaines<sup>69</sup>. Cet indicateur est repris par l'Observatoire national de la biodiversité pour le suivi des forêts métropolitaines<sup>70</sup>.

123. L'évaluation nationale de l'état de conservation des habitats et espèces d'intérêt communautaire pour la période 2007-2012 montre des résultats contrastés, avec seulement 16% des habitats évalués dans un état de conservation favorable, la moitié dans un état intermédiaire (51%) et un quart des habitats dans un état défavorable mauvais, essentiellement pour les forêts alluviales, les tourbières boisées, les frênaies thermophiles liées aux milieux aquatiques, mais également les forêts de pentes, ainsi que les forêts de châtaignier (Figure 5.16)<sup>71</sup>. La faible proportion d'états favorables est pour partie liée à des perspectives futures qui ne sont pas jugées bonnes pour les habitats forestiers dans le contexte du changement climatique (à dire d'experts principalement). Les structures et fonctionnalités constituent un autre critère déclassant (équilibre entre les différents stades de développement de la forêt, capacité de régénération de la forêt, présence de bois mort, connectivité entre habitats, etc.).<sup>72</sup> Enfin, les résultats sont aussi liés à la méthode d'évaluation qui, selon un principe de précaution, conclut sur l'état de conservation global en fonction du paramètre le plus mauvais.

**Figure 5.16 : Etat de conservation des habitats forestiers d'intérêt communautaire en métropole (période 2007-2012)**



Note : Résultats toutes régions biogéographiques confondues (63 évaluations)

Source : ONB, à partir des données du MNHN (SPN)

<sup>68</sup> Le territoire métropolitain est découpé en 4 grandes zones biogéographiques terrestres et 2 marines ;

<sup>69</sup> Estimé à dire d'expert par le MNHN ;

<sup>70</sup> <https://naturefrance.fr/indicateurs/etat-de-conservation-des-habitats-forestiers>

<sup>71</sup> Résultats sur 30 habitats forestiers listés à l'Annexe 1 de la DHFF soit 63 évaluations (1 évaluation = 1 habitat dans une zone biogéographique donnée).

<sup>72</sup> En l'absence de grille d'évaluation standardisée, les indicateurs sont définis par l'expert-évaluateur pour un habitat dans une zone biogéographique donnée.

124. La comparaison entre eux des différents types milieux permet de nuancer quelque peu. Une synthèse des résultats a été réalisée en affectant les espèces et habitats d'intérêt communautaire à un ou plusieurs grands types d'écosystème, et en combinant les résultats obtenus pour les habitats et pour les espèces (faune et flore). Elle montre des forêts et espèces forestières globalement mieux préservées que les milieux ouverts (agropastoraux), humides et aquatiques, littoraux et marins avec le taux d'évaluations défavorables mauvaises le plus faible (18%) et un tiers d'états favorables (Bensettiti et Puissauve, 2015, p 33). Les espèces inféodées aux forêts se portent relativement bien (38% dans un état jugé favorable), notamment les mammifères terrestres qui constituent le groupe taxonomique le mieux conservé (le Chamois, l'Isard, le Loup, le Lynx, le Castor, la Martre, la Genette et le Chat forestier, ainsi que de nombreuses chauves-souris), probablement grâce aux efforts spécifiques de conservation depuis la loi de protection de la nature de 1976. Parmi les invertébrés, on notera le bon état de conservation du Lucane cerf-volant, le plus grand coléoptère européen (Bensettiti et Puissauve, 2015).

### **Surveillance de la diversité intra-spécifique des arbres**

125. La diversité intra-spécifique (ou génétique) tient une place majeure dans l'éventail des processus qui déterminent le potentiel d'adaptation des espèces et écosystèmes forestiers aux changements environnementaux. L'arbre possède un rôle majeur du point de vue du fonctionnement de l'écosystème forestier (en tant que support de tout un cortège d'espèces) et de sa gestion. Ces éléments plaident en faveur de la mise en place d'indicateurs de suivi de leur diversité génétique, en lien avec les pratiques sylvicoles et les changements globaux (Colin *et al.*, 2012), néanmoins ils sont souvent absents des processus de suivi de la biodiversité tant au niveau global que local (Graudal *et al.*, 2012).

126. Il n'existe actuellement aucun suivi direct de l'état de la diversité intra-spécifique de populations d'arbres forestiers à l'échelle nationale, seulement un indicateur permettant de mesurer l'effort de conservation consenti (Maaf, IGN, 2016, indicateur 4.6) qui sera décrit plus loin (§ 10.2.1). Cet indicateur est en phase d'évolution pour mieux prendre en compte non seulement l'effort politique mais aussi la diversité conservée elle-même. Plusieurs pistes d'indicateurs de la diversité génétique des arbres forestiers sont explorées, mais pas encore implémentés : des technologies issues de la biologie moléculaire – consistant à dénombrer les différentes formes (« allèles ») – sont en plein développement et très prometteuses (Graudal *et al.*, 2012, Collin *et al.*, 2012). Ces techniques de caractérisation de l'ADN moléculaire (appelées « marquage moléculaire ») permettent d'évaluer la diversité de génétique de façon globale sur l'ensemble du génome de la population étudiée et d'en déduire des informations sur les processus qui ont façonnés cette diversité et les forces évolutive en cours. Des approches indirectes sont également envisagées, à partir d'une combinaison d'indicateurs visant à caractériser certains mécanismes adaptatifs (par exemple l'auto-fécondation, dispersion des gènes par pollen ou graines, etc.).

## **5.3 Des situations différentes d'un type de forêt à l'autre**

127. Les six états forestiers retenus pour l'EFESE se distinguent du point de vue de leur structure, de leur fonctionnement et de leur composition. Ces états (E1 à E6) ont été définis selon un certain nombre de conventions permettant d'accéder à l'information statistique forestière (*cf.* §3.2) et outre la surface, les caractéristiques suivantes des peuplements arborés peuvent être caractérisées :

- le volume de bois des arbres vivants V,
- la production biologique brute annuelle B,
- la mortalité naturelle annuelle M,
- la production biologique nette annuelle (B-M)

Ces différents attributs des peuplements sont importants car ils influencent le niveau de certains services écosystémiques (notamment les flux de séquestration de carbone et le niveau de

disponibilité de bois pour les prélèvements). Leurs valeurs pour les états E1 à E6 sont données dans le tableau 5.3 ; elles ont été calculées à partir de l'édition 2015 des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines (Maaf, IGN, 2016), des données de l'inventaire forestier consultables en ligne<sup>73</sup>, des résultats communiqués directement par le Service de l'inventaire forestier et environnemental de l'IGN et pour le reste à l'aide d'estimations complémentaires. **Toutes les modalités de calcul, le détail des valeurs, ainsi que les références exactes relatives à ces informations sont disponibles dans l'Annexe 4.**

128. Au-delà de ces aspects quantitatifs qui concernent uniquement le peuplement arboré, des informations complémentaires sont apportées, à dire d'experts, sur les essences d'arbres et l'état de la biodiversité de manière en générale.

---

<sup>73</sup> Notamment dans les tableaux standards accessibles sur le site de l'IGN : <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique17> (une version ancienne compatible avec les IGD 2015, parce qu'elle porte aussi sur les campagnes d'inventaire 2008 à 2012, a été utilisée)

**Tableau 5.3 : grandes caractéristiques biophysiques des peuplements pour les états forestiers E1 à E6**

*Mm<sup>3</sup> : Millions de mètres cubes*

<p><b>E1</b> <b>Milieux forestiers ouverts</b></p>	<p><b>E2- Plantations</b></p>	<p><b>E6</b> <b>Milieux forestiers matures</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition : Absence ou faible couvert d'arbres (&lt;40%)</li> <li>• Surface : 863 000 ha</li> <li>• Très faible volume de bois vivant : V = 19 Mm<sup>3</sup> de bois ; en moyenne 22 m<sup>3</sup> / ha</li> <li>• Production biologique nette (B-M) très faible, estimée à 0,4 Mm<sup>3</sup>/an (0,5 m<sup>3</sup>/ha/an)</li> <li>• Diversité en espèces ligneuses importantes</li> <li>• Présence d'une strate herbacée</li> <li>• Présence d'espèces végétales de lumière et pionnières qui se mélangent parfois avec une biodiversité de milieux forestiers fermés si tel était l'état précédent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition : Couvert &gt; 40% ; Régénération artificielle ; Structure régulière sans sous étage</li> <li>• Surface : 2 073 000 ha</li> <li>• Volume de bois vivant important : V = 371 Mm<sup>3</sup> ; en moyenne 179 m<sup>3</sup>/ha</li> <li>• Production biologique nette importante : 22,1 Mm<sup>3</sup>/an (10,6 m<sup>3</sup>/ha/an)</li> <li>• Peuplements résineux en majorité</li> <li>• Diversité en essences faible (monospécifiques dans la plupart des cas) et faible diversité intraspécifique</li> <li>• Biodiversité globalement faible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition : Couvert &gt; 40% ; Peuplements âgés réguliers ou plus irréguliers avec présence de trouées (effondrement des arbres sénescents)</li> <li>• Surface : 840 000 ha</li> <li>• Volume de bois vivant stabilisé à un niveau élevé : V = 183 Millions de m<sup>3</sup> (218 m<sup>3</sup>/ha)</li> <li>• La production biologique brute a tendance à se réduire et a fortiori la production biologique nette (en lien avec une augmentation de la mortalité naturelle)</li> <li>• Production biologique nette faible, estimée à 1,3 Mm<sup>3</sup>/an (1,6 m<sup>3</sup>/ha/an)</li> <li>• Les très gros arbres vivants sont plus nombreux et de taille plus importante</li> <li>• Forêts riches en bois morts (bois mort total, au sol, debout, de différentes tailles, etc.)</li> <li>• Evolution possible vers des essences forestières dryades</li> <li>• Présence d'une biodiversité remarquable : espèces rares ou typiques des vieilles forêts, avec un intérêt fort pour les espèces saproxyliques.</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>E3- Taillis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition : Couvert &gt; 40% ; Régénération par recépage ; Structure régulière sans sous étage</li> <li>• Surface : 1 694 000 ha</li> <li>• Volume de bois vivant : V = 111 Mm<sup>3</sup> ; en moyenne 66 m<sup>3</sup>/ha</li> <li>• Production biologique nette : 4,7 Mm<sup>3</sup>/an (2,8 m<sup>3</sup>/ha/an)</li> <li>• Diversité des essences faible (largement monospécifiques) et faible diversité intraspécifique</li> <li>• Biodiversité globalement faible</li> </ul>	
	<p style="text-align: center;"><b>E4 – Futaies semi-naturelles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition : Couvert &gt; 40% ; Régénération naturelle éventuellement assistée (sexuée ou végétative dans le cas des taillis sous futaies) ; Structure régulière ou plus ou moins irrégulière : traitements en futaie régulière (majoritaire), en futaie irrégulière (minoritaire) ou en taillis-sous-futaie</li> <li>• Surface : 10 340 000 ha</li> <li>• Volume de bois vivant important : V = 1 870 Mm<sup>3</sup> ; en moyenne 181 m<sup>3</sup>/ha</li> <li>• Production biologique nette : 54,8 Mm<sup>3</sup>/an (5,3 m<sup>3</sup>/ha/an)</li> <li>• Diversité en essences et biodiversité variables selon les situations</li> <li>• Diversité intra-spécifique des essences plus forte qu'en taillis ou plantation</li> </ul>	
	<p style="text-align: center;"><b>E5- Forêts naturelles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface : 608 000 ha</li> <li>• Taux de couvert et dimensions des arbres hétérogènes selon les situations</li> <li>• Régénération naturelle</li> <li>• Volume de bois V estimé à 77 Millions de m<sup>3</sup> (127 m<sup>3</sup>/ha)</li> <li>• Production biologique nette estimée à 1,6 Mm<sup>3</sup>/an (2,5 m<sup>3</sup>/ha/an)</li> <li>• Diversités spécifique et intra-spécifique des essences élevées</li> <li>• Biodiversité globalement élevée</li> </ul>	

---

## **CHAPITRE 6**

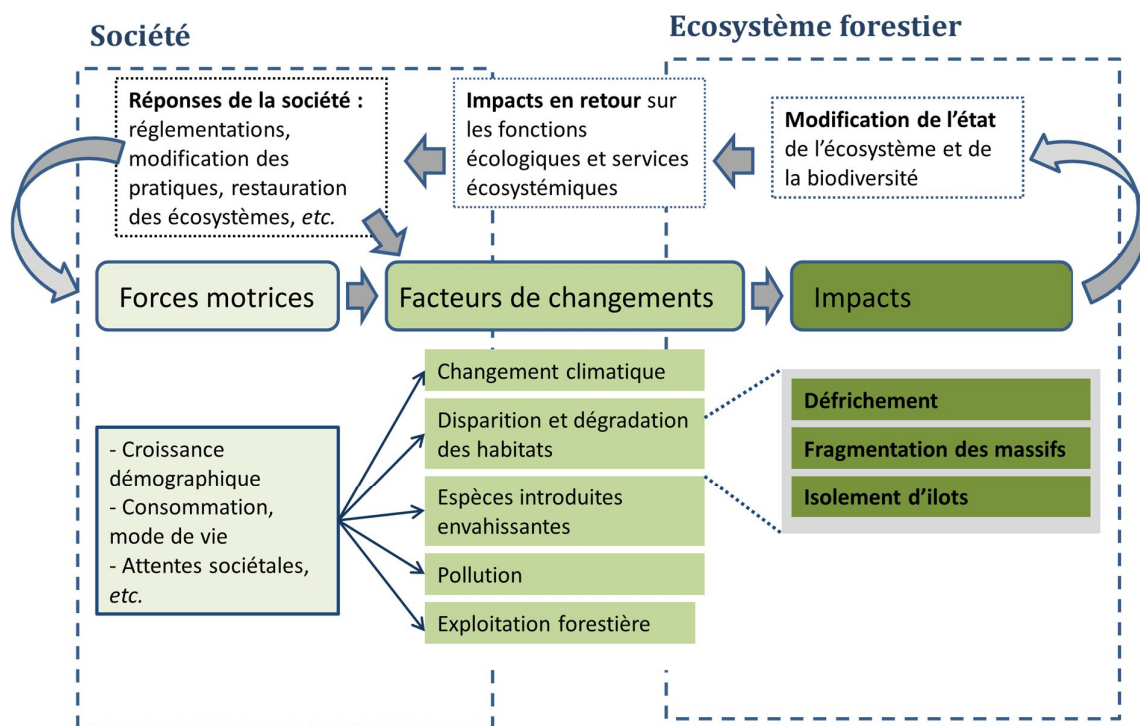
**Quels sont les principaux facteurs de  
changement et comment évoluent-ils ?**

---



129. Les activités humaines, conjuguées à des phénomènes naturels (eux-mêmes plus ou moins influencés par l'Homme), modifient en permanence les écosystèmes, occasionnant ainsi un changement de leur état, de leur fonctionnement et de leur biodiversité : réorganisation des surfaces boisées à l'échelle des paysages, modifications des structures biophysiques et des processus écologiques propre à l'écosystème, bouleversement de la diversité, de l'abondance et de la répartition des espèces, etc.
130. Le suivi des principaux facteurs de changement (ou pressions) est indispensable pour l'évaluation de l'état de l'écosystème et la détermination de tendances d'évolution. Ils sont de nature très diverse et interviennent à différentes échelles : ils peuvent être localisées dans le temps ou l'espace (une opération de gestion forestière, une tempête, etc.) ou posséder un caractère diffus (pollution atmosphérique, changement climatique, etc.). Ils sont la résultante de forces motrices ou facteurs de changement indirects<sup>74</sup> telles que la consommation, la croissance démographique, etc.
131. La Figure 6.1 illustre la chaîne de causalité qui lie entre eux les facteurs de changement, leurs causes sous-jacentes (les forces motrices) et les impacts qui en découlent. Ces derniers peuvent être évalués par le biais d'indicateurs quantitatifs, dont certains seront développés dans la suite de ce chapitre. Ces effets en cascade influencent directement l'état de la biodiversité et la forêt (cf. § 5), ce qui peut avoir un impact en retour sur la société en modifiant le niveau et la qualité des services écosystémiques rendus (cf. § 7 à § 9). Ce changement entraîne à son tour une réaction de la société qui se traduit par la mise en œuvre d'actions et de mesures visant à agir sur les facteurs de changement directs ou indirects.

**Figure 6.1 : cadre général de réflexion pour l'évaluation des facteurs de changements de l'écosystème forestier**



Source : Adapté de MEEM, 2017, Kristensen, 2004 et EEA, 2016a

<sup>74</sup> Également appelés « déterminants » ou en anglais « drivers of change ».

132. Les impacts sur les écosystèmes sont complexes et pas forcément univoque. Ils diffèrent énormément selon la nature et l'intensité de la pression, mais aussi selon « l'objet » considéré. En effet, un facteur de changement donné aura des conséquences très différentes selon que l'on s'intéresse à l'écosystème dans sa totalité, à la biodiversité « ordinaire » ou patrimoniale (espèces menacées, rares, endémiques...), au peuplement arboré, etc. Certaines espèces peuvent être favorisées alors que d'autres seront défavorisées. L'étude des facteurs de changement est donc empreinte de subjectivité et fortement liée à l'intérêt que porte la société à certaines composantes de la biodiversité.

## 6.1 Cinq grandes pressions s'exercent sur les forêts, le changement climatique est en première ligne

---

133. Plusieurs rapports européens proposent un état des lieux des principales pressions pesant sur les forêts européennes (voir par exemple EEA, 2016a et EEA, 2016b, *European Commission*, 2014). Les pressions retenues sont celles possédant un impact sur la biodiversité et sur la capacité de l'écosystème à délivrer des services écosystémiques. Les données disponibles indiquent que nombre d'entre elles pourraient être plus graves et plus fréquentes à l'avenir que ce qui a pu être observé jusqu'ici (Commission Européenne, 2015).

134. Les facteurs de changements sont généralement regroupés en 5 catégories.

- **Le changement climatique est identifié comme le principal facteur de changement.** Il s'exerce de manière diffuse et difficilement quantifiable sur les forêts européennes. Il n'en demeure pas moins important et ses effets pourraient être considérables dans les décennies à venir (déficit hydrique estival, augmentation des températures, etc.). Il doit être pris en compte dès à présent. **Les risques climatiques** (tempêtes, sécheresses) et les incendies sont plus faciles à évaluer (davantage localisés dans le temps et dans l'espace) : le lien avec le changement climatique n'est pas démontré mais probable.
- **La principale forme de pollution en forêt est atmosphérique** : la forêt joue le rôle de « filtre naturel » de l'air, concentrant ainsi les polluants dans ses sols. Il en découle notamment une eutrophisation de l'écosystème : enrichissement des sols en nutriments par le biais des dépôts, ce qui peut avoir des conséquences importantes sur la biodiversité (prolifération de certaines espèces au détriment d'autres espèces notamment). La pollution atmosphérique a fait l'objet dans les années 1980 d'une grande préoccupation. Les dépôts atmosphériques en forêt se sont réduits mais l'acidification des sols reste d'actualité. En revanche, les effets des concentrations atmosphériques de plus en plus élevées de l'ozone sur la végétation sont de plus en plus documentés. Des modifications du métabolisme cellulaire sont observées suite à la pénétration de l'ozone au niveau des voies de respiration (stomates), suivis parfois de dommages visibles (tâches, nécroses). A moyen terme (10/20 ans), les plantes sensibles pourraient évoluer vers l'affaiblissement de leur état physiologique. Les impacts diffèrent cependant beaucoup d'une espèce à l'autre (seuils de tolérance différents) et d'une région à l'autre (selon l'intensité des grosses chaleurs et sécheresse notamment) (Ulrich, 2005).
- **La disparition et la dégradation des habitats** : même si la forêt progresse, des défrichements sont réalisés, notamment au profit des infrastructures et de l'urbanisation et au détriment des petits massifs : la destruction des habitats forestiers reste une pression même si le mouvement général en France métropolitaine est plutôt celui de l'extension et par conséquent de l'agrégation progressive de massifs. D'autre part, une co-gestion inadaptée de la grande faune et de la gestion forestière conduit à un fort déséquilibre forêt-gibier qui affecte le renouvellement des peuplements.

- **L'exploitation de la forêt et des espèces qui y vivent** pour le bois, la récréation, la chasse, *etc.* constituent des facteurs de changement dont l'intensité varie énormément selon les pratiques. L'exploitation du bois et des produits dérivés modifie l'écosystème par les coupes d'amélioration, d'exploitation, les pratiques de régénération, le choix des essences... Au sein des forêts majoritairement gérées comme c'est le cas en Europe<sup>75</sup>, les choix de gestion influencent donc de manière importante l'état des écosystèmes et de la biodiversité. Certaines pratiques sylvicoles vont avoir pour effet de maintenir les peuplements forestiers dans un bon état sanitaire (arbres vigoureux et en bonne santé, adaptés aux conditions climatiques à venir) et donc réduire leur vulnérabilité face aux aléas climatiques par exemple. D'autres pratiques sont identifiées pour leur impact négatif sur certaines composantes de la biodiversité en forêt. Ainsi, dans le cadre de l'évaluation 2007-2012 de l'état de conservation des habitats et des espèces (pour les Directives européennes « Oiseaux » et « Habitats »), les états membres rapportent en particulier l'influence des coupes à blanc et du retrait des arbres vieillissants ou morts au sein des écosystèmes (EEA, 2015). En France métropolitaine, le niveau général d'exploitation est plutôt faible et la surexploitation (qui peut cependant exister localement) n'est pas une véritable préoccupation. Une augmentation des prélèvements est envisagée : elle doit permettre de porter le taux de prélèvement de 50 à 60% ou 65% en dix ans et ne doit pas conduire à une surexploitation. Par contre, le tassement des sols forestiers, caractéristique de l'exploitation moderne, ne fait l'objet d'aucun suivi général, malgré des impacts avérés sur la biodiversité et le fonctionnement des sols sensibles.
- Une autre cause de l'érosion de la biodiversité en forêt est celle, a priori contradictoire, de **l'introduction d'espèces** – c'est-à-dire le déplacement par la société d'une espèce hors de son aire de répartition naturelle (Thévenot, 2013). Parmi les espèces introduites, certaines peuvent exprimer un caractère envahissant (ou « invasif ») : leur dynamique d'expansion surpasse alors celle des espèces indigènes, jusqu'à provoquer la disparition de certaines, particulièrement sensibles à la concurrence. Il existe des espèces exotiques envahissantes au sein des forêts métropolitaines avec *a priori* un niveau limité de pression mais une probabilité forte d'augmentation avec la mondialisation des échanges et les déséquilibres nés notamment du changement climatique. **D'autre part, les introductions d'essences** (graines et plants) dans le cadre de la gestion des forêts ne sont pas toujours sans risques. Parmi les méthodes d'adaptation des forêts au changement climatique, de nouvelles utilisations des ressources génétiques forestières sont envisageables, notamment l'évolution de l'aire géographique d'utilisation de ces ressources : le risque majeur résulte alors de l'émergence d'effets de mode de fausses « solutions miracles » qui conduiraient de fait à une réduction drastique de la diversité intra-spécifique déployée sur le territoire<sup>76</sup>.

135. Le Tableau 6.1 inspiré du rapport européen EEA 2016, reprend les grands facteurs de changement. Un niveau de menace général, correspondant à l'intensité des impacts observés, est proposé (à dire d'expert). Cette hiérarchisation est donnée à titre indicatif et à l'échelle nationale, il est évident que les situations peuvent être très diverses d'un territoire à l'autre selon le contexte géographique, économique, etc.

136. Les facteurs de changement décrits ci-dessus interagissent largement entre eux. Les interdépendances dépendent fortement du contexte dans lequel la forêt et sa gestion s'inscrivent. Les exemples ne manquent pas : (i) la pollution (enrichissement en nutriments) peut favoriser les proliférations d'espèces en forêt ; (ii) les pratiques de gestion et d'exploitation peuvent diminuer la sensibilité des forêts face aux risques biotiques (ravageurs et maladies) ou abiotiques (tempêtes, incendies) ainsi que leur vulnérabilité au regard du changement climatique global (migration assistée

<sup>75</sup> Les forêts semi-naturelles et plantations occupent respectivement 87% et 9% de la superficie forestière européenne.

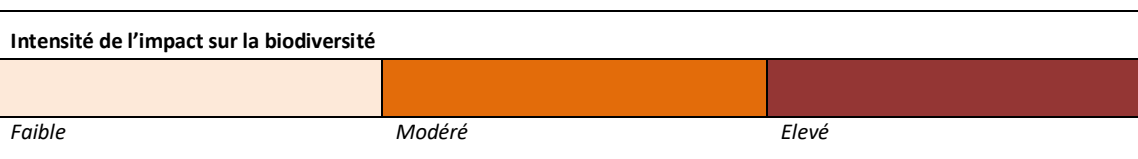
<sup>76</sup> Pour encadrer ces évolutions nécessaires en évitant leurs écueils potentiels, le ministère en charge des forêts fait évoluer ses fiches de conseils d'utilisation par essence qui doivent être scrupuleusement respectées : <http://agriculture.gouv.fr/graines-et-plants-forestiers-conseils-dutilisation-des-provenances-et-varietes-forestieres>

des essences) ; (iii) l'agencement des îlots de forêts dans le paysage et leur connectivité a une influence directe sur la circulation des ravageurs et pathogènes ; (iv) les dommages causés par les tempêtes et la sécheresse facilitent la propagation de certaines maladies (les scolytes par exemple).

**Tableau 6.1 : Principaux facteurs de changements en France métropolitaine, intensité des impacts occasionnés et tendances d'évolution (réalisé à dire d'expert)**

Facteurs de changement	Disparition et dégradation des habitats forestiers	Gestion et exploitation	Changement climatique et risques climatiques	Pollution	Introduction d'espèces
<b>Intensité des impacts</b>	Défrichements Modification de l'agencement à l'échelle du paysage Fragmentation des massifs, Isolement d'îlots boisés Homogénéisation et simplification des milieux Atteinte au renouvellement de la forêt (déséquilibre forêt-ongulés) Ravageurs et maladies	Pratiques de gestion et d'exploitation forestière  Sur-exploitation de certaines espèces ou de certaines forêts  Sur-fréquentation (loisirs, tourisme, etc.)  Mise en gestion de surfaces inexploitées <sup>77</sup>	<b>Déplacement d'espèces possibles sur le long terme, nouvelles compétitions entre espèces</b>  <b>Intensification des risques climatiques (tempêtes, sécheresses, incendies)</b>	Acidification des sols  Eutrophisation (enrichissement en azote)  Teneurs en métaux lourds élevées  Effets de l'ozone	Espèces exotiques envahissantes  Essences forestières introduites
<b>Tendance</b>	→	↗	↗	↘	↗

Légende :



**Tendance :**

actuellement, la pression s'accroît : ↗

actuellement, la pression est stable : →

actuellement, la pression diminue : ↘

137. Il existe un panel assez large d'indicateurs permettant de suivre l'intensité des pressions s'exerçant sur les écosystèmes forestiers métropolitains (cf. Annexe 5). Les indicateurs retenus en priorité pour l'EFSE sont ceux reconnus et utilisés par le plus grand nombre d'acteurs, pour lesquels des données existent et sont disponibles. Les parties prenantes ont ainsi exprimés leur intérêt vis-à-vis de ce panel d'indicateurs au cours d'une séance de travail (cf. Annexe 1, réunion de travail n°3). La sélection

<sup>77</sup> Selon la contribution de la Plateforme biodiversité pour la forêt dans le cadre de l'élaboration du PNFB (2016-2026)

retenue *in fine* tient compte à la fois des avis des membres du groupe de travail et des exigences de l'évaluation (notamment disponibilité des données, lien avec les services écosystémiques évalués, etc.).

## 6.2 Le changement climatique affecte déjà et affectera durablement les forêts

---

138. Les forêts métropolitaines sont d'ores et déjà affectées par le changement climatique (principalement un réchauffement et un déficit pluviométrique estival) mais peu d'indicateurs permettent d'en suivre directement les impacts (cf. Encadré 6.1). La tendance à l'augmentation depuis 1970 des surfaces forestières touchées par des conditions propices aux départs de feux de forêts témoigne néanmoins de la vulnérabilité croissante de la végétation (Figure 6.2).

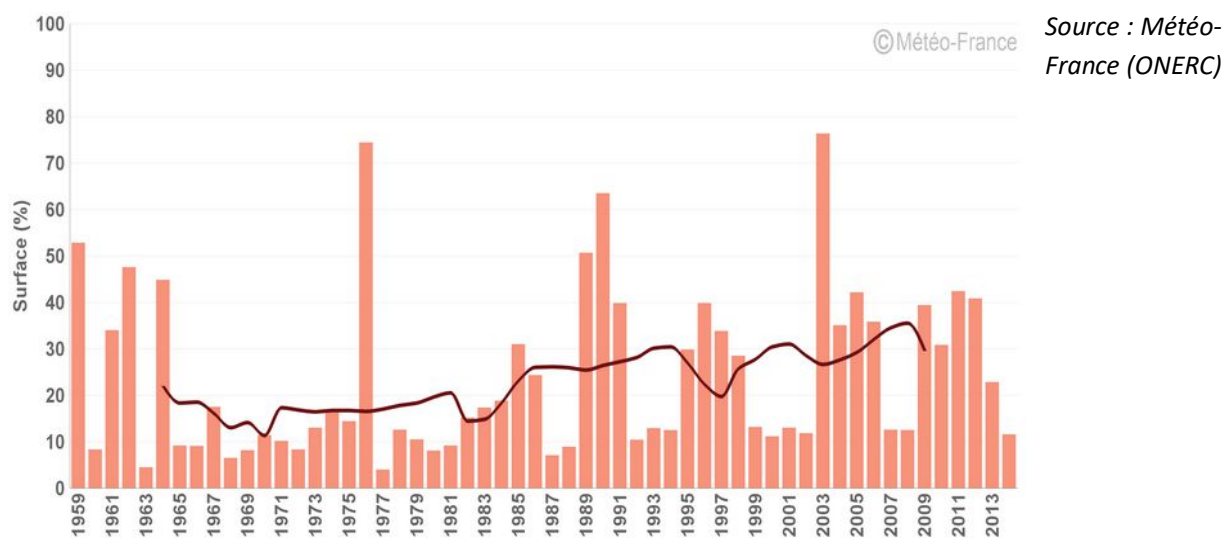
### Encadré 6.1 : Les Indicateurs de Changement climatique en forêt

Le projet SICFOR (Du Suivi aux Indicateurs de Changement climatique en FORêt) coordonné par Ecofor a permis de faire un état des lieux des indicateurs potentiels du changement climatique en forêt et de ses impacts ainsi que de l'adaptation de la gestion forestière à ce nouvel enjeu. Ce travail a balayé une quarantaine d'indicateurs pour finalement n'en retenir que quelques-uns (Asse et al, 2014). En effet, les indicateurs doivent répondre à deux contraintes qui conduisent à en éliminer un certain nombre. D'une part, l'affectation de l'effet au changement climatique doit être avéré et d'autre part, l'existence de séries temporelles longues (et une extension géographique importante) est indispensable pour capter les évolutions passées. Deux indicateurs retenus par le projet SICFOR sont présentés ici :

- La proportion de la surface forestière touchée par des conditions propices aux départs de feu de forêt (indice feu-météo de MétéoFrance) ;
- L'expansion du front de la chenille processionnaire du pin (INRA).

Deux autres indicateurs sont actuellement en cours d'élaboration et viendront bientôt améliorer de façon notable le suivi du changement climatique en forêt : le déficit hydrique des peuplements forestiers, basé sur un travail de modélisation (modèle Biljou ©, INRA), et la prise en compte du changement climatique dans les documents d'aménagements (Projet MACCLIF<sup>1</sup>).

**Figure 6.2 : Pourcentage annuel de la surface touchée par des conditions propices aux départs de feux de forêts – France métropolitaine (Indice Feu-Météo . Données annuelles (histogramme) et moyenne glissante sur 11 ans (courbe))**



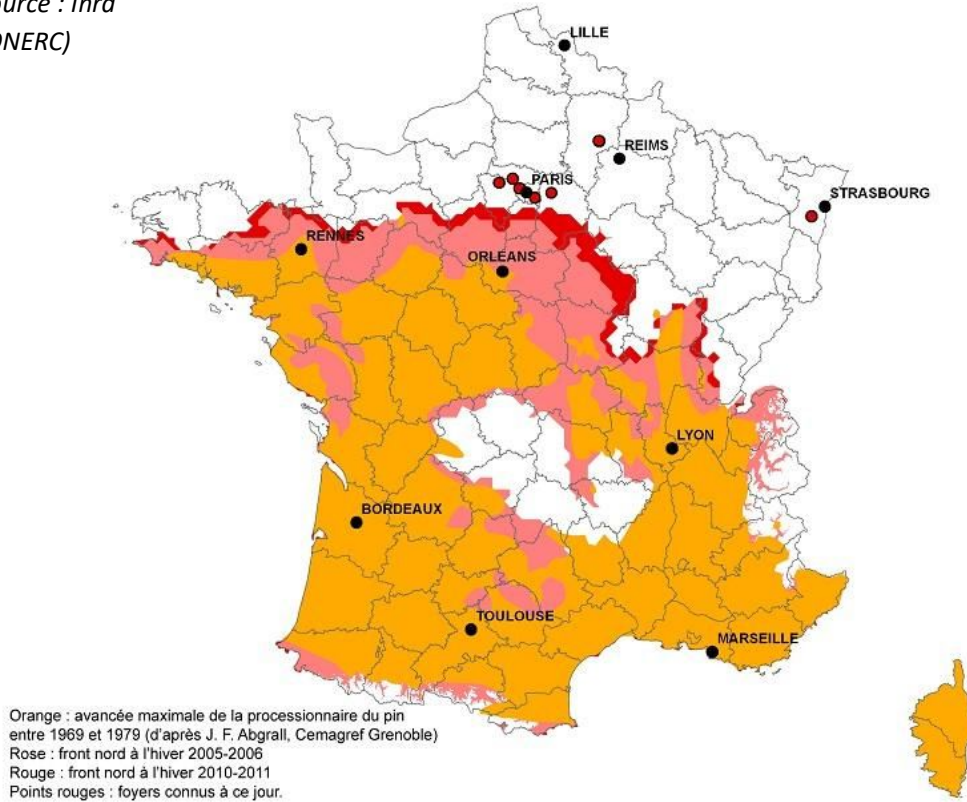
139. Les conséquences du changement climatique sur les écosystèmes forestiers pourraient néanmoins s'accélérer rapidement. Les modifications des aires de répartition des espèces sont difficiles à prévoir mais elles pourraient occasionner une recomposition des paysages forestiers (une hausse moyenne mondiale de 2C° depuis l'ère préindustrielle pourrait étendre le domaine méditerranéen jusqu'à la Loire), ainsi que des changements notables en termes de structure et de fonctionnement de l'écosystème, notamment du fait des changements des pratiques.
140. Certains organismes tels que des insectes ravageurs, des maladies des arbres (champignons pathogènes), des espèces exotiques envahissantes pourraient continuer à se propager, bénéficiant de la levée des contraintes climatiques spécifiques à leur espèce. La chenille processionnaire du pin est un cas emblématique et remonte vers le Nord au rythme moyen de 4 km/an. La carte (Figure 6.3), réactualisée tous les 5 ans dans le cadre de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, montre l'expansion latitudinale de la processionnaire du pin en France entre 3 périodes (1969-1979, 2005-2006 et 2010-2011). D'origine méditerranéenne, cet insecte se trouve favorisé par une augmentation même minime de la température hivernale qui régule ses chances de survie. L'expansion liée à des conditions climatiques plus propices est également combinée au transport accidentel d'individus par l'homme qui augmente la rapidité de la propagation.
141. Une augmentation du risque climatique est attendue : elle correspond surtout à une intensification des sécheresses estivales. Les projections réalisées varient selon les scénarios et modèles mais augurent d'une augmentation des surfaces affectées par la sécheresse pendant la saison de végétation (voir par exemple les projections réalisées jusqu'en 2080 par Soubeyrou *et al.*, 2012, Figure 6.4). Les impacts sur les écosystèmes peuvent être importants, avec un effet direct sur les arbres (défoliation, mortalité) démontré notamment par les travaux de Breda (2013)<sup>78</sup> : les données montrent bien une diminution importante de l'indice foliaire consécutive à la sécheresse de 2003 (§ 5.1.3, Figure 5.7). Les sécheresses influencent également les incendies de forêts, qui sont relativement bien maîtrisés à l'exception des années exceptionnellement chaudes et sèches (Maaf, IGN, 2016, indicateur 2.4.e). En outre, les dommages dus aux insectes ravageurs et aux champignons pathogènes aggravent souvent les conséquences des accidents météorologiques.

<sup>78</sup> Travaux présentés à l'Académie d'Agriculture de France. Voir présentation de N. Breda à la séance de l'Académie « nouveaux regards sur une question ancienne » (2013) : <https://www.academie-agriculture.fr/actualites/academie/seance/academie/eaux-et-forets-nouveaux-regards-sur-une-question-ancienne?030413>

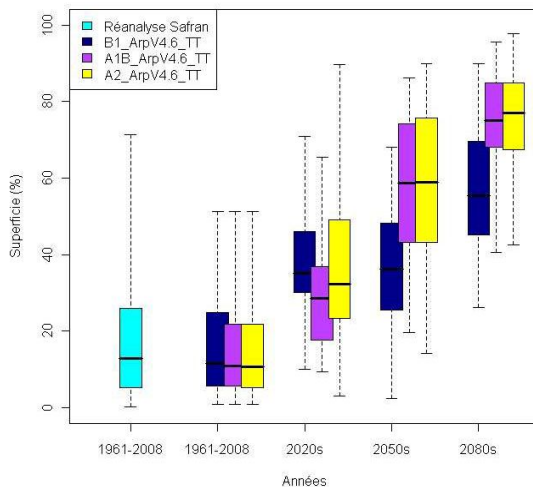
- L'augmentation et la combinaison des risques naturels associés au changement climatique (sécheresses, incendies, ravageurs et pathogènes) pourraient avoir une incidence significative sur la fonctionnalité des forêts. Ils pourraient provoquer (au moins localement) une diminution de la productivité des arbres, après plusieurs décennies d'augmentation en lien avec les dépôts azotés en forêt, la croissance des températures et l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

**Figure 6.3 : évolution de l'aire de distribution de chenille processionnaire du pin**

Source : Inra  
(ONERC)



**Figure 6.4 : Evolution future de la surface du territoire affectée par la sécheresse (3 scénarios)**



Source :  
Soubeyrou et al., 2012

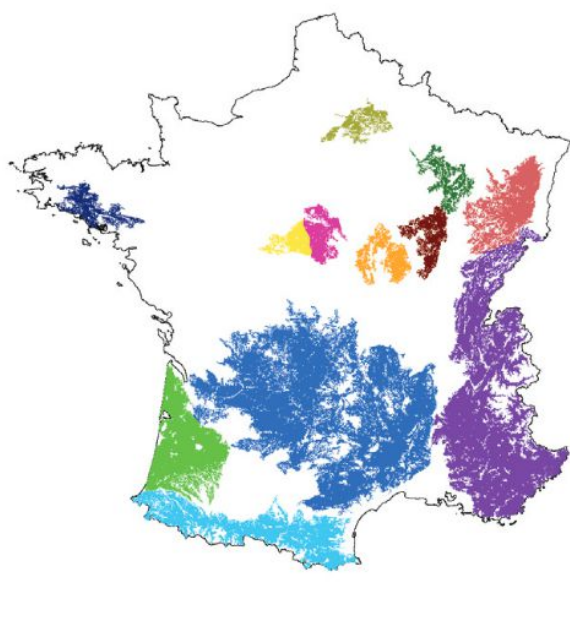
## 6.3 La fragmentation des massifs semble contenue

142. La forte progression de la surface forestière métropolitaine en deux siècles a fait croître de même la quantité d'habitats disponibles pour les espèces inféodées à la forêt. Ne masque-t-elle pas une fragmentation concomitante des habitats naturels soumis au développement de l'urbanisation et des infrastructures, qui serait préjudiciable à la biodiversité ? Les données récentes montrent au contraire une tendance à l'agrégation des massifs forestiers plutôt qu'à leur fragmentation entre 1999 et 2008 (Peyron, 2015, In : Maaf, IGN, 2016). Les grands et très grands massifs forestiers (de plus de 10 000 et de 100 000 ha) sont majoritaires et leur part s'accroît. Ils sont principalement localisés dans les régions de montagne et dans les Landes (Figure 6.5). C'est un élément positif pour les espèces forestières mobiles (qui ne sont pas limitées par une interruption de couvert de 200 mètres).

En considérant que deux massifs sont distincts s'ils sont séparés par une grande infrastructure de transport (LGV ou autoroute) ou une interruption de plus de 200 mètres, les massifs de plus de 10 000 ha couvrent 80 % des forêts métropolitaines et ceux de plus de 100 000 ha en couvrent 68 % (Maaf-IGN, 2016)

143. Cette tendance à l'agrégation des massifs est liée au processus d'expansion des forêts métropolitaines, principalement en milieu rural après abandon de terres agricoles. Inversement, les principaux défrichements sont effectués au profit de l'urbanisation. Ils sont non seulement limités mais encore concentrés au voisinage des villes. La taille moyenne des massifs forestiers est finalement plus favorisée par le premier phénomène que contrariée par le second.

**Figure 6.5 : Localisation et identification des massifs de plus de 100 000 hectares**



Source : IGN, carte forestière (BD Forêt®)

Domaine forestier et temporel concerné :

2015 : ensemble des forêts et des peupleraies de plus de 0,5 ha (y compris espaces boisés non considérés comme forestier par l'inventaire forestier national en raison de l'usage qui en est fait), année moyenne des prises de vue aérienne 2008.

Précision : Une couleur par massif.

144. La connectivité des écosystèmes participe à leur bon fonctionnement écologique (par des échanges d'espèces et de gènes) qui lui-même contribue probablement à une meilleure adaptation de la forêt aux changements globaux et à une meilleure résilience de l'écosystème en cas de perturbation. A contrario la connectivité des massifs forestiers favorise aussi la propagation d'espèces exotiques envahissantes, ravageurs et maladies, dont on peut craindre une amplification avec le réchauffement climatique (§ 6.2).



## 6.4 Les populations croissantes d'ongulés sauvages exercent une pression sur la régénération des forêts

---

145. Par leurs habitudes alimentaires, les grands ongulés (cerf élaphe, chevreuil, sanglier, chamois, isard, mouflon, daim, cerf Sitka) jouent un rôle clé dans l'écosystème forestier et peuvent avoir une influence importante sur la production des biens et des services écosystémiques (David, 2014). Par abrutissement, ils influencent la régénération, une phase primordiale de la dynamique forestière. Par abrutissement et écorçage, ils détériorent aussi la qualité du bois. Ces pratiques sont spatialement hétérogènes (Morellet *et al.*, 1999) et répondent généralement à une multitude de variables tant sylvicoles (âge du peuplement, densité de tiges...) qu'environnementales (lisière agricole, pénétrabilité, dérangement...) (Ballon *et al.*, 2005).
146. Les effets observés sur la flore dépendent de la densité de population des grands ongulés et peuvent être positifs ou négatifs selon les espèces considérées :
- des expérimentations montrent que l'abrutissement peut favoriser certains végétaux ayant des difficultés à se développer en conditions habituelles. Le grand gibier peut contribuer à la propagation et au développement de plantes rares, qui deviennent avantageées par les nouvelles conditions imposées par les cervidés (Boulanger *et al.*, 2011). Il apparaît également que la dynamique des espèces végétales est encouragée par la présence des animaux. Les phénomènes d'apparition, de disparition et de stabilité des espèces sont plus importants dans un exclos (où circule librement la faune sauvage) que dans un enclos dépourvu d'ongulés (Archaux *et al.*, 2009). Les grands ongulés participent à la propagation de végétaux, par le transport externe des semences dans leurs fourrures et leurs sabots (épizoochorie) ou en ingérant les fruits puis en déféquant les graines (endozoochorie) (Gill, 2001). Pour finir, le piétinement du sol par les animaux peut entraîner l'activation des banques de graines contenues dans le sol (Archaux *et al.*, 2009).
  - les mêmes processus peuvent avoir un effet négatif sur d'autres espèces végétales, et notamment sur le peuplement forestier. On parle de dégâts lorsque les populations de grands ongulés remettent en cause la réalisation d'objectifs sylvicoles. En cas d'intensité trop importante, l'abrutissement de la végétation se traduit par des changements de conditions stationnelles (notamment au niveau de la lumière) et par des modifications de la compétition interspécifique (Archaux *et al.*, 2009). Il peut réduire la richesse spécifique de certaines strates, limiter la régénération de certaines espèces, entraîner des retards de croissance (notamment en cas de répétition des atteintes), voire carrément interdire la dominance de certaines espèces végétales dans une forêt. Il a été montré par exemple que le chêne ainsi que le bouleau (plus limité) ne pouvaient se régénérer sous une canopée ouverte de pin sylvestre, en raison d'un abrutissement trop important (Kuiters *et al.*, 2001). Une fois la régénération acquise, les populations de grands ongulés sauvages peuvent encore augmenter la mortalité de certaines espèces d'arbres<sup>79</sup>. Ces influences varient selon les différences d'appétence entre les essences.

---

<sup>79</sup> Sans aller jusqu'à provoquer la mort de l'individu, l'abrutissement, l'écorçage et le frottis peuvent aussi entraîner une baisse importante de qualité des arbres, occasionnant ainsi des pertes économiques au sylviculteur, notamment sur des peuplements adultes.

## 6.4.1 Une augmentation généralisée des populations d'ongulés sauvages

147. Aucune méthode ne permet de recenser ces populations à grande échelle. Les statistiques de prélèvements par la chasse sont les seules données disponibles permettant d'apporter des indications sur les tendances d'évolution des populations d'ongulés chassées et d'estimer leurs effectifs. Elles sont donc très utilisées par les gestionnaires, et plusieurs études ont été réalisées afin de montrer qu'elles permettent de suivre l'évolution des populations de manière pertinente sur les moyen et long termes malgré de nombreux écueils : les différences entre deux années ne sont pas nécessairement causées par des différences d'abondance mais dues à des changements du mode de chasse, à la mise en place du plan de chasse, à des erreurs dans la collecte des données, à la variabilité du nombre de chasseurs, etc. (Maaf, IGN, 2016). En résumé, et malgré les limites indiquées, on peut conclure globalement que toutes les espèces d'ongulés sauvages progressent au niveau national et que cette évolution se fait non seulement par une augmentation locale des densités mais aussi par une expansion géographique avec recouvrement des aires de répartition des différentes espèces (Maaf, IGN, 2016). L'analyse des tableaux de chasse montre notamment une progression régulière sur l'ensemble du territoire national du cerf élaphe (en vingt ans, les prélèvements ont été multipliés par 3,3, avec 57 944 individus prélevés en 2013), du chevreuil depuis 2009 (553 632 individus prélevés en 2013) et une tendance générale à la hausse des populations de sangliers malgré des variations d'une année sur l'autre (550 619 individus prélevés en 2013). Actuellement, sur plus de la moitié de la superficie des forêts françaises cohabitent au minimum trois espèces d'ongulés. Cette augmentation des populations d'ongulés se traduit par une hausse des impacts sur les habitats forestiers qu'ils fréquentent (Maaf, IGN, 2016).

## 6.4.2 Une évaluation incertaine des dégâts sylvicoles causés par les ongulés sauvages

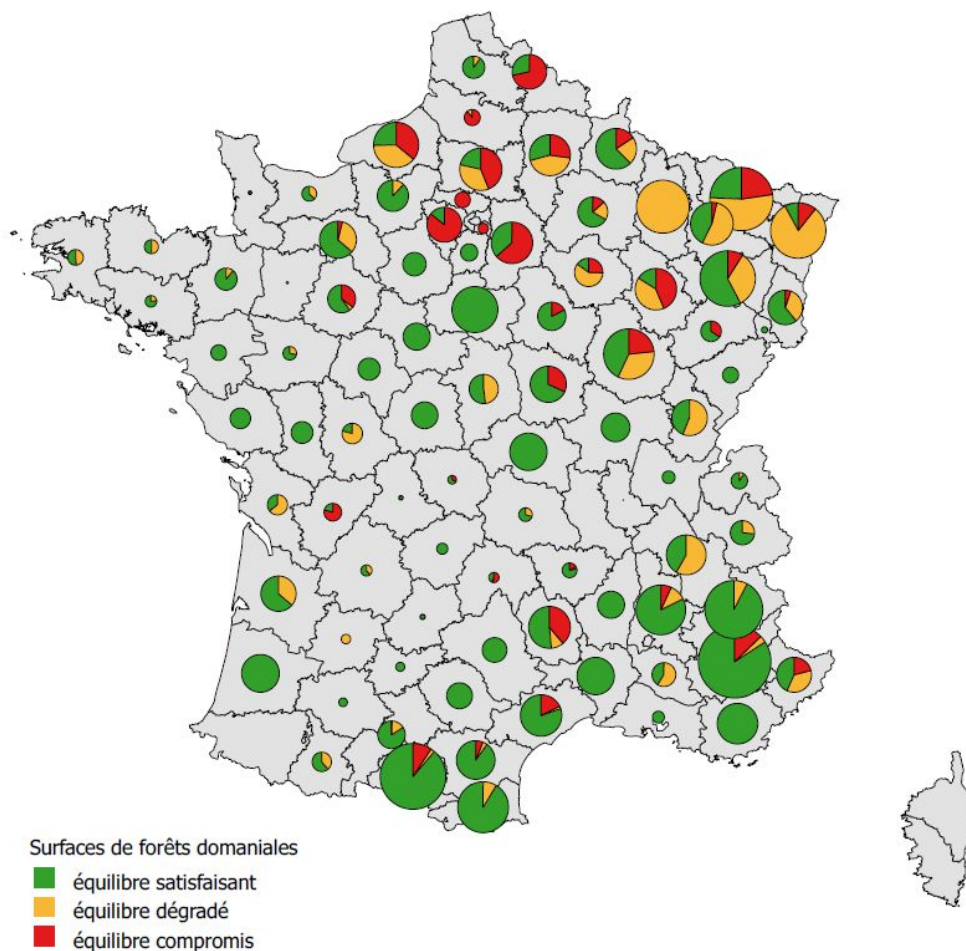
148. L'évaluation des dommages causés par les ongulés sauvages est difficile à réaliser pour de nombreuses raisons : les protocoles de diagnostic existent mais ne peuvent pas s'appliquer à l'ensemble des peuplements ; les dégâts sont difficiles à repérer visuellement si bien que l'impact des ongulés sur l'écosystème forestier se détermine généralement indirectement par l'absence de certaines essences dans le peuplement ; l'absence d'objectifs sylvicoles sur une grande partie des forêts rend aussi cette évaluation difficile, d'autant plus qu'elle nécessite une distinction entre la notion de pression et celle de dégât. À cela viennent s'ajouter des difficultés relatives à la compréhension de phénomènes complexes comme celui de l'appétence des cervidés pour les espèces végétales qui semble varier selon plusieurs critères que sont la composition de la végétation globale (Gill, 1992), l'abondance de l'essence, l'état de satiété ou bien encore la composition chimique des plantes (Rusterholz *et al.*, 1978).

149. En 1998, l'Observatoire national des dégâts de cervidés en forêt a permis d'étudier l'étendue de ces impacts sur cinq départements (Landes, Oise, Sarthe, Tarn et Vosges), selon un protocole défini pour les futaies régulières. Globalement, sur les 1 200 000 hectares de forêt étudiés, les cervidés auraient compromis l'avenir de 5 000 hectares de peuplements sensibles sur les 40 000 hectares considérés comme tels. Les facteurs jouant un rôle majeur dans l'acuité des phénomènes observés étaient les suivants : l'importance des populations de cervidés, l'origine des peuplements forestiers (il a pu être observé par exemple que, pour le chevreuil et pour une même essence, les plants originaires de pépinières étaient plus consommés que les tiges issues de semis naturels) et la nature des essences forestières (Ballon *et al.*, 2005). Ces résultats portent malheureusement uniquement sur les peuplements en futaie régulière, sur cinq départements et ont été produits il y a plus de quinze ans, les populations ayant comme on l'a vu bien évoluées depuis.

150. Plus récemment, une appréciation des dégâts a été réalisée dans le cadre de la procédure de location des baux de chasse en forêt domaniale. La qualification de l'équilibre forêts-gibier<sup>80</sup> selon trois niveaux (satisfaisant, dégradé, compromis) a été réalisée pour chaque lot, de manière concertée entre l'ONF et le chasseur concerné, et inscrite dans le contrat signé entre les deux parties. Les résultats publiés dans le bilan patrimonial des forêts domaniales (ONF, 2015, indicateur 4.7) montrent qu'environ un tiers des surfaces de forêts domaniales présentent un équilibre forêt-gibier non satisfaisant : 8 % voient cet équilibre compromis et 26 % dégradé. Ces forêts sont majoritairement situées dans le nord et le nord-est de la France, zones où les enjeux de production de bois sont élevés (cf. Figure 6.6).

**Figure 6.6 : Surface des forêts domaniales selon l'état de l'équilibre forêt-gibier, par département**

Source : ONF, 2015



151. L'ampleur des impacts floristiques et des dommages économiques occasionnés par des populations exponentielles d'ongulés sauvages en forêt est probablement importante mais doit encore être documentée, notamment dans but de disposer d'un outil d'évaluation globale de la situation en France métropolitaine.

<sup>80</sup> ou équilibre sylvo-cynégétique. L'article L425-4 du code de l'environnement précise que « L'équilibre agro-sylvo-cynégétique consiste à rendre compatibles, d'une part, la présence durable d'une faune sauvage riche et variée et, d'autre part, la pérennité et la rentabilité économique des activités agricoles et sylvicoles. [...] L'équilibre sylvo-cynégétique tend à permettre la régénération des peuplements forestiers dans des conditions économiques satisfaisantes pour le propriétaire [...]».

## PARTIE 2

\*\*\*

### Evaluation des services écosystémiques

\*\*\*

152. L'idée que la forêt remplit un ensemble de « fonctions » (au sens rôles, services)<sup>81</sup> est ancienne. La foresterie s'est en effet largement construite sur la conciliation entre des impératifs économiques, écologiques et sociaux. C'est bien pour cela que Hans Carl von Carlowitz (1645-1714), dans son traité d'économie forestière, *Sylvicultura oeconomica* (1713) est reconnu comme le père du développement durable. A cette époque (ancien régime) on parle alors de gestion « multi-usages » orchestrée par le roi ou le seigneur (Arnould, 2012). Avec la promulgation du code forestier en 1827, les droits d'usages sont restreints et la forêt devient un espace privatif consacré principalement à la production de bois d'œuvre de qualité. On considérait alors que la production de bois jouait un rôle prépondérant auquel le forestier tendait à rattacher tous les autres ("quand la production de bois va, tout va"). Les services écosystémiques étaient ainsi dans le sillage de la production de bois.
153. Un tournant se dessine dans les années 1960-1970 en lien avec les revendications sociales et écologiques. La notion de « multifonctionnalité », visant à faire valoir les nombreux rôles remplis par la forêt au-delà de la production de bois, fait alors son apparition avec en fond l'idée que le forestier gère un ensemble de « fonctions » ou services, la hiérarchisation et les arbitrages étant réalisés selon un système de valeurs ou une demande sociétale.
154. Dans la continuité, le concept de services écosystémiques (SE) apparaît officiellement dans les années 1970<sup>82</sup>. L'interdisciplinarité de la notion - à l'interface entre sciences de la nature et sciences de la société - et la multiplicité des terminologies, points de vue et intérêts qui en découlent, ont probablement compliqué l'élaboration de définitions robustes, standardisées et consensuelles des SE (Spangenberg *et al.*, 2014) ainsi que des notions connexes telles que fonctions écologiques. S'il y a bien un accord général pour considérer les SE comme l'ensemble des bénéfices fournis par les écosystèmes à la société, dans le détail les définitions divergent selon les champs disciplinaires, les auteurs, *etc.* (Fisher *et al.*, 2009). Certaines approches définissent les SE comme un phénomène écologique et s'intéressent en fait aux *structures et processus*<sup>83</sup> caractéristiques de l'écosystème qui sous-tendent leur production : elles se situent du côté de l'offre, du « potentiel » de services (utilisé ou non par la société). D'autres études regardent davantage du côté de la demande, c'est-à-dire *des biens et services provenant des écosystèmes et effectivement utilisés par l'Homme*<sup>84</sup> à laquelle une valeur d'usage peut être attribuée. Les deux types d'approches sont ici combinés, dans l'idée de caractériser les services écosystémiques forestiers d'un point de vue biophysique d'une part (offre), socio-économique d'autre part (demande).
155. Les tentatives de classification des SE ont été nombreuses et les efforts suivent leur cours (Spangenberg *et al.*, 2014 ; Haines-Young & Potschin, 2010). Le *Millennium ecosystem Assessment* (MEA) est une référence importante largement reprise dans la littérature (Fisher *et al.*, 2009). Publiée en 2005, cette étude de synthèse portant sur l'état et l'évolution des écosystèmes et SE à l'échelle mondiale distingue quatre catégories : (i) les services de régulation de l'environnement bénéficient indirectement aux sociétés humaines (par exemple la purification de l'eau ou la régulation du climat), (ii) les services d'approvisionnement couvrent l'ensemble des biens matériels directement prélevés au sein des écosystèmes (iii) les services culturels sont liés à la satisfaction de besoins récréationnels, esthétiques, ludiques et spirituels, enfin (iv) les services de support sous-tendent la production de tous les autres (production primaire, cycle de l'eau et des éléments nutritifs, *etc.*). Le cadre conceptuel de l'EFSE s'inspire de la littérature évoquée ci-dessus, de la Classification Internationale des Services Ecosystémiques (CICES) et des travaux conduits au niveau européen par le groupe de

---

<sup>81</sup> La difficulté sémantique consiste à ne pas confondre les « fonctions » du forestier (qui sont en fait synonymes de services écosystémiques) et les « fonctions écologiques » telles que définies précédemment, qui soutiennent la production de services écosystémiques (recyclage des nutriments, décomposition, *etc.*).

<sup>82</sup> Les termes « services de la nature » ont été utilisés en premier par Westman (1977) puis l'expression évolue en services écosystémiques (Ehrlich et Mooney., 1983) mais les racines du concept de SE remonteraient aux conversationnistes des années 1950 selon Spangenberg *et al.*, 2014.

<sup>83</sup> Par exemple dans Daily, 1997 (in : Fisher *et al.*, 2009).

<sup>84</sup> Par exemple dans Costanza *et al.*, 1997 (in : Fisher *et al.*, 2009).

travail MAES<sup>85</sup>. Les services de support s’effacent au profit de la notion de fonctions écologiques (§ 4) et les SE sont répartis en services de régulation (§ 7), biens (§ 8) et services culturels (§ 9). Une spécificité est reconnue aux dimensions identitaire, spirituelle et symbolique regroupées autour de la notion de « patrimoine naturel » (§ 10) (MEEM, 2017).

156. Comme à chaque type de milieu correspond un panel de services différents, la classification générale du cadre conceptuel de l’EFESE a d’abord été déclinée aux écosystèmes forestiers (*cf.* Annexe 6) avant d’être restreinte à une liste des biens et services considérés comme prioritaires (*cf.* Tableau ci-dessous). La priorité donnée à ces services par rapport aux autres, largement discuté avec les parties prenantes et discutable, est justifiée par (i) leur sensibilité aux politiques publiques, (ii) leur sensibilité aux facteurs de changement (changements d’occupation du sol, espèces envahissantes, pollutions, surexploitation, changement climatique – *cf.* § 6) ainsi que (iii) par la disponibilité des données et la faisabilité de l’évaluation. De manière plus subjective, ce choix reflète aussi l’importance accordée à ces biens et services par les parties prenantes impliquées dans l’EFESE<sup>86</sup>.

#### Liste des services écosystémiques forestiers abordés dans l’EFESE (partie 2)

Catégorie	Divisions (MEEM, 2017)	Références des chapitres	Services ou avantages associés
Service de régulation	Régulation de l’environnement physico-chimique	Régulation du climat global (§ 7.1)	Séquestration du carbone en forêt ; services anthropiques de stockage du carbone dans les produits bois et de substitution (matériau ou énergie) à du carbone fossile
		Régulation du climat local (§ 7.2)	Régulation des températures, de l’eau atmosphérique et de la pluviométrie, du vent Filtration de l’air
		Régulation de la qualité de l’eau (§ 7.4)	Régulation des concentrations en polluants
	Régulation des flux	Régulation de l’érosion (§ 7.5)	Régulation de l’érosion hydrique des sols Maintien du trait de côte (dunes boisées)
		Protection contre les aléas naturels en région de montagne (§ 7.3)	Protection contre les avalanches, chutes de pierres, glissements de terrain (forêts de montagne)
		Régulation des crues (§ 7.6)	Rétention de l’eau dans les sols forestiers Epanchage du débit de crue (forêts riveraines)
Biens forestiers	Matériaux, énergie	Fourniture de bois (§ 8.1)	Bois d’œuvre et bois industriel Bois énergie
		Fourniture de gibier (§ 8.2)	Grands ongulés sauvages, petits gibiers
	Alimentation, autres biens	Autres biens forestiers (§ 8.3)	Plantes sauvages Substances naturelles et molécules Autres biens (liège, objets décoratifs, etc.)
Services culturels	Interactions physiques et intellectuelles avec les écosystèmes et les paysages	Activités récréatives en forêt (§ 9)	Récréation avec ou sans prélèvement

<sup>85</sup> *Mapping and assessment of ecosystems and their services*, groupe de travail mis en place par la Commission Européenne.

<sup>86</sup> Les membres du groupe de travail « Forêt » ont été invités à se prononcer sur chaque service à travers un système de notation *Cf.* Compte-rendu Réunion n°6 du 23 avril 2015 (Annexe 1).

157. L'analyse proposée dans la deuxième partie de ce rapport est ainsi centrée sur certains services écosystémiques et bien forestiers, tous n'ayant pu être abordés.

158. Les services de régulation :

- **La régulation du climat par les forêts** implique des échelles d'analyse différentes, ainsi que des effets et rétro-effets complexes. A l'échelle globale, les forêts jouent notamment un rôle d'atténuation du changement climatique en capturant et en stockant certains gaz de l'atmosphère : l'évaluation proposée ici est centrée sur le bilan carbone global de la filière forêt-bois métropolitaine (§.7.1). A l'échelle locale, les milieux forestiers influencent les températures, les précipitations, et d'autres facteurs climatiques tels que l'humidité et le vent, ou encore la composition physico-chimique de l'atmosphère, avec un effet global probablement bénéfique sur les sociétés humaines mais complexe à évaluer car impliquant divers phénomènes de différentes natures (pas d'évaluation proposée) (§.7.2) ;
- **Le rôle des forêts dans la protection contre les aléas naturels**, connu et reconnu de longue date, est restreint dans le cadre de cette étude à la protection contre les avalanches, chutes de pierre et glissements de terrain que procurent les forêts de montagne (§.7.3) et au rôle important joué par les forêts (notamment celles localisées en bordure des cours d'eau) dans la régulation des crues et des inondations (§.7.6, fiche résumée) ; les études de cas existantes (littérature) mettent en évidence des valeurs économiques très diverses pour le service rendu par les forêts en montagne, aucune de ces valeurs ne pouvant être extrapolée à l'ensemble des forêts métropolitaines concernées ;
- **La régulation de l'érosion hydrique ou éolienne** s'exerce de manière diffuse sur l'ensemble du territoire, avec une importance accrue en montagne ou sur le littoral où les boisements (le plus souvent artificiels) permettent de maintenir les sols, en même temps qu'ils protègent les intérêts humains contre les aléas naturels (§.7.5, fiche résumée) ;
- **La régulation de la qualité de l'eau** par les forêts implique des fonctions de filtration et d'auto-épuration du milieu naturel couplées à un effet d'occupation du sol (de manière assez triviale, le faible niveau d'intrants en forêt limite les contaminations par rapport à des terrains agricoles ou urbains) ; la prise en compte de ce dernier effet en tant que service écosystémique est néanmoins discutée (§.7.4, fiche résumée).

159. Les biens forestiers marchands :

- **Le bois** est le principal bien marchand issu des forêts métropolitaines. Il est destiné à la construction, à l'emballage et à l'ameublement (bois d'œuvre), à l'industrie (pâte à papier, panneaux de particules...) ou à la production d'énergie. Tandis que la quantité de bois sur pied « disponible » en forêt peut être calculée à l'aide d'un modèle, les quantités prélevées et récoltées (et leur valeur économique) font l'objet de suivis nationaux dans le cadre de différents processus et sont aisément reprises (§.8.1) ;
- **Une multitude d'autres ressources alimentaires, ornementales, matérielles, génétiques ou bio-chimiques** sont potentiellement issues des écosystèmes forestiers métropolitains : le panorama, même non exhaustif, met en évidence leur diversité (§.8.3, Fiche résumée). Les quantités prélevées, souvent faibles et la plupart du temps non commercialisées, ne sont généralement pas suivies : cela restreint l'évaluation économique à quelques produits seulement, parmi lesquels le gibier arrive en première place (§.8.2, Fiche résumée).

160. Les services culturels :

- **Les activités en forêt** (§.9) sont variées et tiennent une place importante dans les pratiques récréatives des français métropolitains. Elles ont été relativement bien suivies et évaluées par différentes enquêtes ou études conduites à l'échelle régionale et parfois nationale.

161. Le niveau d'analyse diffère donc largement d'un service écosystémique à l'autre, selon la complexité des phénomènes impliqués et la capacité des auteurs à la traiter, l'abondance de la littérature scientifique sur le sujet et la disponibilité de données à l'échelle du territoire métropolitain permettant d'en proposer ou non une évaluation quantitative. Dans tous les cas, un effort a été fait pour identifier des indicateurs du niveau de service, tant d'un point de vue biophysique que socio-

économique, et pour en comprendre les principaux déterminants. Pour chacun des états forestiers (E1 à E6) définis dans la première partie du rapport, un niveau de service est attribué (en utilisant des méthodes quantitatives pour la fourniture de bois et la régulation du climat global, à dire d'experts pour les autres biens et services étudiés). Ces évaluations permettent de représenter les différents bouquets de biens et services selon les états de la forêt (§ 11)

162. L'approche des services écosystémiques proposée dans le cadre de ce travail ne tient pas compte du fait que les écosystèmes forestiers peuvent également être perçus comme sources de nuisances ou de contraintes par certains secteurs économiques ou certaines catégories de personnes. Dans le cadre de l'EFESE, ces effets négatifs ne sont pas évalués en tant que services négatifs ou disservices (MEEM, 2017). Les forêts métropolitaines peuvent néanmoins engendrer des coûts ou une diminution du bien-être des populations (*cf.* Encadré sur les contraintes page suivante) qui devraient, à termes, être mieux pris en considération pour l'analyse des contributions des écosystèmes aux sociétés humaines.



## Encadré : Principales contraintes à l'action de l'Homme liées aux forêts métropolitaines

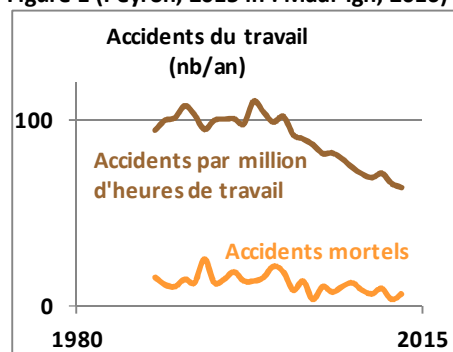
Les écosystèmes sont parfois perçus comme des sources de nuisances ou de risques que le cadre conceptuel de l'EFESE qualifie de contraintes (MEEM, 2017). De même que les services écosystémiques forestiers procurent des avantages, les contraintes engendrent un préjudice ou des coûts pour la société, et finalement une diminution du bien-être. Elles sont envisagées ici du triple point de vue de la sécurité, de la santé et de l'économie. A défaut d'une liste exhaustive, quelques exemples significatifs sont donnés ci-après.

### Sécurité physique des personnes et des biens

Dans certains cas particuliers, la présence de forêt tend à augmenter la vulnérabilité des populations vis-à-vis de certains risques touchant la forêt, du fait du simple fonctionnement des écosystèmes ou du fait d'activités anthropiques pratiquées en forêt. Il n'est pas facile de séparer absolument ces diverses causes pour les contraintes listées ci-après.

- Les **incendies de forêts** représentent un risque non seulement pour les écosystèmes concernés mais aussi pour les personnes et les biens situés à l'intérieur ou à proximité des espaces boisés : risque vital ou d'intoxication pour les populations ou pompiers au contact du feu, risque de destruction pour les infrastructures ou constructions et les biens que ces derniers abritent. Les priorités des pompiers vont d'ailleurs d'abord à la protection des personnes et de leurs biens, avant celle de la forêt elle-même. Cette contrainte concerne surtout la zone méditerranéenne où sont recensés plus des deux tiers des surfaces forestières annuelles brûlées. Les feux de forêts sont aujourd'hui relativement bien maîtrisés en France (à l'exception des années de sécheresse) et les surfaces incendiées ont tendance à diminuer depuis les années 1990 en lien avec les efforts de prévention et de lutte contre les incendies. Les dépenses de protection et de lutte contre les incendies de forêts s'élèvent en France entre 100 et 200 millions par an (MAAF-IGN, 2016) mais ne représentent qu'une partie des préjudices subis.
- Les **chutes de branches et d'arbres** représentent un risque pour les promeneurs et les professionnels de la forêt, ainsi que pour les automobilistes circulant sur des voies à l'intérieur ou en bordure des forêts. A proximité des cours d'eau, elles sont susceptibles d'endommager les berges et de provoquer des embâcles qui peuvent être lourdes de conséquences. Ces risques sont exacerbés par les vents violents, tempêtes et les fortes crues qui, arrachant bois morts et arbres sains des forêts riveraines, renforcent leurs effets dévastateurs (Schwitter R., Bucher H., 2009). Des assurances responsabilité civiles sont fortement conseillées pour les propriétaires forestiers et généralement incluses dans les cotisations aux associations de la fédération nationale.
- Les **accidents de la route dus à la grande faune** sont nombreux (près de 72 000 en 2010 selon le rapport annuel du Fonds de garantie des assurances obligatoires de dommages) et une fraction d'entre eux (plusieurs dizaines) est mortelle ; ils ne sont plus suivis statistiquement de manière régulière depuis 2010 et donc mal connus aujourd'hui mais sont vraisemblablement en hausse du fait de l'augmentation des populations de grande faune et des déplacements automobiles (Ribier *et al.*, 2012) ; leur coût a été estimé entre 100 et 200 millions d'euros par an (Vignon et Barbarreau, 2008), résultat cohérent avec le montant des indemnités versées en 2010 le Fonds de Garantie (146 millions pour l'ensemble des dossiers traités dont 73% impliquant la faune sauvage).
- Les deux-tiers des **accidents de chasse** interviennent en forêt, soit 80 à 100 par an dont une dizaine mortels (ONCFS, 2016).
- Les conditions de travail en forêt sont réputées difficiles et les **accidents du travail** y sont fréquents, bien qu'en diminution (Figure 1).

Figure 1 (Peyron, 2015 in : Maaf-Ign, 2016)



## Encadré : Principales contraintes à l'action de l'Homme liées aux forêts métropolitaines

### Santé

On note plusieurs risques sanitaires liés à la présence, en forêt, de divers organismes végétaux et animaux pouvant affecter la santé humaine sous forme de maladies, allergies, intolérances, irritations ou urtications. Ces effets négatifs ne viennent cependant qu'atténuer les bienfaits, reconnus par ailleurs, des forêts sur la santé en termes de bien-être physique, mental et social (voir notamment § 9). Enfin, la production biogénique de composés organiques volatils, précurseurs de l'ozone, et ses conséquences sur la qualité de l'air ne peuvent être négligées.

- La **borréliose ou maladie de Lyme**, très répandue et en pleine expansion sous les latitudes tempérées, est une maladie infectieuse due à des bactéries transmises à l'Homme par la piqûre de tique infectée. Ces tiques trouvent en forêt un habitat privilégié et sont favorisées par la présence d'une faune sauvage riche et variée indispensable à leur alimentation. En France métropolitaine cette maladie pose une nouvelle problématique de santé publique, notamment dans les espaces forestiers périurbains souvent très fréquentés. L'incidence de la maladie est en augmentation et estimée en 2005 à environ 9 cas par an pour 100 000 ha avec des variations régionales importantes (Meha, 2013).
- D'autres maladies sont bien connues, comme la **rage** ou l'**échinococcose**, largement véhiculées par les renards.
- Des allergies au **pollen** sont bien connues. L'augmentation des températures moyennes conduit à une plus grande précocité de la floraison et de la pollinisation et à une hausse de la quantité de pollens émis, donc une augmentation de la prévalence des allergies (Thibaudon et Monnier, 2015). La quantité de pollen de bouleau dans l'air, suivi par l'ONERC<sup>1</sup> comme indicateur du changement climatique ayant une incidence sur la santé, montre ainsi une très nette augmentation entre 1989 et 2017 (Figure 2). On peut donc logiquement s'attendre à une amplification de ce phénomène dans le contexte du changement climatique.
- Le caractère urticant des poils de **chenille processionnaire** du chêne comme du pin pose problème pour les populations vivant à proximité de forêts et pour les professionnels de la forêt. Il justifie des traitements aériens dans certains cas.
- De rares cas d'**empoisonnement** sont également observés, notamment *via* la consommation de plantes et de champignons toxiques pour l'homme, ainsi que des accidents occasionnels liés à la présence de serpents venimeux ou de mammifères prédateurs.

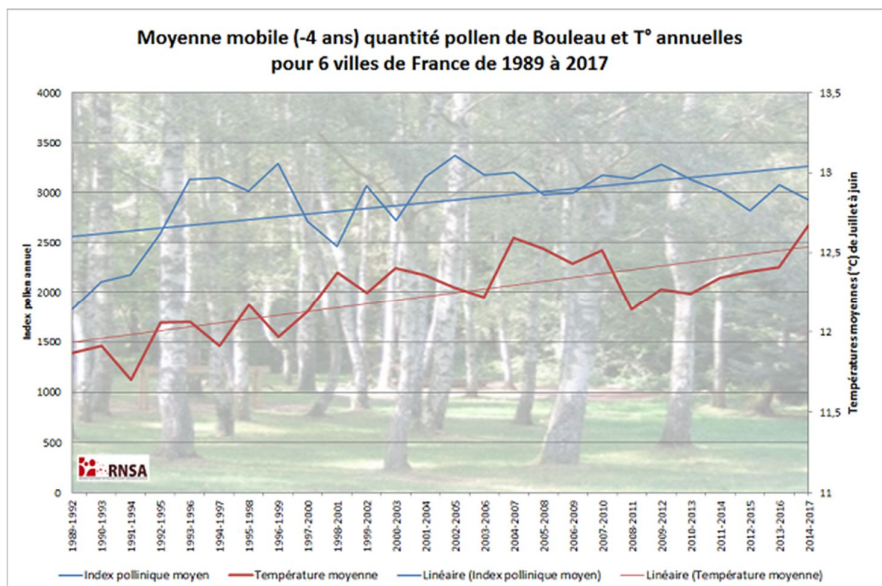


Figure 2 : évolutions des températures et des quantités de pollen de Bouleau dans l'air pour 6 villes en France

Source : ONERC, 2017 [en ligne]<sup>1</sup>

## Encadré : Principales contraintes à l'action de l'Homme liées aux forêts métropolitaines

- **Les composés organiques volatils (COV) émis naturellement par les végétaux forestiers** (en quantité équivalente à la moitié des émissions anthropiques, cf. § 4.2.5) sont des précurseurs de l'ozone, un polluant majeur lorsqu'il est présent en quantité anormalement élevée dans la troposphère (la couche de l'atmosphère la plus proche de la surface terrestre). Ainsi, l'ozone troposphérique se forme par réactions chimiques successives sous l'action du rayonnement solaire (donc principalement en été) dans l'air chargé en différents polluants dits « primaires » (COV, oxydes d'azote, méthane, etc.). Véritable indicateur de la qualité de l'air, l'ozone est un gaz agressif pour les muqueuses oculaires et respiratoires, occasionnant des problèmes sanitaires importants. Il peut en outre altérer l'état des cultures et les forêts elles-mêmes (§6.1).

### Economie

Des contraintes peuvent s'exercer sur certaines activités économiques, du fait du fonctionnement de la forêt ou de politiques particulières dont bénéficie la forêt.

- **Au niveau local les forêts consomment de l'eau** (pour les besoins de leur fonctionnement et par évapotranspiration) et réduisent l'écoulement annuel du bassin versant en comparaison avec d'autres occupations du sol (7.2.2.1). Willis *et al* (2003) le conçoivent comme une externalité négative de la forêt et en déduisent un coût pour l'Angleterre et le Pays de Galles. Le rôle des forêts sur les débits d'étiage est quant à lui controversé : cet aspect mériterait un approfondissement et n'est pas développé ici<sup>1</sup>.
- Largement inféodés à la forêt, **les ongulés sauvages causent un préjudice aux activités agricoles**. Les dégâts aux cultures font l'objet d'indemnités : environ 28 000 ha de cultures sont déclarés détruits chaque année et des indemnités sont versées aux agriculteurs par les fédérations départementales des chasseurs pour un montant qui s'est élevé à 38 millions d'euros en 2011 ; le chiffre de 50 millions d'euros au total - en incluant l'indemnisation et le financement des dispositifs de protection des parcelles - est souvent avancé (David, 2014 ; § 8.2). Les dommages aux peuplements forestiers n'ont fait quant à eux à ce jour l'objet d'aucune indemnisation. Les ongulés sont également porteurs de maladies transmissibles aux animaux domestiques (peste porcine, brucellose, tuberculose bovine...).
- Protectrice et largement développée, **la réglementation forestière interdit fatalement certaines activités ou usages du sol** qui se développeraient en son absence. Elle modifie donc le jeu de la concurrence mais, la plupart du temps, pour éviter des effets inverses selon lesquels la forêt serait pénalisée.

<sup>1</sup> Parmi les références consultées : (i) le rapport du CAS (2009) conclut que l'enracinement profond des arbres maintient l'évapotranspiration en été et peut accentuer l'ampleur et la durée des étiages ; (ii) les expérimentations conduites sur de petits bassins versants (travaux australiens et américains) montrent que le reboisement a tendance à réduire les débits d'étiage et le déboisement à les accroître (Andréassian, 2004 ; Andréassian, 2008) ; (iii) une méta-analyse a montré qu'en région tropicale, les forêts naturelles ont plutôt un effet positif sur les débits d'étiage et les plantations forestières un effet plutôt négatif en comparaison avec des usages du sol non forestiers

---

## **CHAPITRE 7**

### **Les services de régulation**

---

## 7.1 Régulation du climat global

---

### 7.1.1 Présentation du service

163. La forêt et les produits bois sont devenus l'un des grands enjeux des négociations internationales dans la lutte contre le changement climatique, ce qui témoigne de leur importance du point de vue de la régulation du climat global et de la reconnaissance de ce service bénéficiant aux sociétés humaines actuelles et à venir, à l'échelle planétaire.
164. Les forêts influencent le climat à travers différents processus biophysiques qui affectent la composition atmosphérique, les échanges d'énergie et le cycle de l'eau (Bonan, 2008). Les forêts sont notamment susceptibles d'agir sur :
- **la concentration de tous les gaz à effet de serre déjà présents à l'état naturel dans l'atmosphère** : la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et l'ozone (O<sub>3</sub>). Le dioxyde de carbone est le plus important d'entre eux du point de vue de sa contribution au réchauffement global du climat et du point de vue de la capacité des forêts à le réguler ;
  - **Les échanges d'énergie entre la couverture terrestre et l'atmosphère** : ils jouent un rôle important sur le plan climatique. En transférant de l'eau vers l'atmosphère (évapotranspiration), les forêts consomment de l'énergie et refroidissent en contrepartie la surface. D'autre part, elles absorbent une partie du rayonnement solaire et en réfléchissent une autre (effet albédo). Ces effets a priori opposés sont difficiles à intégrer mais de récentes études, empiriques et par modélisation, montrent qu'ils sont significatifs (notamment Li Y. *et al.*, 2015), même si ce résultat est plus net en contexte tropical (effet rafraîchissant dominant) ou boréal (effet réchauffant dominant) que tempéré (effets modérés rafraîchissant l'été, réchauffant l'hiver, avec une résultante légèrement rafraîchissante) ;
  - **La disponibilité en eau**, tant pour les sociétés humaines que pour les écosystèmes : c'est un autre sujet d'importance majeure vis-à-vis duquel les forêts jouent un rôle. Elles puisent de l'eau dans les sols pour leur fonctionnement et la restituent à l'atmosphère par évapotranspiration, participant ainsi au cycle de l'eau et par conséquent aux précipitations.
165. L'influence de la présence de forêt sur la disponibilité en eau d'une part, sur les échanges d'énergies entre la couverture terrestre et l'atmosphère (évapotranspiration – albédo) d'autre part, sera abordée dans le chapitre suivant consacré à la régulation du climat local (§ 7.2). On s'intéresse ici uniquement à la contribution de la forêt au bilan en dioxyde de carbone, dont les effets sont attendus au niveau global en lien avec l'atténuation du changement climatique<sup>87</sup>. Cette réduction du périmètre s'explique notamment par la disponibilité d'informations et d'études récentes (Colin, 2014 ; Madignier *et al.*, 2014 ; Maaf, IGN, 2016 ; Dhôte *et al.*, 2016), ce qui ne doit pas éviter de s'interroger, à terme, sur le poids de tous les autres facteurs par rapport à celui-ci (évapotranspiration, effet albédo et émission d'autres gaz à effet de serre). Il est important de ne pas délaisser ce domaine de recherche, même si l'horizon pour parvenir à un socle consolidé de connaissances semble plus lointain (Bellassen et Luysaert, 2012).

---

<sup>87</sup> Les forêts agissent sur le climat avec des effets potentiellement différents selon l'échelle considérée ; par conséquent la régulation du climat local (température, vent, qualité de l'air) est traitée dans un chapitre distinct (§ 7.2).

## 7.1.2 Caractérisation du service

---

166. *Avertissement* : Toute la forêt métropolitaine (soit 16,4 millions d'hectares) est susceptible de contribuer à la régulation du climat global en séquestrant du carbone *in situ* (dans les arbres vivants et morts, les sols, litières, etc.) alors que la séquestration de carbone *ex situ* (dans les produits en bois) et les économies de carbone réalisées grâce à l'utilisation du bois (effets de substitution matériau et énergie) concernent les seules forêts exploitées ou susceptibles de l'être. Pour les besoins de l'évaluation quantitative, **tous les chiffres de ce chapitre sont néanmoins calculés par rapport aux forêts inventoriées entre 2008 et 2012, soit 15,6 millions d'hectares** (95% de la surface totale de forêt).

---

### 7.1.2.1 Dimension biophysique : séquestration du carbone *in situ* et *ex situ* dans les produits bois

167. Les forêts ont un rôle dynamique dans le cycle du carbone qu'elles entretiennent principalement par les fonctions écologiques de décomposition et production primaire (§ 4.2.2 et 4.2.3). La production primaire nette (photosynthèse et respiration autotrophe) est responsable de la croissance ligneuse dont le résultat est de stocker du carbone dans la végétation (arbres et sous-bois) et le sol (*via* les racines, litières et microorganismes). La décomposition (minéralisation et respiration hétérotrophe) incorpore une partie du carbone dans le sol et en renvoie une autre vers l'atmosphère. Entre les deux, le carbone est stocké dans les réservoirs *in situ* (c'est-à-dire « en forêt ») que constituent :

- la biomasse ligneuse aérienne et souterraine vivante des arbres
- les feuilles vivantes (limbes, aiguilles, écailles...)
- la végétation du sous-bois
- le bois mort
- la litière
- le sol (et les humus)

168. Au-delà du fonctionnement courant, la mortalité naturelle, suscitée par la compétition et renforcée par les risques biotiques (insectes et autre faune sauvage, pathogènes) ou abiotiques (sécheresse, vent, gel...) vient réduire directement, au moins temporairement, la biomasse ligneuse vivante des arbres en augmentant le bois mort en forêt. Les risques humains (incendies notamment), d'une part et, d'autre part, l'exploitation forestière produisent un effet analogue tout en ne contribuant au bois mort en forêt que pour une fraction, les rémanents. En cas d'exploitation, le stockage de carbone perdure *ex situ*, au sein des produits bois, dont l'utilisation (bois matériau, bois énergie) permet également d'éviter des émissions de dioxyde de carbone qui seront estimées plus loin (cf. dimension socio-économique). Il faut cependant bien distinguer la prolongation du stockage sous forme de produit, qui est simplement une forme de bois mort *ex situ*, des effets de substitution qui dépendent exclusivement des dépenses énergétiques comparées entre le bois et ses concurrents, soit pour une utilisation en tant que matériau, soit pour une utilisation en tant qu'énergie.

169. Il est proposé de ne pas tenir compte directement du changement d'occupation des sols et de ne le faire qu'à travers l'évolution du carbone dans les peuplements, le parterre et les sols. Cette proposition correspond bien à la façon dont les données sont disponibles (généralement en moyenne sur les forêts, sans distinction d'origine ou de destination des terres)<sup>88</sup>. Les conventions sous-jacentes sont alors les suivantes :

- le secteur de la foresterie est considéré comme responsable des gains et pertes de forêt ;
- lors d'un boisement ou d'un défrichement, le stock de carbone du sol est censé s'ajuster immédiatement.

Avec ces conventions, le changement d'occupation des terres n'a pas à être directement pris en compte. Cependant, il est à l'origine de l'évolution, au cours du temps, de la surface de forêt et donc aussi des quantités de carbone stocké dans les arbres en croissance, le bois mort et le sol, stocks qui en dépendent principalement de manière différée.

170. Pour caractériser le service écosystémique de carbone, sont finalement pris en compte ci-après :

- la variation de la biomasse ligneuse en croissance dans les arbres,
- la variation du carbone contenu dans le bois mort,
- la variation du carbone contenu dans la matière organique des sols,
- la variation du stock de carbone dans les produits en bois.

171. Ces éléments sont analysés les uns après les autres. Il faut cependant garder en tête qu'ils ne sont pas indépendants. Par exemple, le prélèvement de bois en forêt diminue le stock de carbone en croissance (mais pas forcément la croissance elle-même) avant de renforcer pour partie le bois mort *in situ* et pour une autre partie le stock de produits *ex situ*. Par ailleurs, il agit sur les effets de substitution entre matériaux ou énergies qui sont abordées dans la dimension socio-économique du service écosystémique.

- **Les arbres en croissance constituent actuellement un puits de carbone important**

172. La variation annuelle du stock bois sur pied est initialement évaluée en volume bois fort tige (sur la tige principale à l'exclusion des branches et pour la partie de diamètre supérieur à 7 cm sur écorce). Elle résulte de la production biologique brute annuelle dont on déduit la mortalité naturelle et les prélèvements, eux aussi annuels. On applique ensuite à ce volume des coefficients d'expansion pour les branches et les raines afin de passer en volume aérien et racinaire total, puis une infra densité pour passer en biomasse de matière sèche, ensuite une proportion de carbone par tonne de matière sèche du bois pour passer en masse de carbone, enfin un rapport de masses molaires pour passer du carbone au dioxyde de carbone équivalent (quantifié par la suite en millions de tonnes ou MtCO<sub>2</sub>eq.)<sup>89</sup>. Les coefficients correspondants ont fait l'objet de plusieurs programmes de recherche successifs et sont par exemple utilisés dans le cadre de l'étude de Dhôte *et al.* (2016).

173. Le volume bois fort tige des arbres vivants en forêt de production est évalué par l'IGN à environ 2 500 millions de m<sup>3</sup> (Mm<sup>3</sup>) et son augmentation annuelle est de l'ordre de 41 Mm<sup>3</sup>/an (Maaf, IGN, 2016, indicateur 3.1). Cette augmentation s'explique par le fait que la production brute de 91 Mm<sup>3</sup>/an est nettement supérieure à la somme de la mortalité naturelle d'environ 9 Mm<sup>3</sup>/an et

---

<sup>88</sup> Les règles de rapportage au titre de la convention "Climat" ou du protocole de Kyoto conduisent à distinguer les surfaces qui deviennent forestières de celles qui l'étaient et le restent, ou encore de celles qui sont défrichées. Cependant, si on dispose de bonnes données statistiques sur l'ensemble des forêts (et donc sur le carbone qui s'y trouve), on ne suit pas séparément les terres récemment converties à la forêt, de même qu'on ne connaît pas les caractéristiques particulières des terres défrichées.

<sup>89</sup> Les émissions et absorptions de carbone analysées dans cette note concernent le CO<sub>2</sub> et il n'est pas nécessaire d'utiliser équivalences de pouvoir réchauffant entre différents gaz à effet de serre.

des prélèvements de l'ordre de 41 Mm<sup>3</sup>/an, tous ces chiffres étant exprimés en volume bois fort tige et correspondant aux forêts inventoriées<sup>90</sup>.

174. Cet accroissement du volume sur pied peut être réparti par catégories de propriété, types de peuplement, groupes d'essences, régions de production... (IGN, 2016). Il est réparti ici pour information et application des différents coefficients seulement entre feuillus et résineux.

**Tableau 7.1: Estimation du puits de carbone des arbres vivant en forêts françaises métropolitaines. Données de base IGN sur la période 2005-2012**  
**Domaine : forêts de production**

	Feuillus	Résineux
Variation du volume sur pied bois fort tige en Mm <sup>3</sup>	29,1	11,9
Coefficient d'expansion des branches	1,56	1,30
Coefficient d'expansion des racines	1,28	1,30
Infradensité moyenne	0,55	0,44
Taux de carbone	0,475	0,475
Passage du carbone au CO <sub>2</sub> eq.	3,667	3,667
Puits de carbone en MtCO <sub>2</sub> eq.	55,7	15,4
<b>Ensemble</b>	<b>71 MtCO<sub>2</sub>eq.</b>	

175. Au final l'augmentation du stock de carbone dans les arbres en croissance est évaluée à 71 MtCO<sub>2</sub>eq. (Maaf, IGN, 2016) à partir de données couvrant la période 2005-2012. Dhôte *et al.* (2016) parviennent sensiblement au même résultat avec le même type de méthode pour un millésime 2013.
176. NB : Cette évaluation ne prend pas en compte les feuilles et le sous-étage dont le stock est relativement faible, possède une faible durée de vie et varie sans doute peu dans une approche interannuelle.

- **Augmentation du volume de bois mort en forêt et du stock de carbone associé**

177. Le stock de bois mort est estimé de façon différente selon qu'il est considéré sur pied ou au sol. Sur pied, il est évalué comme les arbres vivants, à savoir en volume bois fort tige de plus de 7 cm de diamètre (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.4). Il est estimé en moyenne à 6,4 m<sup>3</sup>/ha, soit au total 100 Mm<sup>3</sup>. Utilisant un coefficient d'expansion moyen de 1,53, on obtient un volume arbre total de 153 Mm<sup>3</sup>. Le stock de bois au sol est estimé quant à lui à la découpe 2,5 cm et en moyenne à 16,8 m<sup>3</sup>/ha, soit au total 262 Mm<sup>3</sup>. Au total le stock de bois mort est donc de l'ordre de 415 Mm<sup>3</sup>.
178. Ce stock de bois mort évolue au cours du temps selon la mortalité naturelle annuelle (estimée à 8,5 Mm<sup>3</sup>/an en volume bois fort tige mais trois fois plus faible vers 1980) et selon la vitesse de décomposition du bois qui peut être caractérisée par des durées de demi-vie de 5 à 30 ans selon les catégories de bois (Dhôte *et al.*, 2016).
179. Sous ces hypothèses, la variation du stock total de bois mort aérien et souterrain est évaluée à 10 MtCO<sub>2</sub>eq/an (Maaf, IGN, 2016 ; Dhôte *et al.*, 2016).

<sup>90</sup> Le domaine de référence est ici la forêt de production (15,6 millions d'hectares) et les chiffres sont issus directement des résultats de l'inventaire forestier. Cela explique les différences avec les estimations réalisées pour toute la forêt (16,4 millions d'hectares) présentées en Annexe 4.



- **Les sols forestiers séquestrent également du carbone**

180. Le stock de carbone des sols forestiers a été estimé en 1993-1994 sur les 540 placettes du réseau européen de suivi des dommages forestiers, géré en France par le Département de la santé des forêts, à 79 tonnes de carbone à l'hectare, soit encore 290 tCO<sub>2</sub>eq/ha (MAAPRAT, IFN, 2011).
181. En réalité, trois sources de données permettent de quantifier le stock de carbone des sols forestiers : le réseau européen mentionné ci-dessus, le réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS) géré par le groupement d'intérêt scientifique sur les sols (Gis Sol) et le réseau RENECOFOR de suivi des écosystèmes forestiers, géré par l'Office national des forêts (Jonard *et al.*, 2013). Mais seul le dernier a fait l'objet de deux campagnes de mesure (sur les périodes 1993-1995 et 2007-2012) avec des méthodes permettant une comparaison et donc un suivi dans le temps. En effet, le réseau européen a fait l'objet de deux campagnes en 1994-1995 (avec un complément en 1999) et 2006-2007 (programme européen Biosoil) mais selon des méthodes trop différentes dans leur protocole, leur nomenclature des sols et leur échantillonnage pour permettre des comparaisons. Quant au réseau RMQS, qui dépasse le cadre forestier mais inclut les placettes du même réseau européen, il a fait l'objet d'une campagne générale entre 2000 et 2009 qui intègre, pour les sols forestiers, les mesures du programme européen Biosoil et n'a pas encore été réitérée.
182. Les deux campagnes comparables réalisées sur le réseau RENECOFOR concernent les 102 sites du réseau qui couvrent des peuplements des essences majeures (chênes sessile et pédonculé et hêtre pour les feuillus et, pour les résineux, sapin pectiné, épicéa, douglas, mélèze, pins sylvestre, maritime et laricio, représentant globalement de l'ordre de 60% des surfaces boisées françaises). Elles évaluent le carbone contenu dans les couches holorganiques du sol (litière et humus) ainsi que dans les 40 premiers centimètres de sol minéral. Une analyse détaillée montre que le stock de carbone évolue de manière significative sur la quinzaine d'années entre les deux campagnes de mesures réalisées. Plus précisément, il augmente globalement, plus dans les couches minérales qu'holorganiques, et plus pour les résineux que pour les feuillus. L'augmentation annuelle est estimée à 0,19 tonne de carbone par hectare pour les feuillus et à 0,49 tC/ha pour les résineux. Sur la base de 15,6 Mha de forêts "disponibles pour la production" (campagnes d'inventaires 2008 à 2012) et d'une proportion feuillue de 72% (65% de peuplements feuillus en surface auxquels on ajoute deux tiers des 11% de surfaces couvertes de peuplements mixtes), cette augmentation est de l'ordre de 15 MtCO<sub>2</sub>eq./an (Maaf, IGN, 2016). Les raisons précises de cette augmentation restent à élucider<sup>91</sup> mais les sols forestiers constitueraient ainsi un puits de carbone important de l'ordre d'une tonne de CO<sub>2</sub>eq par hectare et par an.

- **Variation du stock de carbone contenu dans les produits bois**

183. Le stock de carbone dans les produits en bois évolue peu, à l'image de la récolte de bois des années 1980 et 1990 (compte-tenu des durées de stockage). La variation de stock des produits en bois est négligée tant par Dhôte *et al.* (2016) que par Peyron (Maaf, IGN, 2016). Cette estimation signifie que la quantité de produits en bois arrivant aujourd'hui en fin de vie est approximativement la même que la consommation actuelle de tels produits.

---

<sup>91</sup> on peut faire l'hypothèse que (i) l'accroissement de productivité a induit un retour de litière accru au sol, l'enrichissant en matière organique et (ii) les nouveaux boisements s'établissent sur un sol pauvre en carbone et l'enrichissent progressivement.

**Bilan du service écosystémique de séquestration de carbone des forêts métropolitaines *in situ* et *ex situ* :**

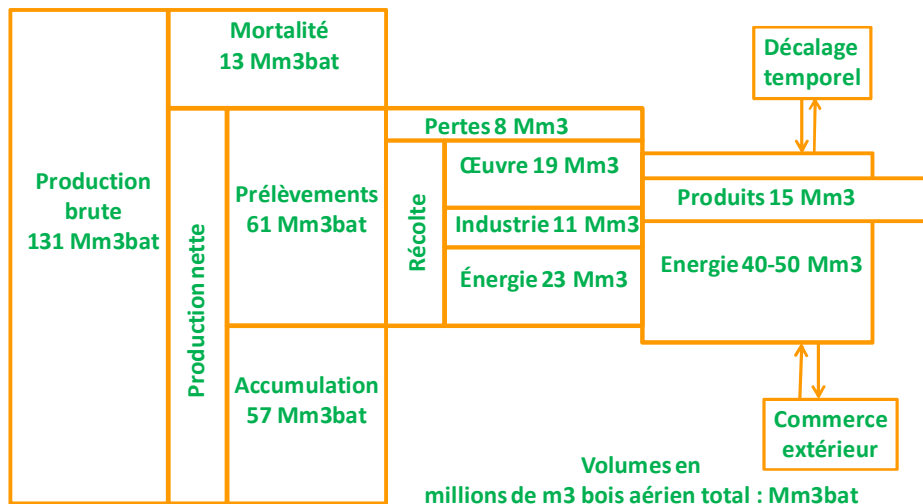
- les arbres en croissance constituent le puits de carbone le plus important estimé à **71 MtCO<sub>2</sub>eq/an**
- la nécromasse permet de séquestrer de l'ordre de **10 MtCO<sub>2</sub>eq/an**
- les sols représentent un puits estimé à **15 MtCO<sub>2</sub>eq/an**
- les produits ligneux n'influent pas sur le résultat : **0 MtCO<sub>2</sub>eq/an**
- **Total de la séquestration de carbone: 96 MtCO<sub>2</sub>eq/an**

### 7.1.2.2 Dimension socio-économique : des effets de substitution liés aux usages du bois non négligeables

184. La séquestration du carbone par les forêts participe à l'atténuation du changement climatique qui a des effets bénéfiques sur la santé, le cadre de vie et la sécurité physique. Cependant, limitée à la séquestration de carbone, le SE peut venir contredire l'économie du bois; c'est donc sur un bilan d'ensemble qu'il faut raisonner dans la mesure où la filière forêt-bois joue sur l'effet de serre non seulement à travers l'évolution forestière mais aussi à travers l'usage qui est fait de ses produits. On se trouve en effet dans une situation de vases communicants dans laquelle ne s'intéresser qu'à la diminution du contenu d'un réservoir en ignorant le remplissage de l'autre ne conduit pas aux bonnes décisions. Les services anthropiques complémentaires pris en compte ici sont au nombre de deux. Ils seront successivement brièvement décrits :

- effet de substitution matériau
- effet de substitution énergie.

185. Ces effets de substitution se comprennent globalement à partir d'une analyse globale des flux de bois à l'intérieur de la filière.



**Figure 7.1.** Schéma d'ensemble des flux de bois à l'intérieur de la filière bois. Ordres de grandeur pour 2013.

186. L'effet de substitution "matériau" provient du fait qu'un produit en bois nécessite en général moins d'énergie, en particulier d'énergie fossile, pour sa confection qu'un produit équivalent dans un autre matériau. L'effet de substitution "matériau" correspond au gain réalisé en substituant du bois à d'autres matériaux plus gourmands en énergie. Il résulte de l'utilisation du bois d'œuvre et des panneaux reconstitués pour l'emballage, la construction, l'ameublement et des objets divers en bois massif. Il est renforcé par la valorisation des sous-produits, le recyclage des produits et leur

récupération en fin de vie. Il est estimé en moyenne, hors récupération énergétique en fin de vie) à 1,1 MtCO<sub>2</sub>éq. évitée par mètre cube de bois contenu dans les produits finis (Ademe, 2015). Sur la base du schéma ci-dessus, les émissions évitées chaque année par l'utilisation du bois s'élève à environ 16 MtCO<sub>2</sub>éq./an.

187. L'effet de substitution "énergie" résulte des différentes utilisations énergétiques du bois à partir du bois rond, des produits connexes (de scierie, liqueur noire) et de produits en fin de vie. Une grande partie du bois exploité à finalement vocation à finir dans des utilisations de type énergétique. L'Ademe (2015) estime que l'utilisation énergétique dans l'industrie ou le résidentiel permet d'éviter l'émission de 0,5 tCO<sub>2</sub>éq. par mètre cube de bois. Le coefficient de 0,4 tCO<sub>2</sub>éq. par mètre cube de bois est appliqué ici pour tenir compte du fait qu'une grande partie du bois de feu est encore utilisé de manière informelle par les ménages. Appliqué au volume moyen de bois énergie de 45 Mm<sup>3</sup>, on obtient l'économie d'émissions de 18 MtCO<sub>2</sub>éq./an.

**Bilan des émissions évitées de GES en lien avec l'utilisation du bois en lieu et place d'énergie fossile et de matériaux plus gourmands en énergie que le bois :**

- Effet de substitution matériau estimé à **16 MtCO<sub>2</sub>éq./an.**
- Effet de substitution énergie estimé à **18 MtCO<sub>2</sub>éq./an.**
- Total des effets de substitution : **34 MtCO<sub>2</sub>éq./an**

### **7.1.3 Principaux déterminants du service écosystémique de séquestration de carbone**

188. La séquestration du carbone *in situ* évolue dans le temps avec la dynamique naturelle de l'écosystème (la croissance des arbres, leur vieillissement, la mortalité, *etc.*), varie selon l'état de la forêt considérée à un moment donné (sa structure, son âge, la surface occupée, *etc.*) et la gestion qui est pratiquée.

#### **7.1.3.1 Evolution du service au cours de la vie d'un arbre ou d'une forêt**

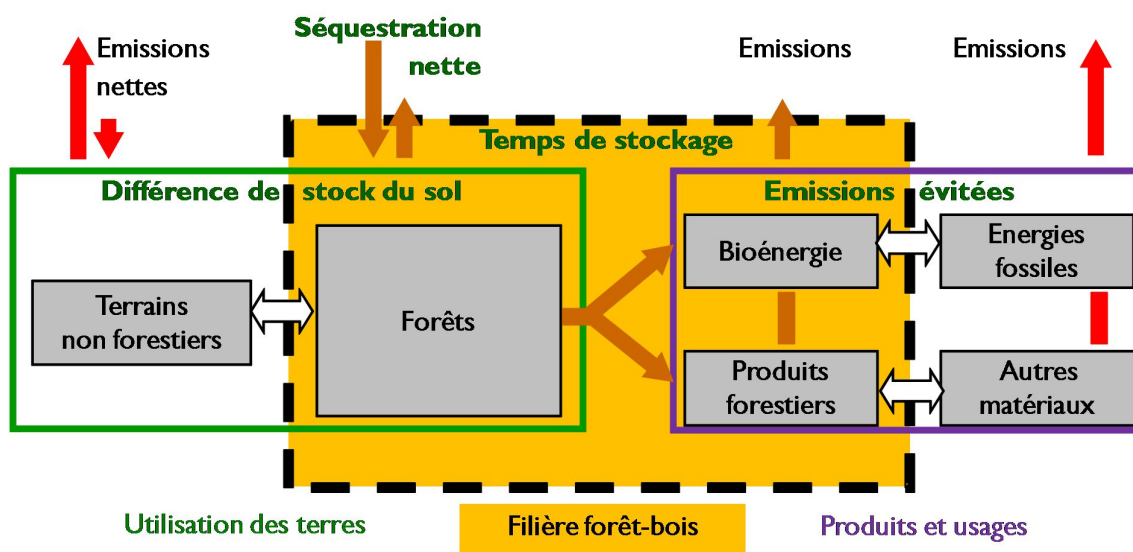
189. La régulation du carbone évolue au cours de la vie d'un arbre ou d'une forêt qui, par essence, possède un fonctionnement dynamique (sylvigénèse). Cette question reste néanmoins très débattue:
- la production primaire nette d'un arbre évolue fortement avec son diamètre pour ne décliner qu'en toute fin de vie (Stephenson *et al.*, 2014) ;
  - cependant, lorsqu'on se place dans des conditions stables et s'intéresse à une parcelle boisée donnée, où la surface dévolue à chaque arbre est limitée par ses voisins et où l'effectif est régulé par le diamètre des arbres (loi d'autoéclaircie, Reineke, 1933), l'augmentation de la production primaire nette par arbre est compensée par la diminution du nombre d'arbres par unité de surface ; ainsi, la croissance d'un peuplement régulier qu'on laisse vieillir commence par augmenter avant de décliner progressivement ; le maximum de contribution intervient cependant à des âges variables selon les essences et conditions de croissance, d'une part et, d'autre part, le déclin est souvent très progressif (Vannière, 1984) ; dans un peuplement où tous les âges sont mélangés, de gros arbres disparaissent et une régénération apparaît, ce qui permet d'entretenir le niveau de la production primaire nette ;

- dans les conditions réelles observées, les peuplements semblent montrer une augmentation de la productivité des forêts au-delà de l'optimum donné par des modèles de croissance de peuplements réguliers considérés dans des conditions stables : plusieurs articles scientifiques attirent ainsi l'attention sur le rôle plus important qu'attendu des vieilles forêts (Carey *et al.*, 2001 ; Zhou *et al.*, 2006, Luysaert *et al.*, 2008) Luysaert *et al.*, notamment, trouvent que les forêts de plus de 200 ans séquestrent en moyenne 2,4 +/- 0,8 tC/ha/an à raison de 0,4 +/- 0,1 tC/ha/an dans les tiges, 0,7 +/- 0,2 tC/ha/an dans le bois mort et 1,3 +/- 0,8 tC/ha/an dans les racines et le sol ; d'autres auteurs confirment l'existence d'un tel puits de carbone pour les forêts matures amazoniennes, mais soulignent sa tendance à la réduction (Brienen *et al.*, 2015) ;
- Le stock de carbone dans les sols évolue également en fonction de l'âge et de la nature de la forêt (Jonard *et al.*, 2013) : le volume de bois mort (plus important dans les forêts non exploitées) permet d'enrichir progressivement les sols en matière organique.

### 7.1.3.2 L'influence de l'exploitation forestière diffère à court, moyen et long terme

190. Les activités utilisatrices de bois se manifestent en forêt au niveau de l'exploitation forestière, que celle-ci ait pour but principal de récolter du bois, d'améliorer par sélection les peuplements en place, ou encore d'assurer le renouvellement des peuplements. Cette exploitation a des conséquences pour les stocks et flux de carbone en forêt, qui diffèrent selon qu'on les analyse à court, moyen ou long terme. Elle alimente aussi un certain nombre d'activités en aval qui jouent un rôle important dans la régulation du climat en complément du service écosystémique de séquestration du carbone (Nabuurs *et al.*, 2007 ; Basilio, 2008 ; Figure 7.2). Ainsi, sous l'impulsion initiale des scientifiques qui ne s'est pas démentie par la suite (Bouvarrel, 1989 ; Loustau *et al.*, 2004), les intervenants socio-professionnels se sont largement mobilisés autour de la question de l'atténuation du changement climatique pour voir comment intervenir au mieux (ONF, 1995 ; Juillot, 2003 ; Alexandre, 2014 ; Madignier *et al.*, 2014 ; Ademe, 2015).

Figure 7.2. La filière forêt-bois et le cycle du carbone (d'après Nabuurs *et al.*, 2007).



191. À court terme, l'exploitation forestière réduit le stock de bois en croissance et tend donc à réduire aussi le puits net de carbone. Cependant, ce phénomène, est compensé de diverses manières :
- si la coupe n'est ni rase ni forte, ce qui est le cas d'une coupe d'éclaircie en structure régulière et de la plupart des coupes en structure irrégulière, alors la production biologique n'est pas affectée quantitativement ; elle peut même être légèrement augmentée ;
  - les bois prélevés sur le stock en croissance ne relâchent pas immédiatement leur carbone : les rémanents seront progressivement dégradés sur une période de plusieurs décennies ; le bois matériau conserve également son carbone jusqu'à sa fin de vie, sous forme énergétique, en décharge ou dans le cadre d'une dégradation naturelle ;
  - l'utilisation du bois évite généralement des émissions de carbone fossile, aussi bien dans sa mise en œuvre sous forme de matériau que lorsqu'il est utilisé à titre énergétique (Ademe, 2015) ; il s'agit d'un effet de substitution ; cette économie se cumule entre la première utilisation, les recyclages successifs éventuels et l'utilisation en fin de vie ;
  - la coupe est susceptible de réduire la mortalité naturelle immédiatement lorsqu'elle est pratiquée au bon endroit et au bon moment ;
192. À moyen terme, l'exploitation forestière est susceptible d'améliorer le bilan carbone en :
- soutenant une productivité qui serait affectée par une décroissance au-delà d'un certain âge (voir plus haut) ;
  - réduisant la concurrence entre arbres et améliorant l'état sanitaire de la forêt (à condition d'éviter les pratiques à risques) ;
  - renforçant la part du bois matériau dans les usages, donc la possibilité d'une durée plus longue de stockage dans les produits et de cumul de plusieurs substitutions successives ;
  - prévenant les risques futurs par une réduction du niveau de capital de bois sur pied (et donc de la vulnérabilité et des enjeux correspondants).
193. À long terme, par son action de récolte et de renouvellement, la coupe permet d'agir sur la sélection des essences et la structure des forêts, y compris sur l'âge d'exploitation, et donc sur le puits de carbone. Dans le cadre d'un simple maintien dans un état stable, alors le puits de carbone aurait tendance à s'annuler.
194. N.B. Les changements d'occupation du sol (non pris en compte dans l'évaluation du service, cf. 7.1.2.1) modifient aussi le bilan carbone des forêts. Le défrichement (ou la déforestation) se traduit par une disparition brutale du stock de carbone dans les arbres en croissance, qui s'accompagne en général d'une décroissance d'abord forte puis plus progressive du stock de carbone dans les sols (Arrouays *et al.*, 2002). Le boisement induit quant à lui une lente séquestration de carbone dans les arbres en croissance et, en parallèle, une augmentation du carbone des sols, globalement plus lente que le déstockage lors d'un défrichement. Ces phénomènes peuvent expliquer des différences entre futaies régulières et irrégulières au-delà de l'incertitude statistiques sur les puits de carbone correspondants dans les sols (Jonard *et al.*, 2013).

### **7.1.3.2 Variation du niveau de service selon les grands types de forêt de l'EFESE (schéma états-transitions)**

195. En considérant d'une part la séquestration de carbone *in situ* (tableau 7.2) et d'autre part les émissions de carbone évitées par l'utilisation du bois *ex situ* (tableau 7.3), les niveaux de services ont été estimés pour les états forestiers E1 à E6 :
- La production biologique nette des arbres (cf. §5.3 et Annexe 4) a été utilisée pour caractériser le flux de séquestration de carbone des états forestiers correspondant : cela a conduit à négliger, dans le niveau de service attribué, la séquestration de carbone dans les sols et la nécromasse ;
  - Les prélèvements de bois (cf. §8.1.3.2 et Annexe 4) ont été utilisés pour caractériser le niveau de substitution (émissions évitées).

Tableau 7.2 : Séquestration du carbone pour les différents états de la forêt\*\*

<p><b>E1</b> <b>Milieux forestiers ouverts</b> - -</p> <p><i>Production biologique nette des arbres estimée à 0,5 m3/ha/an</i></p> <p><i>Le flux de séquestration est considéré comme très faible (à partir de la production biologique nette des arbres) Le principal stock de carbone est dans le sol. Si l'antécédent était forestier, le stock de carbone commence par se réduire avant de réaugmenter. Si l'antécédent était caractérisé par un bas niveau de carbone, celui-ci augmentera progressivement avec le boisement.</i></p>	<p><b>E2 - Plantations</b> + +</p> <p><i>Production biologique nette des arbres : 10,6 m3/ha/an</i></p> <p><i>Le flux de séquestration de carbone est important au moment de la croissance - principalement dans la biomasse vivante - puis se stabilise.</i></p> <p><i>Le stock de carbone dans la biomasse vivante des arbres est important (en moyenne 179 m3 de bois par hectare) et compensé (annulé) lors de la coupe finale, qui génère cependant un effet de substitution.</i></p>	<p><b>E6</b> <b>Milieux forestiers matures</b> -</p> <p><i>Production biologique nette estimée : 1,6 m3/ha/an</i></p> <p><i>Le flux de séquestration est réduit et compensé par la mortalité naturelle.</i></p> <p><i>Le stock de carbone dans la biomasse vivante et dans le bois mort tend à se stabiliser, tout en étant vulnérable aux accidents biotiques ou abiotiques. Celui de la matière organique du sol est susceptible de continuer à augmenter.</i></p>
	<p><b>E3 - Taillis</b> -</p> <p><i>Production biologique nette des arbres : 2,8 m3/ha/an</i></p> <p><i>Le flux de séquestration de carbone dans les arbres vivants est en moyenne assez faible (la plupart des taillis sont âgés, peu exploités, peu productifs).</i></p> <p><i>Le stock de carbone dans la biomasse reste également faible (pour les arbres : 66 m3 de bois par hectare).</i></p>	
	<p><b>E4- Futaies semi-naturelles</b> +</p> <p><i>Production biologique nette des arbres : 5,3 m3/ha/an</i></p> <p><i>Le flux de séquestration de carbone dans les arbres vivants est relativement élevé.</i></p> <p><i>En système régulier, le stock de carbone de la biomasse vivante croît progressivement jusqu'aux coupes de régénération qui ramène le peuplement dans l'état E1 (avec une perte temporaire éventuelle de carbone des sols). En système irrégulier, il est maintenu à un niveau relativement stable.</i></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b> -</p> <p><i>Production biologique nette des arbres estimée à 2,5 m3/ha/an</i></p> <p><i>Le stock de carbone s'accroît progressivement (et relativement lentement) au fil du temps, aussi bien dans la biomasse vivante que dans le bois mort et dans la matière organique du sol.</i></p>	
<p>**Le niveau de service (système de notation à 4 niveaux : - - / - / + / + +) est estimé à partir des chiffres de la production biologique nette des arbres.</p>		

**Tableau 7.3 : Émissions évitées par substitution de bois (matériau, énergie) à ses concurrents pour les différents états de la forêt\*\***

<p><b>E1</b> <b>Milieux forestiers ouverts</b> --  <i>Les prélèvements étant négligeables, l'effet de substitution l'est aussi. .</i></p>	<p><b>E2 - Plantations</b> ++ <i>Prélèvements : 6,9 m3/ha/an</i>  <i>Les plantations poursuivent en majorité un objectif de production de bois. Elles sont productives et les prélèvements y sont importants.</i></p>	<p><b>E6</b> <b>Milieux forestiers matures</b> --  <i>Les prélèvements étant négligeables, l'effet de substitution l'est aussi.</i></p>
	<p><b>E3 – Taillis</b> -- <i>Prélèvements : 0,7 m3/ha/an</i>  <i>Les prélèvements sont faibles et visent soit le secteur de la trituration, soit celui de l'énergie, deux cas où les facteurs de substitution sont faibles</i></p>	
	<p><b>E4- Futaies semi-naturelles</b> - <i>Prélèvements : 2,7 m3/ha/an</i>  <i>La production de bois est importante mais en moyenne bien moindre qu'en plantation. Les forêts semi-naturelles produisent du bois de qualité à fort facteur de substitution mais en proportion souvent modeste et complétée par des produits moins d'émissions (trituration, énergie)</i></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b> -- <i>Les prélèvements étant négligeables, l'effet de substitution l'est aussi.</i></p>	

\*\*Le niveau de service (système de notation à 4 niveaux : -- / - / + / ++ ) est estimé à partir des chiffres des prélèvements de bois.

## 7.1.4 Valeurs du service et discussion

196. Le bilan qui vient d'être dressé pour l'année 2013 et pour les forêts de production se résume de la façon suivante :

Au titre des services écosystémiques :		
Variation annuelle du stock de carbone dans les arbres en croissance		71 MtCO <sub>2</sub> eq.
du bois mort		10 MtCO <sub>2</sub> eq.
des sols		15 MtCO <sub>2</sub> eq.
dans les produits ligneux récoltés		<u>0 MtCO<sub>2</sub>eq.</u>
TOTAL		<b>96 MtCO<sub>2</sub>eq.</b>
Au titre des services anthropiques :		
Effet de substitution matériau		16 Mt CO <sub>2</sub> eq.
Effet de substitution énergie		<u>18 MtCO<sub>2</sub>eq.</u>
TOTAL		<b>34 MtCO<sub>2</sub>eq.</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>130 MtCO<sub>2</sub>eq.</b>

197. La filière forêt-bois contribue donc de manière très significative à l'atténuation du changement climatique. Cette contribution résulte actuellement en majeure partie de la séquestration de carbone en forêt (dans la biomasse des arbres, le bois mort et la matière organique des sols), mais les effets de substitution énergie et matériau sont non négligeables et peuvent gagner en importance dans le cadre d'une politique d'augmentation des prélèvements en forêt.

198. Une question importante pour la gestion forestière consiste à prendre en compte l'ensemble des phénomènes écosystémiques aussi bien qu'anthropiques pour obtenir le meilleur bilan carbone pour le présent et le futur en faisant les arbitrages intertemporels nécessaires (Peyron et Bailly, 2014). Dans la mesure où les décisions d'aujourd'hui déterminent le bilan carbone de demain, il est important de savoir comment ce bilan est susceptible d'évoluer à l'avenir et avec la gestion forestière (Colin, 2014 ; Madignier *et al.*, 2014 ; Dhôte *et al.*, 2016). Un prolongement de l'étude réalisée par Dhôte *et al.* (2016) est en cours sur ce point, avec une publication en 2017.



## 7.2 Régulation du climat local

---

### 7.2.1 Présentation

199. Le rôle important des forêts et de la filière bois sur la régulation du climat global a été abordé dans le précédent chapitre (§ 7.1) : l'aspect principal de ce service rendu par les forêts est l'atténuation du changement climatique (séquestration de carbone et effets de substitution du bois aux énergies fossiles). Ces effets globaux particulièrement médiatisés dans le cadre de la lutte contre l'effet de serre masquent des effets locaux beaucoup moins étudiés et reconnus, mais tout aussi importants pour les populations et activités à proximité.
200. Par leur nature et leur fonctionnement biophysique, les forêts interviennent sur le climat local de multiples manières (effets sur le cycle de l'eau, évapotranspiration, albédo, feuillage filtrant, obstacle physique aux mouvements d'air horizontaux, etc.). Les aspects suivants de la régulation du climat local sont abordés dans ce chapitre :
- La régulation des températures au niveau de l'ambiance forestière interne et de son entourage, au travers l'effet combiné albédo-évapotranspiration ;
  - L'influence de la forêt sur la disponibilité en eau ;
  - La filtration, par le feuillage des arbres, des particules polluantes présentes dans l'atmosphère ;
  - La régulation des vents.
201. D'un point de vue socio-économique, les effets de la régulation du climat local sont très difficiles à quantifier. Ils peuvent se faire ressentir sur différentes dimensions du bien-être : le cadre de vie et la santé publique des usagers et voisins de la forêt, ainsi que sur les activités économiques (tourisme, agriculture) et les besoins énergétiques.
202. Les bénéficiaires de ce service écosystémique sont avant tout les usagers de la forêt elle-même et les habitations ou activités (agricoles notamment) localisées à proximité directe. La demande vis-à-vis de ce service est d'autant plus importante que l'habitat est concentré (forte densité humaine) et que les effets de l'urbanisation se font ressentir du point de vue de la qualité de l'environnement (pollution atmosphérique, chaleurs extrêmes, etc.).
203. Le service de régulation du climat local interfère probablement positivement avec les loisirs en forêt. Les forêts sont en effet des espaces récréatifs fréquentés et l'ambiance rafraichissante qui y règne en période estivale est un atout supplémentaire.

### 7.2.2 Caractérisation du service

#### 7.2.2.1 Dimension biophysique

204. La notion de « climat local » telle que nous l'avons définie intègre plusieurs paramètres (températures, pluviométrie, qualité de l'air et vent). Le service de régulation fourni par les forêts est ainsi abordé successivement sous des angles divers. Il est fortement lié à l'occupation du sol et supporté par un ensemble de fonctions écologiques, principalement : le recyclage de l'eau (§ 4.2.4), les interactions biophysiques des forêts avec l'atmosphère (§ 4.2.6) et l'émission par les arbres de composés organiques volatils (§ 4.2.5).

- **Les forêts tempérées ont un effet rafraichissant particulièrement important en été**

205. La régulation des températures locales par les forêts repose sur l'équilibre entre deux mécanismes biophysiques dont les conséquences sont a priori inverses : l'évapotranspiration et l'effet albédo (§ 4.2.6). L'importance relative de ces deux phénomènes diffère selon la latitude où l'on se situe. Elle est très influencée par les précipitations (pluie ou neige) et le type de forêt (feuilles persistantes ou caduques). C'est ce que montre une étude menée à l'échelle planétaire à partir de données satellitaire de températures au sol (Li Y. *et al*, 2015). Les auteurs comparent, sous différentes latitudes, une couverture forestière et une zone agricole ouverte à proximité. Pour les forêts tempérées de l'hémisphère nord, il en ressort un effet rafraichissant annuel global de faible amplitude ( $-0,27 \pm 0,03 \text{ }^\circ\text{C}$ )<sup>92</sup> mais qui varie au cours de la journée et selon les saisons. Les forêts possèdent un effet rafraichissant en journée ( $-1,82 \pm 0,06 \text{ }^\circ\text{C}$  en moyenne sur l'année) et réchauffant la nuit ( $+1,29 \pm 0,03 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Certains effets saisonniers peuvent s'avérer particulièrement intéressants en termes de service : entre juin et aout par exemple, en journée (c'est-à-dire lors des pics annuels de températures en France métropolitaine), la forêt occasionnerait un rafraichissement local des températures de  $-3,7 \text{ }^\circ\text{C}$  en moyenne (Tableau 7.4). C'est donc au niveau de la régulation des températures diurnes estivales que se situe le principal intérêt de la forêt de ce point de vue, des échanges thermiques peuvent avoir lieu entre les massifs forestiers et leur entourage agricole ou urbain qui en bénéficie :

- au sein des paysages ruraux, les éléments boisés exercent alors un effet de nivellement des températures (réduisent les extrêmes chaud – froid) sur la campagne environnante ;
- en été, l'air surchauffé des zones urbaines s'échappe plus facilement (en s'élevant en altitude) s'il est remplacé par de l'air plus frais en provenance des forêts périurbaines.

**Tableau 7.4 : différences de température entre une forêt et une zone agricole ouverte à proximité (Latitude comprise entre 20°N et 50°N)**

Décembre-janvier-février			Mars-avril-mai			Juin-juillet-aout			Septembre-octobre - novembre		
Jour	Nuit	Moyen	Jour	Nuit	Moyen	Jour	Nuit	Moyen	Jour	Nuit	Moyen
0.29	1.60	0.94	-2.46	1.30	-0.58	-3.67	0.80	-1.44	-2.11	1.46	-0.32
$\pm 0.08$	$\pm 0.04$	$\pm 0.05$	$\pm 0.06$	$\pm 0.03$	$\pm 0.04$	$\pm 0.07$	$\pm 0.03$	$\pm 0.04$	$\pm 0.04$	$\pm 0.03$	$\pm 0.02$

Moyenne et Intervalle de confiance à 95%

Source : Li Y. *et al.*, 2015

206. Une deuxième étude, réalisée à l'échelle globale, utilise un modèle combinant les effets de l'évapotranspiration, des émissions de carbone et de l'albédo pour tester l'impact climatique de scénarios de déforestation à grande échelle (Bala *et al.*, 2007). Cette étude arrive à la même conclusion quant à l'importance de la latitude : en effet, réalisés sous latitudes tropicales, les boisements avaient un effet bénéfique du point de vue de l'atténuation du changement climatique quand, au contraire, ceux effectués sous de hautes latitudes étaient contreproductifs (dans ce cas le réchauffement lié à l'effet albédo annule ou excède le refroidissement attribué aux autres effets).

<sup>92</sup> il est plus significatif pour les forêts tempérées dans l'hémisphère sud (de l'ordre de 1°C) et très marqué dans le cas des forêts tropicales (de l'ordre de 2,4°C).

- **Les effets sur l'eau atmosphérique et les pluies à différentes échelles**

207. La disponibilité en eau, tant pour les sociétés humaines que pour les écosystèmes, est un sujet d'importance majeure vis-à-vis duquel les forêts jouent un double jeu donnant d'ailleurs lieu à des controverses, en particulier parce que peu d'études abordent simultanément les deux volets en cause (Ellison *et al.*, 2012). D'une part, au niveau local, pour les besoins de leur fonctionnement et par évapotranspiration, les forêts consomment de l'eau qui n'est alors plus disponible pour d'autres écosystèmes (aquatiques ou agricoles) et les usages qui leur sont attachés. En effet, de manière schématique, les précipitations  $P$  sont consommées par l'évapotranspiration  $ET$  et le ruissellement  $R$ , soit  $P=ET+R$ . Sous cet angle, toute augmentation de  $ET$  se traduit par une diminution de  $R$ . Ainsi, au niveau local d'un bassin versant et sur une courte durée (qui sont les conditions de la plupart des expérimentations), les forêts apparaissent comme des consommateurs d'eau. Il est donc admis qu'à l'échelle locale, les forêts tempérées (comparée à d'autres formations végétales telles que des prairies ou des cultures) réduisent l'écoulement annuel du bassin versant (Cosandey, 2006, Andréassian, 2004). Cependant et d'autre part, il résulte de cette évapotranspiration une contribution significative des forêts à la formation des nuages et aux précipitations en parallèle à l'évaporation  $EO$  des océans, lacs, rivières et à l'évapotranspiration des autres types de végétation à la surface des continents. L'influence des forêts se fait alors sentir sur la pluviométrie à l'échelle continentale

208. Sous cet angle,  $EO+ET=P$  et toute augmentation de  $ET$  contribue à augmenter  $P$ . Ainsi, au niveau global et sur longue période, le boisement augmente la disponibilité en eau et sa circulation. Le potentiel d'évapotranspiration doit bien être pensé, particulièrement pour la forêt, comme un service écosystémique consistant à alimenter l'atmosphère en vapeur d'eau et donc à intensifier le cycle de l'eau.

209. Si c'est principalement à l'échelle globale que se manifeste le vrai intérêt des forêts pour la disponibilité en eau, d'autres effets locaux sont associés au cycle hydrologique : en utilisant l'énergie lumineuse pour leur croissance, les forêts refroidissent l'atmosphère et augmentent aussi les précipitations ; en émettant des aérosols (§ 4.2.5 ), elles favorisent la formation de nuages ; en condensant la vapeur d'eau à la surface de leurs feuilles, elles captent aussi de l'humidité atmosphérique (Ellison *et al.*, 2012). La théorie de la pompe biotique qui a été émise en 2007 par Makarieva et Gorshkov (Makarieva *et al.*, 2009) fait l'objet de débats dans la communauté scientifique et peine à être reconnue par les météorologistes mais mérite également d'être mentionnée. Elle s'appuie sur plusieurs phénomènes à l'interface entre atmosphère et forêt :

- l'évapotranspiration rend particulièrement humide l'atmosphère au-dessus des forêts,
- ces dernières émettent des aérosols qui favorisent la condensation,
- du fait de cette condensation qui réduit la densité des molécules gazeuses, les forêts sont des zones de faible pression, au contraire des océans,
- les vents souffleraient ainsi des hautes pressions vers les basses pressions, donc des océans vers les forêts, amenant de l'humidité vers ces dernières.

- **La forêt agit comme un filtre naturel de l'air**

210. De nombreux travaux ont démontré que le feuillage des arbres intercepte et absorbe un certain nombre de particules polluantes émises par les activités humaines, telles que l'ozone, le dioxyde d'azote, le dioxyde de carbone et le dioxyde de soufre. Des travaux réalisés par exemple dans les années 90 aux États-Unis montrent que les arbres permettent la suppression de milliers de polluants atmosphériques. Forêts, bosquets, corridors boisés, haies d'arbres... Les éléments boisés, du fait de leur surface foliaire importante, agissent comme un filtre naturel de l'air et réduisent par la même occasion la pollution atmosphérique.

211. Ce faisant, les forêts concentrent aussi les polluants dans les sols, entraînant une acidification qui a des répercussions sur leur fonctionnement et leur biodiversité (§ 6.1). La santé des arbres peut être affectée de manière importante, les conséquences pouvant aller jusqu'au dépérissement des peuplements - ce qui aurait, en retour, un effet négatif sur le service écosystémique de filtration de l'air lui-même.
212. D'autre part, si les forêts améliorent par certains aspects la qualité de l'air, elles émettent aussi naturellement des composés organiques volatils lors de leur croissance en quantité significative. Précurseurs de l'ozone troposphérique (dangereux pour la santé) dont ils renforcent la formation, les COV ont des effets sur la santé à l'échelle locale (cf. Encadré contraintes page 97).
213. La capacité de filtration des éléments boisés varie selon la localisation et la structure de la végétation, selon une synthèse de différents travaux de recherche présentée dans Bolund et Hunhammar (1999). Les conifères auraient une capacité de filtration de l'air supérieure aux feuillus en lien avec la surface de contact plus importante des aiguilles et leur persistance tout au long de l'année. L'épaisseur de la végétation joue un rôle important : un corridor boisé très dense laissera passer moins d'air et aura une capacité de filtration inférieure. La capacité maximale de filtration de la pollution atmosphérique par les arbres, évaluée par Bernatzky en 1983, atteignait 85% dans un parc urbain et 70 % pour une rue bordée d'arbres. Selon certaines estimations (Travaux suédois<sup>93</sup> de Tolly, 1988 et Bramryd & Fransman, 1993) 1 ha de forêt mixte peut intercepter 15 tonnes de particules atmosphériques par an, et une forêt d'épicéa peut en intercepter jusqu'à trois fois plus.

### • L'effet « brise-vent »

214. Par la hauteur et la rugosité de leurs canopées, les forêts sont des obstacles auxquels se heurtent les flux d'air. Elles créent des convections verticales, ralentissent les mouvements d'air horizontaux, absorbent une partie de l'énergie des vents de surface (Otto, 1998), mais créent aussi des turbulences locales (Brunet *et al.*, 2009).
215. L'effet de freinage du vent joue un rôle important pour les habitations et les cultures localisées à proximité qui en bénéficient. Il présente les composantes suivantes :
- au niveau de la lisière, le vent frappe les arbres (côté au vent) : il en résulte une pression d'accumulation qui peut se faire sentir sur une certaine profondeur en deçà de la lisière. Dans certains cas, cette zone de surpression suscite une accélération latérale, qui est d'autant plus importante que le peuplement est dense et qu'il laisse pénétrer moins d'air ;
  - la lame d'air est globalement déviée vers le haut, au-dessus du peuplement forestier, puis rabattue progressivement derrière lui – créant par la même occasion une dépression, l'air étant « aspiré » hors de la forêt du côté sous le vent.

Du côté exposé au vent, à une distance de la lisière équivalant au double de la hauteur du peuplement, la vitesse du vent est déjà freinée d'environ 20 %. De l'autre côté du massif, le vent ne retrouve sa vitesse initiale qu'à une distance correspondant à vingt fois environ la hauteur du peuplement (Otto, 1998). La nature de la lisière forestière semble jouer un rôle important dans la qualité du service rendu, une lisière abrupte et imperméable pouvant générer des turbulences à l'aval du brise-vent. Au contraire, une structure graduelle semi-perméable de la lisière forestière<sup>94</sup> semble interférer favorablement, limitant les turbulences constatées au-dessus du peuplement forestier et permettant un écoulement de l'air régulier (Guyot, 1990).

---

<sup>93</sup> In : Bolund P. et Hunhammar S., 1999.

<sup>94</sup> Présence d'une végétation intermédiaire (cordon arbustif, ourlet herbacé) entre la forêt et l'écosystème adjacent. Ces lisières sont t appelées lisières graduelles, étagées ou progressives

### **7.2.2.2 Dimension socio-économique : un effet probablement favorable sur la santé, le cadre de vie et l'économie**

216. L'effet rafraichissant des forêts - particulièrement marqué en période estivale - et les échanges thermiques pouvant avoir lieu avec les zones alentours constituent un service de régulation dont bénéficient les usagers de la forêt et les habitations localisées à proximité - tout particulièrement en zone urbaine et périurbaine. Les vagues de chaleur en ville peuvent en effet causer des problèmes majeurs de santé publique, allant parfois jusqu'à provoquer une hausse de la mortalité comme ce fut le cas lors de la canicule de l'été 2003, qui aurait provoqué la mort supplémentaire de 15 000 personnes en France métropolitaine.
217. D'autre part, les forêts améliorent la qualité de l'air en filtrant les particules polluantes. L'effet rafraichissant qu'elles peuvent provoquer induit localement une baisse de certaines activités ou procédés polluants, tels que la climatisation, la réfrigération... Les quartiers (véhicules, bâtiments) situés à proximité de zones boisées émettraient moins de molécules polluantes à l'origine de la formation d'ozone troposphérique, un gaz lui-même dangereux pour la santé. Le service rendu par les arbres et forêts du point de vue de la régulation du climat local a donc des effets bénéfiques pour la santé et le cadre de vie pour les populations locales, qui sont très difficiles à caractériser du fait du caractère multifactoriel des effets constatés.
218. Enfin, les zones cultivées localisées à proximité des massifs forestiers bénéficient souvent de l'effet brise-vent lié à la présence d'éléments boisés, avec pour conséquence une meilleure productivité des parcelles concernées. En effet, les vents forts peuvent poser de sérieux problèmes dans les régions agricoles, notamment dans les zones de grandes cultures (« *openfield* ») où les obstacles pour le ralentir sont peu nombreux. Or, le vent favorise l'évaporation de l'eau : il a donc tendance à assécher sols et végétaux. Il peut également occasionner des accidents de végétation, qui atteignent principalement les céréales et les légumineuses cultivées, couchant les tiges sur le sol et diminuant de façon importante les rendements. Enfin, le vent participe à l'érosion des sols. L'intérêt de la régulation des vents pour les activités agricoles est donc multiple.
219. Par tous ces aspects, on peut conclure que la régulation du climat local a des conséquences positives sur les activités économiques, notamment agricoles (en lien avec une augmentation des rendements des cultures) et touristiques (en lien avec un cadre de vie de meilleure qualité). La consommation énergétique pourrait également être touchée (réduction des efforts de climatisation et réfrigération en saison estivale, effet sur le chauffage en hiver). A contrario, des contraintes locales existent du point de vue de la qualité de l'air (émissions de COV par les arbres et catalyse de la production d'ozone troposphérique) et de certaines activités économiques, du fait d'une réduction de la disponibilité en eau (Encadré sur les contraintes page 97).

### **7.2.3 Principaux déterminants du service**

220. Les principaux déterminants du niveau de service sont : (i) l'occupation du sol (et son maintien) : la présence physique de l'habitat forestier (sa structure, sa surface foliaire, son albédo) joue un rôle essentiel dans la régulation des températures, la filtration de l'air par le feuillage des arbres, ou l'atténuation des vents et (ii) le fonctionnement écosystémique, notamment l'influence des forêts sur le cycle de l'eau (consommation, évapotranspiration).
221. Ainsi, un défrichement possède un impact tangible sur le climat local qui permet d'appréhender en retour l'importance du service de régulation rendu par le précédent forestier. Cet impact est plus ou moins évident selon les régions (très clair en zone tropicale par exemple), la couverture du sol avant et après, et l'ampleur du changement. En zone tempérée, les effets de la forêt sur le climat local se comprennent davantage en termes de type de gestion forestière que de type d'occupation des terres. Des recherches ont ainsi comparé différents sites en Europe et aux Etats-Unis, proches géographiquement mais avec des types de forêts ou de gestion différents : peuplement feuillus ou

résineux, réalisation d'éclaircies ou non... On voit que la température de surface de ces systèmes varie et que la gestion peut avoir un impact équivalent à un changement d'utilisation de la terre (afforestation ou déforestation). Une comparaison entre la Finlande et la Norvège montre notamment que même si le climat et la géologie sont comparables, la gestion différenciée des forêts dans ces deux pays conduit à des températures de surface non équivalentes. Des simulations qui intègrent ces différents paramètres ont aussi montré que 250 ans de gestion forestière en Europe ont impliqué un réchauffement dans certaines régions, principalement dû au remplacement (i) de vieilles forêts par des forêts plus jeunes et (ii) des feuillus par des résineux (Naudts *et al.*, 2016).

222. Le type de peuplement (feuillu ou résineux) joue un rôle essentiel du fait que les feuillus possèdent un albédo plus élevé que les résineux et que, perdant leurs feuilles en hiver, ils accroissent aussi le pouvoir réfléchissant des sols enneigés découverts. Réalisés à l'échelle de l'Europe, les travaux de Naudts *et al.* (2016) ont montré que la température des basses couches de l'atmosphère a grimpé de 0,12 degré Celsius durant l'été (la variation n'étant pas significative le reste de l'année) en lien principalement avec la priorité donnée aux conifères sur les feuillus au sein des forêts européennes.

### **7.2.3.1 Variation du niveau de service selon les grands types de forêt de l'EFESE (schéma états-transitions)**

223. Le type de forêt au sens du schéma états-transitions (§ 3.3) joue un rôle sur l'intensité de la régulation du climat local qui varie selon le focus (températures, précipitations, vent ou qualité de l'air) : il est donc difficile d'en faire une analyse intégrée. Les milieux forestiers ouverts ont globalement peu d'effets sur la régulation du climat local (service écosystémique nul ou presque), quel que soit l'angle retenu (températures, précipitations, circulation de l'air...). On peut faire l'hypothèse que les autres types de forêts ont des effets croissants avec la quantité d'arbres (donc un niveau de service a priori plus élevé pour les milieux forestiers fermés E2 à E5) mais qui diffèrent selon la fréquence des coupes et le type d'essence résineux ou feuillu (notamment vis-à-vis de la filtration de l'air et de l'effet albédo contribuant à la régulation des températures). Le niveau de service écosystémique est évalué pour chaque état forestier E1 à E6 (Tableau 7.5) en tenant compte uniquement de la régulation des températures diurnes au niveau local durant la période estivale (effet rafraichissant mis en évidence - § 7.2.2.1).

**Tableau 7.5 : Régulation des températures diurnes durant la période estivale selon les types de forêt de l'EFESE\*\***

<p><b>E1</b></p> <p><b>Milieu forestiers ouverts</b></p> <p>--</p> <p><i>Evapotranspiration faible en lien avec le taux de couvert également faible, donc peu d'effets de la végétation sur les températures locales</i></p>	<p><b>E2 - Plantations</b></p> <p>+</p> <p><i>Service efficace car densité et volume de bois / hectare des arbres relativement élevés mais service limité par la fréquence des coupes plus élevée que E4 et E5</i></p>	<p><b>E6</b></p> <p><b>Milieu forestiers matures</b></p> <p>+</p> <p><i>La production biologique plus faible et la présence de trouées engendrent un niveau de régulation légèrement plus faible que les milieux fermés E4 et E5</i></p>
	<p><b>E3 - Taillis</b></p> <p>-</p> <p><i>Volume de bois / ha relativement faible</i></p>	
	<p><b>E4- Futaies semi-naturelles</b></p> <p>++</p> <p><i>Service efficace mais variable selon les situations</i></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b></p> <p>++</p> <p><i>Service efficace mais variable selon les situations</i></p>	
	<p>**Le niveau de service (régulation des températures diurnes estivales) est estimé à dire d'experts (système de notation à 4 niveaux : -- / - / + / ++)</p>	

## 7.3 Protection contre les aléas naturels en région de montagne

---

### 7.3.1 Présentation du service

224. Les forêts rendent plusieurs services primordiaux en termes de protection des biens et des personnes. Elles protègent naturellement certains territoires des dangers issus de la présence simultanée d'un ou plusieurs aléas (chutes de blocs, avalanches, glissements de terrain, crues torrentielles, érosion, phénomènes dunaires,...) et d'enjeux humains (habitations, voies de communication, équipements d'importance économique). Ce constat est particulièrement vrai en montagne et dans les zones littorales où depuis plusieurs siècles les populations recherchent cette protection.
225. Par leur présence et leur fonctionnement, toutes les forêts localisées sur les versants de montagnes sont susceptibles de protéger les enjeux humains contre les aléas naturels générés par des mouvements gravitaires. On considère ici la régulation des flux solides (hors érosion) et on distingue trois grandes catégories d'aléas : les avalanches, les chutes de pierres et de blocs, et les mouvements de terrain (glissements de terrain superficiels). Les forêts sont sans effets sur les glissements de terrain profonds et sur les coulées de boues, qui se produisent généralement par dégénérescence de certains glissements avec afflux d'eau (Ladier *et al.*, 2012).
226. La législation forestière française permet d'identifier et de protéger certains peuplements jouant un rôle majeur de ce point de vue, soit par l'intermédiaire de la Politique de Restauration des terrains en Montagne (RTM), soit dans le cadre de la loi Chauveau (1922) (Encadré 7.1). Néanmoins de nombreuses forêts ayant un rôle de protection marqué contre certains risques naturels ne sont pas prises en considération par la législation (Subotsch, 2000) mais aucune statistique n'existe à ce sujet (Maaf, IGN, 2016). Certaines d'entre elles sont même gérées à des fins de protection alors qu'elles ne possèdent aucun statut juridique particulier : c'est le cas par exemple de certaines forêts domaniales localisées en dehors des périmètres RTM (Maaf, IGN, 2016). On considère ici que le service écosystémique pourrait concerner jusqu'à 4 millions d'hectares de forêts de moyenne et haute montagne - localisées à plus de 600 mètres d'altitude (§ 3.1.4) – dans les sept massifs montagneux métropolitains (Alpes du Nord, du Sud, Corse, Pyrénées, Massif central, Jura et Vosges). Les bénéficiaires associés à ce service de protection sont d'abord les habitants et activités localisés au sein de ces zones de montagne et en aval.
227. Les forêts localisées sur les côtes maritimes permettent dans certains cas d'atténuer les effets des tempêtes et des cyclones côtiers (cas des mangroves à l'Outre-mer notamment). En France métropolitaine, les forêts littorales ont principalement un effet sur l'érosion éolienne, marine ou la submersion des terres et sont traités dans le cadre du service de régulation de l'érosion (§ 7.4).



**Encadré 7.1 : Deux statuts reconnaissent et protègent une partie des forêts pour leur rôle de protection contre les aléas naturels en région de montagne**

- Les forêts domaniales des périmètres de restauration de terrains en montagne (dits *RTM*) trouvent leur origine dans un vaste programme de reboisement des versants des montagnes entrepris dès le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, afin de rétablir le service de protection mis à mal par des siècles de surexploitation. Le reboisement volontaire s'est échelonné de 1860 à la fin des années 1970. Couplé à une avancée naturelle des forêts au sein de ces périmètres acquis par l'Etat, ces peuplements RTM couvrent désormais 240 000 hectares dont 130 000 hectares joueraient un rôle effectif de protection (Maaf-IGN, 2016) ;
- La loi Chauveau (1922) a permis la création d'un statut juridique de protection fort reconnaissant le rôle prédominant de certaines forêts pour lutter contre l'érosion des sols et les risques naturels<sup>1</sup>. Ce classement en *forêt de protection* concerne 50 000 hectares de forêt de montagne en 2015, ainsi que 13 000 hectares de dunes boisées sur le littoral (Maaf-IGN, 2016).

## 7.3.2 Caractérisation du service

### 7.3.2.1 Dimension biophysique

228. Lorsqu'elles sont installées en montagne, les forêts jouent un rôle important de protection des biens et personnes. Elles constituent, par leur nature même, une barrière naturelle contre la progression des risques en montagne, en particulier grâce à leurs propriétés mécaniques de résistance (les racines stabilisent les sols et diminuent l'occurrence des glissements de terrain, le couvert arboré freine la chute des blocs,...). Ce service de protection est supporté par un ensemble de fonctions écologiques (principalement : formation et composition des sols forestiers, cf. § 4.2.1) et fortement lié à l'occupation du sol et aux caractéristiques du biotope (microclimat, topographie...).

#### • Réduction de l'intensité et de la fréquence des avalanches

229. La protection contre les avalanches est l'une des principales attentes de la société vis-à-vis de la forêt de montagne. Celle-ci remplit ce rôle (i) en empêchant le décrochement de plaques de neige sur les surfaces qu'elle recouvre (effet de fixation du manteau neigeux) et (ii) en stoppant ou ralentissant les avalanches dont le départ s'est fait au sein d'une trouée ou au-dessus de la forêt (effet de freinage des avalanches).

230. L'effet de fixation du manteau neigeux repose sur différentes caractéristiques propres à la forêt (Margreth, 2004) :

- interception d'une grande partie de la neige par les houppiers des arbres ;
- faible probabilité d'apparition de givre<sup>95</sup> en raison du microclimat forestier (réduction des écarts de température jour/nuit) ;
- moindre impact des vents (à l'origine de congères de neige favorables au départ d'avalanches) ;
- stabilisation du manteau neigeux par l'intermédiaire des troncs des arbres vivants, des souches et des troncs renversés au sol<sup>96</sup>.

---

<sup>95</sup> Le givre peut devenir la base de la formation de couches fragiles et donc dangereuses.

<sup>96</sup> Des enquêtes menées dans les zones touchées par l'ouragan Viviane en Suisse en février 1999 ont montré qu'aucune avalanche ne s'était déclenchée aux endroits où les arbres abattus n'avaient pas été évacués. La question reste cependant de comprendre l'évolution de cet effet avec la décomposition du bois.

231. L'effet de freinage de la forêt, pour les avalanches se déclenchant au-dessus de la limite d'extension forestière, est très limité et dépend de la vitesse et de la hauteur du front de l'avalanche. L'expérience montre que seules les avalanches démarrant juste au-dessus de la limite de la forêt peuvent être stoppées. Enfin, lorsque des avalanches se déclenchent au-dessus d'une forêt, elles peuvent détruire le peuplement. En outre, les arbres véhiculés par le flot de l'avalanche peuvent considérablement accroître les dommages de toutes sortes (Margreth, 2004). Le peuplement forestier renforce alors le pouvoir destructeur de l'avalanche et accentue le niveau de risque encouru par la société. Le service de protection est dans ce cas nul voire négatif.

232. En France, l'information historique sur les avalanches repose sur deux bases de données anciennes qui offrent des visions temporelles et spatiales complémentaires (Eckert *et al.*, 2010) :

- une chronique enregistrant les événements se produisant sur près de 5000 sites sélectionnés dans les massifs des Alpes et des Pyrénées, l'enquête permanente sur les avalanches (EPA) ; elle a répertorié plus de 90 000 événements dans les Alpes françaises depuis 1899 ;
- une carte descriptive des phénomènes observés ou historiques couvrant des zones plus larges avec un objectif d'exhaustivité des sites recensés, la carte de localisation des phénomènes d'avalanche (CLPA).

Une analyse rétrospective globale de l'évolution de l'aléa avalancheux, en lien avec l'évolution de la couverture forestière des zones concernées, permettrait de quantifier plus précisément le service rendu par les forêts.

### • **Interception des blocs**

233. En montagne, des pierres ou d'énormes blocs – pesant jusqu'à 50 tonnes et plus – peuvent naturellement se détacher de leur support (sous l'effet de l'altération physico-chimique des faciès rocheux) et dévaler la pente, causant des dommages parfois considérables aux biens et personnes. Ce phénomène est considéré comme un risque naturel majeur en zone de montagne, tant en termes de nombre d'événements qu'en termes de surfaces concernées. Le rôle joué par la forêt de montagne vis-à-vis des chutes de pierres ou blocs est tangible et significatif : il a été démontré à maintes reprises dans l'Histoire, aux dépens des sociétés humaines. Des conséquences négatives ont par exemple été observées après la destruction de peuplements forestiers par le feu à l'Argentière-la-Bessée (2003, Hautes-Alpes), sur le Néron (Chartreuse) et à Pont en Royans (2003, Isère) (Landmann et Berger, 2015).

234. La protection offerte par la forêt est le fait (i) du maintien des sols et pierres par les racines des peuplements ayant pour conséquence un nombre de départ de blocs ou pierres plus faible sous couvert forestier et (ii) du rôle d'obstacle joué par les arbres vis-à-vis des blocs qui se détachent. Des expériences grandeur nature de chutes de pierres (réalisées sur deux sites ayant la même pente, l'un boisé et l'autre non) ont montré le rôle significatif des forêts sur la vitesse moyenne et maximale des blocs, et sur le pourcentage de blocs arrêtés (Dorren *et al.*, 2005). Pour offrir un niveau de protection efficace (du point de vue de la société), la forêt doit néanmoins être gérée de façon à assurer un couvert et une densité d'arbres suffisants, et garantir un renouvellement continu des peuplements.

### • **Protection contre les glissements de terrain superficiels**

235. Les glissements de terrain correspondent au déplacement plus ou moins lent (vers l'aval) d'une masse de terrains meubles ou rocheux le long d'une surface de rupture. Une étude sur l'état des sols en France (Gis Sol, 2011) indique que l'ensemble des régions françaises est susceptible d'être affecté, les zones de montagne (Alpes, Massif central, Pyrénées) possédant une prédisposition particulière ainsi que certains affleurements de lithologies sensibles (marnes du callovo-oxfordien en Provence-Alpes-Côte d'Azur, du lias dans le Jura, du toarcien en Champagne et en Lorraine, du bajocien en Normandie, du calcaire urgonien du Vercors et de la Chartreuse, du calcaire du lias des Causses de Lozère et du Quercy, de la craie du coniacien de Normandie).

236. La susceptibilité des versants aux glissements de terrain dépend de différents facteurs, en particulier de la pente, mais aussi de la nature du sol et du sous-sol, de la couverture du sol et des circulations souterraines de l'eau qui influent notamment sur le taux de saturation en eau du sol. Des cartes d'aléas pourraient être produites en combinant différents facteurs géomorphologiques, géologiques, hydrogéologiques et d'occupation du sol favorables aux glissements de terrain superficiels, et en les étalonnant à l'aide de renseignements historiques sur les événements passés<sup>97</sup>, d'observations de terrain et de photographies aériennes. Ces cartes d'aléas, croisées avec la couverture forestière métropolitaine, permettraient alors de spatialiser le service potentiel rendu par les forêts.
237. La forêt permet de diminuer le risque lié à cet aléa. Elle n'intervient cependant que sur les glissements de terrain superficiels (c'est-à-dire d'une profondeur inférieure à 2 mètres) et n'a *a priori* pas d'effet sur les glissements de terrains profonds (Ladier *et al.*, 2012). Deux mécanismes interviennent (Gauquelin et Cournaud, 2006) :
- l'enracinement des arbres accroît la cohésion des horizons de surface, fixant ainsi les sols. En forêts tempérées de montagne, le système racinaire est limité par la profondeur des sols (1 ou 2 mètres maximum) mais il participe néanmoins à leur stabilisation (en forêt tropicale, les racines des arbres atteignent plus de dix mètres de profondeur) ;
  - l'interception d'une partie des précipitations par les canopées des arbres, la restitution d'une partie de l'eau du sol à l'atmosphère par évapotranspiration, la meilleure infiltration de l'eau en profondeur entraînent une diminution de la quantité d'eau contenue dans les sols. La plupart des glissements de terrain se produit cependant en hiver - lorsque le sol est saturé en eau - et l'absence d'évapotranspiration à cette époque (surtout pour les peuplements feuillus) limite clairement l'effet de la forêt vis-à-vis de la quantité d'eau présente dans les sols. Le rôle des arbres est alors restreint à un effet « mécanique » lié à l'enracinement (Stokes A., CST de l'EFESE).

### 7.3.2.2 Dimension socio-économique

238. En évitant des dommages matériels et des accidents humains, la présence de forêts dans ces zones soumises aux aléas naturels a des conséquences sur deux sphères du bien être : les besoins économiques et de sécurité physique (accidents évités, vies épargnées).
239. D'un point de vue économique, le service écosystémique permet d'éviter les coûts de réparation ou de remplacement d'infrastructures endommagées. Les forêts représentent parfois une alternative naturelle et bon marché aux techniques de génie civil qui sont coûteuses et difficiles à implanter. Dans certaines zones à risques (au-dessus d'une route, d'habitations, etc.), il est souvent impossible de s'appuyer uniquement sur l'existence ou l'implantation d'une forêt : une gestion intégrée combinant maintien du peuplement forestier en place et infrastructures de génie civil (filets par exemple) est alors optimale.

---

<sup>97</sup> En France, il existe depuis 1994 un inventaire des informations historiques sur les mouvements de terrain (environ 6 000 références) dans la base de données nationale des mouvements de terrain (BD-MvT) gérée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières et développée en partenariat avec le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et les services de Restauration des Terrains en Montagne de l'Office National des Forêts. Cette base recense par type, communes et départements, des informations sur les phénomènes (le type, la date d'occurrence, la localisation et les dommages observés) (Gis Sol, 2011).

## 7.3.3 Principaux déterminants du niveau de service

### 7.3.3.1 Un niveau de protection déterminé par différents attributs biophysiques

240. Une étude italienne publiée en 2012 (Notaro et Paletto, 2012) propose un outil d'évaluation du niveau de protection offert par un peuplement forestier donnée à l'échelle du plan gestion (niveau local). La méthode tient compte de trois aléas (chutes de bloc, avalanches et glissements de terrain) et repose sur la collecte de données physiques et écologiques. Ainsi, en se basant sur une revue de la littérature scientifique, les auteurs ont identifié les principaux attributs forestiers directement ou indirectement impliqués dans la capacité d'une forêt à protéger les activités humaines contre les aléas.

- 1- L'importance du **taux de couvert des arbres** (indicateur indirect de la **densité du peuplement arboré**) accroît le taux d'interception des précipitations et le maintien des sols ;
- 2- **La diversité des essences** du peuplement accentue la protection en associant différents niveaux d'interception des précipitations et de maintien des sols par des types de canopées et systèmes racinaires variés ; les forêts mélangées sont également considérées comme plus résistantes et plus résilientes en cas de perturbation ;
- 3- **La nature de l'essence principale** joue également un rôle sur les précipitations (type de feuillage) et sur les sols (type de système racinaire) : les espèces de lumière possèdent un feuillage moins dense que les espèces d'ombre qui interceptent davantage les précipitations, de même que les conifères sont plus efficaces que les feuillus ;
- 4- **La capacité de régénération naturelle** du peuplement est une donnée essentielle puisqu'elle permet à la forêt de se reconstituer suite à une perturbation ;
- 5- **La structure verticale du peuplement** peut avoir des effets différents selon l'aléa envisagé, mais les auteurs s'accordent finalement sur l'intérêt des peuplements à plusieurs strates verticales pour une meilleure protection globale ;
- 6- **La pente** : plus la pente est forte et plus le service rendu est important, en lien avec une fréquence et une intensité plus grande d'aléas (néanmoins au-delà d'une certaine pente la forêt ne rendrait plus aucun service) ;
- 7- **Le type de sol** influence principalement la capacité de rétention en eau des sols (plus forte pour des sols profonds dont la teneur en matière organique est importante) ;
- 8- **La vocation du site** (protection, production de bois, récréation, etc.) est utilisée comme indicateur indirect des pratiques forestières.

A cette liste publiée par Notaro et Paletto (2012) s'ajoute le rôle essentiel de la structure horizontale du peuplement forestier (présence ou non de trouées notamment).

### 7.3.3.2 Les pratiques de gestion jouent un rôle essentiel

241. De nombreuses questions se posent vis-à-vis des interactions existantes entre les caractéristiques des peuplements forestiers (qui dépendent en grande partie des pratiques de gestion forestière) et le niveau de service de protection rendu. Les réponses apportées (en termes de pratique de gestion plus ou moins favorables) diffèrent selon le type de risque considéré.

242. En ce qui concerne la réduction de l'intensité et de la fréquence des avalanches, le niveau du service rendu va dépendre de différents paramètres : densité et type de peuplement, hauteur et âge des arbres, présence et caractéristiques des trouées, pente, structure de la limite supérieure de la forêt. Une forêt dense qui recouvre la totalité de la zone de départ représente une excellente protection contre les avalanches. A l'inverse, un peuplement clairsemé ou présentant des trouées va posséder un effet protecteur limité, les déclenchements d'avalanches ne pouvant être exclus (Margreth S., 2004). La hauteur des arbres est un facteur important : la tige doit être 1,5 à 2 fois plus haute que l'épaisseur du manteau neigeux afin que la protection soit efficace (Stokes A., CST de l'EFESE). La

nature des essences joue également un rôle : les couronnes des conifères aux aiguilles denses tels que l'épicéa retiennent mieux la neige et protègent davantage que les essences dénudées en hiver telles que le mélèze ou les feuillus.

243. Tous les peuplements forestiers n'ont pas non plus le même effet « pare pierres ». Celui-ci dépend de nombreux facteurs, notamment la taille du projectile et son énergie, le diamètre moyen de l'arbre (mesuré à hauteur de poitrine ou DHP), la densité du peuplement, la surface terrière ainsi que de la nature des essences présentes. Par des expériences grandeur nature de chutes de pierre, une équipe de recherche d'Irstea (Grenoble) a mis en évidence une relation exponentielle entre le diamètre des arbres et l'énergie maximale dissipée lors d'un impact, mais les arbres de petite taille (DHP < 12,5 cm) ont néanmoins un rôle non négligeable. Extrapolée à d'autres essences, cette relation permet de constater que les feuillus dissipent davantage d'énergie au moment de la collision que les conifères (Dorren *et al.*, 2005). Selon les auteurs, la meilleure protection sur le long terme serait offerte par un peuplement possédant une large distribution des diamètres et intégrant, lorsque c'est possible, des essences feuillues et plus particulièrement le hêtre et l'érable. D'autres résultats obtenus par modélisation<sup>98</sup> ont montré que des peuplements denses sont plus efficaces pour ralentir et arrêter des blocs d'1 m<sup>3</sup> (Fuhr *et al.*, 2010). Jancke *et al.* (2009) montrent également que les jeunes taillis, très denses, sont plus efficaces contre la chute de pierres que les taillis plus âgés et beaucoup moins denses. Cet effet de la densité conduit à préconiser une anticipation du renouvellement des peuplements par des coupes de petite taille (Fuhr *et al.*, 2010) alors que d'autres études tendent à démontrer que les stades matures des forêts de montagne (parfois assez ouverts et riches en gros arbres assez espacés) fournissent un service de protection adéquat. En effet, la présence sur le sol de gros bois morts augmente la rugosité de la surface du sol et constitue des obstacles supplémentaires sur le parcours des blocs (Fuhr *et al.*, 2015). Les souches, au contraire, ont plutôt tendance à diminuer l'effet protecteur des peuplements par effet tremplin et il est recommandé de leur laisser une hauteur d'au moins 1 m 30 au moment de l'exploitation de l'arbre (Gauquelin et Courbaud, 2006).
244. Dans les zones à risques de glissement de terrain, l'entretien des forêts par une sylviculture dynamique est indispensable au maintien d'une protection efficace. Les interventions préconisées vont dans le sens du maintien d'une couverture boisée permanente supérieure à 70% : réduire au maximum l'étendue des coupes, réaliser des coupes de régénération pied à pied ou par bouquet, reboiser les zones découvertes (Ladier *et al.*, 2012). Un sol nu sur une distance supérieure à 10 mètres entre deux groupes d'arbres constitue déjà un risque d'instabilité (Mao *et al.*, 2014). Le traitement en futaie irrégulière est par conséquent le plus adapté. Certains départs de glissements superficiels pouvant être liés au déracinement des arbres, il est également recommandé de couper les arbres instables dans les zones à risque et de privilégier l'établissement d'un peuplement relativement jeune (petits diamètres). L'implantation d'essences à enracinement profond est encouragée afin d'offrir un meilleur niveau de protection contre l'aléa.

---

<sup>98</sup> Modèle Rockyfor3D développé par Dorren et al, permettant de simuler la propagation de roches au sein de peuplements forestiers possédant une structure donnée.

**Encadré 7.2 : le rôle de protection des peuplements RTM pourrait être mis à mal par le manque d'entretien**

Les peuplements forestiers de montagne dédiés aux enjeux de protection sont majoritairement d'origine artificielle et résultent des boisements massifs qui ont eu lieu en France à partir de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Ils ont été réalisés par les services de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) et avaient pour but principal de stabiliser et de protéger les sols de l'érosion. La gestion y est restée très prudente tout au long du XX<sup>e</sup> siècle car (i) le forestier craignait qu'une intervention sylvicole ne soit préjudiciable au rôle de protection joué par ces forêts et (ii) ces peuplements présentent des contraintes d'exploitation importantes en termes de relief et d'accessibilité (Fuhr *et al.*, 2010). Aujourd'hui, ces forêts connaissent des problèmes d'instabilité dus au manque d'entretien, à leur âge avancé, leur monospécificité, leur densité trop forte et leur état sanitaire dégradé par les attaques parasitaires, ce qui met en péril la protection acquise contre les aléas (Rey *et al.*, 2006). Ces auteurs préconisent des interventions de gestion adaptées, qui peuvent jouer un rôle essentiel sur le maintien ou l'amélioration du service rendu.

245. Très complet, le Guide des Sylvicultures de montagne (Gauquelin et Courbaud, 2006) tente de proposer une vision intégratrice et détaille les conséquences positives et négatives de la forêt vis-à-vis des aléas naturels (chute de bloc, avalanche, glissement de terrain) au niveau des zones de départ (amont), de transit (cœur de forêt) et de dépôt (aval). De manière générale et afin d'optimiser le service rendu, le guide préconise :

- d'éviter les ouvertures du peuplement dans le sens de la pente, de limiter la taille des trouées et de favoriser la continuité du couvert végétal ;
- d'abattre les arbres très instables pouvant générer un risque (chablis, déchaussement de pierres, embâcles...), dans les forêts riches en gros bois notamment ;
- de privilégier une structure multi-strates pour favoriser la capacité de résilience des peuplements. La recherche d'une structure irrégulière est justifiée pour limiter, sur le long terme, les risques de départ d'avalanches, de dégâts dus aux chutes de blocs, d'érosion due à une pente forte ;
- de laisser des arbres en oblique dans la pente (arrêt de blocs, micro sites de régénération et limitation de la reptation de la neige) ;
- d'enrichir le peuplement en essences résistantes au vent comme le sapin et favoriser la plantation de résineux en collectifs en cas de risque d'avalanche notamment ;
- de favoriser les mélanges et privilégier la régénération de feuillus, plus résistants que les résineux à diamètre égal, pour lutter contre les chutes de bloc (érable, hêtre) ;
- de privilégier également une forte distribution des diamètres et une mosaïque de peuplements à différents stades de développement pour limiter le risque lié aux chutes de blocs ;
- de favoriser les rémanents composés de souches hautes et de grumes au sol pour créer des barrières naturelles dans les couloirs assujettis aux chutes de pierres<sup>99</sup>.

---

<sup>99</sup>Un travail de thèse a montré que la durée maximale d'efficacité d'un rémanent (souche ou grume) en contact direct avec le sol est de 10 ans, avec une perte de 50 % de la résistance mécanique à l'issue de 5 ans après la coupe, ceci en lien avec leur décomposition progressive. La vitesse du processus de décomposition est supérieure pour les grumes par rapport aux souches et pour les essences feuillues par rapport aux résineux (Bigot, 2014).

### 7.3.3.3 Variation du niveau de service selon les grands types de forêt de l'EFESE (schéma états-transitions)

Tableau 7.6 : Protection contre les avalanches, chutes de blocs et glissements de terrain superficiels selon les différents états de la forêt\*\*

<p><b>E1</b> <b>Milieus forestiers ouverts</b> --</p> <p><i>Les ouvertures du peuplement, en particulier dans le sens de la pente, limitent l'effet protecteur de la forêt vis-à-vis des 3 aléas</i></p> <p><i>Ces ouvertures peuvent parfois générer un risque supplémentaire (départ d'avalanche dans une trouée, effet tremplin des souches vis-à-vis des chutes de pierres...)</i></p> <p><i>Les rémanents de coupes (souches hautes, troncs d'arbres au sol) constituent néanmoins des obstacles sur le parcours des roches.</i></p>	<p><b>E2- Plantations</b> +</p> <p><i>Rôle important des plantations en montagne (RTM). Protection a priori efficace mais variable selon le type d'aléa, notamment en fonction de la nature des essences (favoriser les essences feuillues pour les chutes de blocs, résineuses pour les avalanches, et à enracinement profond pour les glissements de terrain).</i></p> <p><i>La densité généralement élevée des plantations est un atout (surtout vis-à-vis des avalanches et chutes de pierres). En revanche la fréquence des coupes est un facteur défavorable.</i></p>	<p><b>E6</b> <b>Milieus forestiers matures</b> -</p> <p><i>Diminution possible du rôle de protection pour les 3 aléas en lien avec :</i></p> <p><i>(i) une densité plus faible d'arbres (important vis-à-vis des chutes de pierres et des avalanches) ; (ii) une plus forte proportion d'arbres instables pouvant générer un risque (déchaussement de pierres, départ de glissements de terrain en lien avec le déracinement des arbres, etc.) ; (iii) une plus grande sensibilité des peuplements aux aléas et maladies pouvant occasionner des trouées</i></p> <p><i>Pour l'aléa chute de pierres, les stades matures des forêts peuvent fournir un service adéquat en lien avec la présence, par terre, de gros bois morts, qui augmentent la rugosité de la surface du sol et constituent des obstacles sur le parcours des roches.</i></p>
	<p><b>E3 – Taillis</b> +</p> <p><i>Protection relativement efficace du point de vue de la chute de blocs du fait de la densité élevée des arbres.</i></p> <p><i>Pas d'information particulière vis-à-vis des autres aléas étudiés.</i></p>	
	<p><b>E4 - Futaies semi-naturelles</b> ++</p> <p><i>Protection a priori efficace mais variable selon le type d'aléa, la nature des essences (voir E2), leur densité, etc.</i></p> <p><i>Les structures irrégulières (plusieurs strates, forte distribution des diamètres) améliorent l'effet de protection (taux de couverture du sol important, capacité de résilience de l'écosystème plus forte) pour les trois aléas étudiés.</i></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b> +</p> <p><i>Protection a priori efficace mais variable selon le type d'aléa, la nature des essences (voir E2), leur densité, etc.</i></p> <p><i>Leur structure souvent irrégulière et leur résilience importante sont des atouts, alors qu'au contraire l'instabilité et la chute d'arbres peut occasionner un risque.</i></p>	

\*\*Le niveau de service (protection contre les avalanches, chutes de blocs et glissements de terrain superficiels) est estimé à dire d'experts (système de notation à 4 niveaux : -- / - / + / ++)

### 7.3.4 Valeurs du service et discussions

246. Les estimations existantes de la valeur du SE de protection sont peu nombreuses, variables et les méthodes utilisées pas toujours explicitées et justifiées, selon le rapport du Conseil d'Analyse Stratégique sur l'approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes (CAS, 2009). Ce même rapport utilise (par défaut) les dépenses engagées pour la restauration des terrains en montagne comme mesure indirecte de la valeur que la société accorde à ces forêts, soit 8 € / ha, tout en précisant que rien n'indique que le budget de cette politique soit fondé sur un modèle d'efficacité économique.
247. S'il n'existe pas de valeur de référence au niveau national, des études de cas intéressantes ont néanmoins été menées et mériteraient d'être examinées plus précisément. Les méthodes d'évaluation économique les plus couramment utilisées sont celles qui reposent sur les coûts de remplacement (ou de substitution) du service écosystémique où la valeur de l'actif naturel est estimée à partir du coût à supporter pour le remplacer par un substitut artificiel. Le rôle de protection de la forêt est ainsi évalué au regard de la valeur d'un ouvrage de génie civil offrant une protection équivalente. On commence par déterminer l'ouvrage de génie civil adapté au site et aux enjeux (type et dimensions) dont on estime le prix d'achat et d'entretien, ceux-ci pouvant être comparés au prix d'entretien de la forêt jouant un rôle de protection. Cependant ces coûts ne traduisent pas nécessairement la valeur du service écosystémique, ce qui forme une première limite. De plus, les hypothèses de substitutions sont fortes (notamment en termes de faisabilité technique), les préférences sociales sont ignorées et il est difficile de s'assurer que le remplacement équivaut exactement au service initial (Dechezleprêtre, 2013).
248. Le tableau ci-dessous rassemble différentes valeurs du service écosystémique forestier de protection trouvées dans la littérature et obtenues sur des sites variés et à l'aide de méthodes tout aussi variées (Tableau 7.7).

**Tableau 7.7 : valeurs de la fonction de protection de la forêt dans la littérature (non-exhaustif)**

Référence	Site	Aléa évalué	Méthode d'évaluation	Valeur obtenue
Cahen, 2010	Vallorcine (74)	Avalanche	Coûts de la restauration de la fonction de protection de la forêt (complémentarité entre dispositifs de génie civil et de génie biologique)	2 500 € / ha / an
Cahen, 2010	Bonnevaux (74)	Chute de blocs	Coûts de la restauration de la fonction de protection de la forêt (complémentarité entre dispositifs de génie civil et de génie biologique)	1 500 € / ha / an
Cahen, 2010	Veyrier-du-Lac (74)	Chute de blocs	Coûts des dommages évités	1 400 € / ha / an
Frey and Leuenberger, 1998 ; Wilhelm 1999 <sup>100</sup>	N.C, Suisse	Avalanches	Coûts de remplacement (snow-bridges)	24 000 CHF/ ha /an

<sup>100</sup> Articles en allemand cités dans : Teich et Bebi, 2009.



Getzner M. <i>et al.</i> , 2017	Autriche	chutes de bloc, avalanches et glissements de terrain	Coûts de remplacement  Méthode des prix hédoniques	268 €/ha/an  53 €/ha/an
Löwenstein, 1995 <sup>101</sup>	Hinterstein/ Allgäu, Allemagne (Alpes)	Protection contre les avalanches	Consentement à payer (pour une gestion forestière visant à réduire le risque)	48 €/an par résident
Notaro <i>et al.</i> , 2009	Trento, Italie	Risques hydro-géologiques	Coûts de remplacements	74 € / ha / an
Notaro et Paletto, 2012	Province de Trento, Italie	chutes de bloc, avalanches et glissements de terrain	Coûts de remplacements	284 € / ha / an
Notaro et Paletto, 2004	Province de Trento, Italie	Risques hydrologiques, avalanches	Coûts de remplacements	187 € / ha / an
Goio <i>et al.</i> , 2008	Province de Trento, Italie	Risques hydro-géologiques	Coûts de remplacements	212 € / ha / an en moyenne (de 165 à 340 € / ha selon l'intensité de la pente)
Olschewski <i>et al.</i> , 2012	Andermatt, Suisse	Avalanche et tempête	Coûts des dommages évités  Expérimentation par les choix (consentement à payer de la population locale)  Coûts de remplacement	470 USD / foyer sur la municipalité concernée  Entre 110 USD et 390 USD / foyer selon différents scénarii  Entre 60 et 600 USD/foyer selon équipement
Teich et Bebi, 2009	Andermatt, Suisse	Avalanche	Coûts des dommages évités	184 000 CHF/ ha / an

249. Le tableau met en évidence la variabilité des valeurs existantes dans la littérature, selon la méthode d'évaluation économique retenue (le type de méthode, le(s) type(s) d'aléas considéré(s)) mais aussi selon les caractéristiques du site (sa pente, le type d'aléa et sa fréquence, etc.) et l'importance des enjeux humains associés (densité de population, type d'infrastructures, etc.). Les valeurs rassemblées, lorsqu'elles sont comparables (unités identiques), s'échelonnent entre quelques dizaines d'euros / ha (74 €/ ha / an pour Notaro *et al.*, 2009) et plusieurs dizaines de milliers d'euros par hectare et par an (de l'ordre de 170 000 € / ha / an pour Teich et Bebi, 2009). Les méthodes de calcul par les coûts de remplacement semblent accorder des valeurs plus faibles au service par rapport aux méthodes utilisant les coûts des dommages évités (qui souvent, intègrent les coûts de la vie humaine).

<sup>101</sup> Article en allemand cité dans : Grêt-Regamay *et al.*, 2008

- **Vers une cartographie des valeurs du service écosystémique ?**

250. Un travail spécifique, impliquant chercheurs et cartographes, pourrait néanmoins être envisagé afin de cartographier le service :

- Tenter de délimiter plus précisément les forêts jouant un rôle significatif dans la protection contre les aléas (localisation, surface) : le zonage des forêts à fonction de protection est un des objectifs des recherches menées actuellement par l'équipe de recherche PIER (Protection, Ingénierie écologique, Restauration) d'Irstea Grenoble ; le récent [projet Interreg "RockTheAlps"](#) vise à réaliser la première cartographie harmonisée des forêts à fonction de protection pare-pierres à l'échelle de l'arc alpin. Le projet est mené par Irstea pour trois ans avec un consortium de 15 partenaires des 6 pays de l'espace alpin.
- Développer une méthode d'évaluation, qui pourrait s'inspirer par exemple de la méthode Notaro et Paletto (2012) : cette méthode (pensée pour évaluer le service à l'échelle locale) s'appuie sur un système de notation à partir de huit attributs biophysiques. Les attributs retenus (jouant un rôle essentiel dans le niveau de la protection offerte par le peuplement - § 7.3.3.1) sont caractérisés et obtiennent une note sur des zones considérées comme homogènes - dans ce cas à partir des données présentes dans les plans de gestion, mais ils pourraient l'être à échelle plus grande à partir de données de l'inventaire forestier (taux de couverture par les arbres, essences du peuplement, etc.). Le niveau de protection biophysique est ensuite transformé en valeur économique par la méthode des coûts de remplacement, en faisant l'hypothèse d'une substitution de la forêt par une infrastructure offrant une protection équivalente.

## 7.4 Régulation de l'érosion (fiche résumée)

---

### 7.4.1 Présentation du service

- **Définition et périmètre**

251. L'érosion est un processus naturel de dégradation des couches superficielles de sol et de déplacement des matériaux qui le constituent sous l'action du vent et de l'eau (rivières, glaciers, mers et océans, précipitations). En France métropolitaine, l'érosion hydrique (majoritaire) est présente sur toute pente suffisante pour permettre l'entraînement latéral des particules du sol par le ruissellement, c'est-à-dire à partir d'un seuil de 20 % en milieu forestier (Vennetier *et al.*, 2014).
252. Toutes les forêts, par leur occupation du sol, sont susceptibles de réguler ce phénomène naturel (interception des précipitations et atténuation du vent, présence d'une litière qui protège les couches superficielles de sol, fixation des sols par les racines, piégeage des sédiments, etc.) (voir par exemple Vennetier *et al.*, 2014).
253. Des zones à enjeux peuvent néanmoins être identifiées :
- La zone littorale : environ 1200 km de systèmes dunaires où les forêts contribuent (i) à la stabilisation des dunes (ii) à la réalimentation naturelle des plages et dunes suite à des épisodes érosifs, ce qui permet une meilleure résilience du trait de côte,
  - Les rives des cours d'eau,
  - Les versants des montagnes, où la pente accentue le phénomène d'érosion,
  - La zone méditerranéenne.
254. La régulation des régimes hydrologiques (quantités d'eau - § 7.6) interfère positivement avec la régulation de l'érosion.

- **Écosystèmes concernés et bénéficiaires associés**

Écosystèmes concernés	Bénéficiaires associés
<ul style="list-style-type: none"><li>• Les forêts dunaires</li><li>• Les forêts riveraines des cours d'eau</li><li>• Forêts localisées sur des pentes &gt; à 20 % (l'érosion ne concerne pas uniquement les zones de montagne mais tous les reliefs à toutes les échelles)</li><li>• La forêt méditerranéenne</li><li>• Certaines forêts sont officiellement identifiées pour leur rôle de protection des sols (érosion, aléas) : peuplements RTM, forêts de protection (<i>cf.</i> Encadré 7.1)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Habitants et activités du littoral, des bords des cours d'eau et des vallées</li><li>• Parfois les enjeux humains sont plus éloignés (cas de la submersion ou des inondations)</li><li>• Les activités agricoles au sein des paysages agrosylvicoles bénéficient d'une réduction de l'érosion éolienne</li><li>• Les forestiers bénéficient du maintien de la fertilité des sols en lien avec la régulation de l'érosion</li></ul>

## 7.4.2 Caractérisation du service

Indicateurs biophysiques	Indicateurs capturant les avantages en termes de bien-être
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ruissellement plus faible sous couvert forestier par rapport d'autres occupation du sol (urbaine, agricole) :</b> voir Adhikari <i>et al.</i>, 2002 ; Sikka et Selvi, 2005 (cité dans Fiquepron <i>et al.</i> 2013)</li> <li>• <b>Données d'aléa d'érosion (hydrique) en 2000 :</b> cartographie France métropolitaine de la probabilité d'occurrence du phénomène (modèle MESALES, INRA d'Orléans) à l'échelle communale ou par petite région agricole. Les données d'entrée du modèle sont les suivantes : battance et érodibilité des sols, topographie, occupation du sol (CORINE Land Cover 2000), précipitations. Près de 18 % des sols présentent un aléa d'érosion moyen à très fort en France métropolitaine (Gis Sol, 2011).</li> <li>• <b>La fréquence des « coulées boueuses »</b> (estimée à partir des dossiers de demande d'indemnisation – données du Ministère de l'écologie, base Corinte-Inra) est utilisée comme indicateur indirect d'une érosion chronique importante dans un rapport IFEN-INRA sur l'érosion hydrique des sols en France (Le Bissonais <i>et al.</i>, 2002).</li> <li>• <b>Cartographie des forêts jouant un rôle de protection contre l'érosion (n.c.)</b></li> <li>• <b>Erosion évitée en termes de surface et de quantité de matériaux perdus :</b> les sols cultivés perdent 5 fois plus de sédiments que des sols boisés (Brown et Binkley, 1994 cité par Fiquepron <i>et al.</i> 2013)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Besoins économiques :</b> dommages évités aux activités subissant l'érosion (e.g. pertes de rendements agricoles), coûts évités d'entretien des cours d'eau, de dessablage, de curage des barrages, dommages évités à la voirie</li> <li>• <b>Coûts évités de la pollution des eaux superficielles par les particules en suspension</b> (elles augmentent la turbidité et participent à l'eutrophisation)</li> <li>• <b>Sécurité :</b> dangers évités (écroulement de berges, ensablement au niveau du littoral, écoulements boueux, crues, inondations)</li> </ul>

## 7.4.3 Principaux déterminants du niveau de service

255. Climat (intensité des précipitations, du vent...) et géomorphologie (pente, nature du substrat...) jouent un rôle essentiel en influençant l'intensité du processus d'érosion. Le type de sol est tout aussi important : profondeur, porosité, structure et taux de matière organique régulent l'infiltration de l'eau, la sensibilité du sol à la battance (fermeture de la porosité en surface avec formation d'une croûte qui réduit l'infiltration de l'eau) et la sensibilité à l'arrachement des particules de sol (érodabilité). La biodiversité du sol joue un rôle en intervenant notamment sur la porosité.

256. Les pratiques de gestion forestière sont susceptibles d'atténuer ou de renforcer le phénomène d'érosion (coupes rases de grande étendue, récolte des rémanents, tassement des sols réduisant l'infiltration de l'eau, *etc.*). Le traitement en futaies jardinées, traitées en révolutions longues et récoltées par pied, voire par bouquets, avec débardage par câble voire par hélicoptère, est très bien adaptée à la conservation des sols instables (Ranger *et al.*, 2011).

## Les types de forêt de l'EFESE

257. Les types de forêts de l'EFESE se distinguent par des niveaux de service différents (voir notamment Ranger *et al.*, 2011) : rôle faible des milieux ouverts ; rôle important des futaies semi-naturelles mais aussi des plantations (*eg.* boisements des dunes littorales et des versants des montagnes réalisés dans le cadre de la politique de Restauration des Terrains en montagne – RTM- à partir de la fin du XIXème siècle) avec néanmoins des problèmes d'instabilité lié au manque d'entretien lorsque les peuplements vieillissent (Rey *et al.*, 2006) ; au sein des forêts naturelles, le bois mort au sol joue un rôle de protection.

**Tableau 7.8 : Régulation de l'érosion selon les différents états de la forêt\*\***

<b>E1 Milieux forestiers ouverts</b>	<b>E2- Plantations +</b>	<b>E6 Milieux forestiers matures</b>
<p>--</p> <p><i>Protection faible liée à une couverture du sol faible et un enracinement moins profond que les milieux fermés.</i></p> <p><i>Pour les coupes forestières : risque d'érosion variable selon les pratiques d'exploitations (intensité de circulation des engins, mode de débardage, dessouchage...)</i></p>	<p><i>Rôle important des dunes boisées et des plantations de restauration des terrains en montagne pour réguler l'érosion. Dans les plantations de production, les pratiques d'exploitation peuvent générer un risque (ouvertures de dessertes, débardage des bois, circulation d'engins, coupes, etc.)</i></p>	<p>+</p> <p><i>Le service est assuré mais risques liés à la présence de trouées, à l'instabilité possible de certains arbres et à leur plus grande sensibilité aux aléas - notamment dans les plantations âgées non gérées.</i></p> <p><i>Le bois mort au sol peut jouer un rôle de protection des sols contre l'érosion.</i></p>
	<p><b>E3 – Taillis</b> ++</p> <p><i>Les taillis sont dotés d'un ensouchement permanent et les cépées présentent une bonne capacité de retenue des sols.</i></p>	
	<p><b>E4 - Futaies semi-naturelles</b> ++</p> <p><i>Niveau de service élevé mais variable selon les situations (pente, pratiques de gestion, etc.)</i></p> <p><i>Le traitement en futaie irrégulière (récolte par bouquets ou par pied) est optimal.</i></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b> ++</p> <p><i>L'absence d'exploitation forestière et la couverture permanente du sol permettent une protection efficace contre l'érosion.</i></p> <p><i>Le bois mort au sol peut jouer un rôle de protection des sols contre l'érosion.</i></p>	
<p>**Le niveau de service (régulation de l'érosion) est estimé à dire d'experts (système de notation à 4 niveaux : -- / - / + / ++)</p>		

## 7.5 Régulation de la qualité de l'eau (fiche résumée)

---

### 7.5.1 Présentation du service

- **Définition et périmètre**

258. La régulation de la qualité de l'eau est entendue comme la réduction des quantités de divers polluants d'origine humaine (nitrates, phosphates, pesticides, etc.) contenues dans les eaux souterraines et de surfaces en lien avec la présence et le fonctionnement de l'écosystème forestier. La quantité de sédiments contenue dans les eaux de surface est une autre source de pollution (turbidité) que la forêt peut contribuer à maîtriser : elle est considérée comme directement liée à la régulation de l'érosion (§ 7.4) et n'est pas abordée ici.

259. Toutes les forêts, par leur présence (occupation du sol) et par rapport à d'autres usages, sont susceptibles de réguler la qualité de l'eau sur le bassin versant (BV) qu'elles occupent. Dans certains cas, la forêt joue également un rôle actif d'épuration.

260. Des zones à enjeux peuvent être identifiées :

- Les forêts riveraines,
- Les zones de captage d'eau potable pour l'alimentation humaine,
- Les zones où la pollution des eaux souterraines et de surface est la plus importante ou en hausse.

- **Écosystèmes concernés et bénéficiaires associés**

Écosystèmes concernés	Bénéficiaires associés
<p>Toute la forêt par son occupation du sol (16,4 millions d'hectares) et en particulier :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Toutes les forêts riveraines des cours d'eau (ripisylves et forêts alluviales)</li></ul> <p>qui s'appliquent aux formes particulières des polluants (fixés à des sédiments et non pas dissous)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Les forêts localisées dans les zones caractérisées par des apports de polluants particulièrement élevés</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les ménages (eau de consommation)</li><li>• Touristes, baigneurs, pêcheurs, etc. (eau de surface)</li><li>• Activités agricoles et industrielles</li></ul>

## 7.5.2 Caractérisation du service

Indicateurs biophysiques	Indicateurs capturant les avantages en termes de bien-être
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Localisation des enjeux :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cartographies existantes de la pollution des cours d'eau et nappes souterraines par les pesticides, de l'évolution de la pollution des cours d'eau par les nitrates et phosphates (données des agences et offices de l'eau, traitement au SOeS, Meem) et croisement avec la carte forestière ;</li> <li>▪ Croisement de la répartition spatiale des dépôts atmosphériques (IGD 2.1) et de la carte forestière ;</li> <li>▪ Cartographie des forêts riveraines : Projet CarHab de cartographie au 1/25000 des habitats terrestres sur l'ensemble du territoire métropolitain à l'horizon 2025 ; en attendant possibilité de croisement du réseau hydrographique et la carte forestière (voir test méthodologique réalisé dans le Massif Central et du Languedoc-Roussillon dans le cadre du projet « Trame écologique du Massif central » - CRENAM, IPAMAC, 2011)</li> </ul> </li> <li>• <b>Effet de protection lié aux usages</b> (très faibles quantité d'intrants utilisés en forêts par rapports aux usages agricoles) et au piégeage de divers éléments chimiques dans les sols (adsorption ou fixation sur les particules qui forment les sols) et la végétation forestière (recyclage importants des nutriments en forêt – § 4.2.4) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les concentrations en polluants mesurées dans l'eau d'infiltration sous couvert forestier sont plus faibles par rapport aux autres occupations du sol : voir par exemple les travaux sur les teneurs en nitrates mesurées en forêt de plaine à Vittel par Benoit et Papy, 1997 (2mg/L sous couvert forestier, entre 19 et 126 mg/l pour les sols agricoles) ;</li> <li>▪ Les concentrations en polluants mesurés à l'exutoire des bassins versants diminuent avec la hausse du taux de boisement (Lorraine, Benoît et Fizaine, 1999) ; même constat réalisé par Benoit <i>et al.</i> (in : Fiquepron et Charnet, 2013) qui montrent (i) que la teneur moyenne en nitrates d'un BV forestier est de 4,2 mg/L (données d'enquête historique en Lorraine) et (ii) qu'un seuil de boisement du BV se dessine autour de 30-35% pour coproduire une eau de bonne qualité (au-dessous de la norme environnementale de 50 mg/l) ;</li> <li>▪ En faisant appel à la modélisation, l'étude de Fiquepron <i>et al.</i>, 2013 réalisée au niveau national (à l'échelle des départements) met en évidence le rôle protecteur des forêts par rapport à d'autres occupations du sol sur la qualité de l'eau de ruissellement (nitrates, pesticides) ;</li> <li>▪ Abildtrup <i>et al.</i>, 2013 montrent l'effet significatif de la forêt par rapport à d'autres usages non polluants - type prairie naturelle - à l'échelle du bassin versant (mais non significatif à une échelle plus petite) (approche par les coûts de</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Besoins économiques :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réduction des coûts d'approvisionnement en eau potable (occasionnant une réduction du prix de l'eau pour les ménages) : voir par ex. Fiquepron <i>et al.</i>, 2013 (France métropolitaine) ou Abildtrup <i>et al.</i>, 2013 (Département des Vosges) ;</li> <li>▪ Limitation des transferts de polluants pouvant occasionner l'eutrophisation des eaux superficielles et détériorer la qualité des ressources piscicoles ;</li> </ul> </li> <li>• <b>Santé :</b> meilleure qualité sanitaire de l'eau</li> <li>• <b>Cadre de vie :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Meilleure qualité des eaux de baignade ;</li> <li>▪ Limitation de l'eutrophisation des plans d'eau qui nuit aux loisirs (pêches, baignade, etc.) et aux paysages</li> </ul> </li> </ul>

traitement évités) ;

- Wasson J.-G *et al.* (2010) montrent l'effet positif de la forêt riveraine –par rapport à d'autres occupations du sol - sur la qualité écologique des cours d'eau (indice invertébrés)
- Epuration active par les forêts riveraines (filtration et piégeage de divers polluants).
  - Rôle particulièrement reconnu pour les nitrates (dénitrification microbienne en condition anaérobies (période de hautes eaux) et absorption par les arbres et stockage dans les tissus (période végétative)) ; Dans les zones riveraines de la Garonne, le potentiel de dénitrification a été estimé à 1,3 kg d'azote par hectare et par jour (Fustec et Mariotti, In : Lévêque, 2001) ;
  - Pour plus de références voir par exemple la synthèse bibliographique de Broadmeadow et Nisbet (2004).

### 7.5.3 Principaux déterminants du niveau de service

261. Il y a avant tout un effet « occupation du sol » : les sols occupés par les forêts sont de fait soumis à des pressions moindres que les sols agricoles ou urbains. La couverture des sols y est quasi-continue (rotations longues) et les pratiques très extensives. Les produits phytosanitaires et fertilisants sont rarement employés en forêt (principalement pour l'entretien des jeunes peuplements) : par exemple les traitements herbicides sont 450 fois moins fréquents en forêts qu'en grandes cultures (Gama *et al.*, 2006).
262. Néanmoins, les pratiques de gestion et d'exploitation forestières jouent un rôle important vis-à-vis de la régulation de la qualité de l'eau :
- la pollution par les hydrocarbures liée à la mécanisation de certains travaux forestiers (travail du sol, abattage, façonnage, débardage, desserte, circulation et entretien des engins) reste possible ;
  - la mise à nu du sol suite à une coupe peut entraîner des drainages d'éléments (surtout d'azote par minéralisation), néanmoins une synthèse sur 30 études aux Etats et Unis et au Canada a montré que dans 70% des cas la teneur en nitrates reste très faible et qu'elle n'a jamais dépassé la norme environnementale (50 mg/L) en moyenne annuelle (Brown et Binkley in : Fiquepron et Charney, 2013) ; la tempête 99 a été suivie d'une hausse des teneurs en nitrates des eaux alimentées par des bassins forestiers en Lorraine (hausse de 6 à 10 mg/L) et le retour à la situation initiale s'est produit en 3 à 10 ans (Benoit *et al.*, 2002) ;
  - S'appuyant sur divers travaux réalisés dans différents pays d'Europe, Gundersen *et al.* (In : EFI, 2011) dressent le constat que les résineux sont généralement plus sujets aux pertes de nitrates en lien avec leur propension à augmenter les dépôts d'azote atmosphérique (filtration de l'air plus efficace-*cf.* § 7.2) ; les forêts mixtes (essences feuillues et résineuses) seraient plus efficaces que des peuplements monospécifiques (Knole *et al.*, 2008) ;
  - les pertes en nitrates tendent à augmenter avec l'âge pour les peuplements résineux (Steven *et al.*, 1994) alors qu'elles semblent plus constantes sous feuillus.
  - Voir les synthèses bibliographiques en français de Fiquepron et Charnet (2013) et Hegg *et al.* (2006).
263. L'état sanitaire des peuplements arborés est important, puisqu'ils supportent le service écosystémique. La mortalité importante des arbres sur un petit BV en Bavière (en lien avec une attaque de scolytes) a eu pour conséquence d'augmenter de manière importante les teneurs en



nitrate de l'eau d'infiltration (Attenberger *et al.*, 2001 in : Fiquepron et Charnet, 2013). Le renouvellement des forêts doit être assuré, afin de garantir une couverture continue des sols, et la gestion des populations d'ongulés sauvages est par conséquent indispensable.

## Les types de forêt de l'EFESE

Tableau 7.9 : Régulation de la qualité de l'eau selon les différents états de la forêt**		
<p><b>E1</b></p> <p><b>Milieux forestiers ouverts</b></p> <p>--</p> <p><i>Protection faible liée à une couverture du sol faible et un enracinement moins profond que les milieux fermés.</i></p> <p><i>Les ouvertures du couvert forestier (coupes, accidents climatiques) peuvent occasionner le drainage d'éléments chimiques ou l'augmentation de la turbidité des eaux en lien avec une érosion des sols.</i></p>	<p><b>E2- Plantations</b></p> <p>-</p> <p><i>Le service est généralement assuré mais la fréquence plus élevée des coupes et la forte proportion de peuplements résineux (80% de la surface) limitent ce rôle. La pollution par les hydrocarbures liée à la circulation des engins forestiers est possible. Il existe un risque d'acidification des eaux lorsqu'une sylviculture intensive est pratiquée.</i></p>	<p><b>E6</b></p> <p><b>Milieux forestiers matures</b></p> <p>+</p> <p><i>Le service est assuré mais les pertes en nitrates tendent à augmenter avec l'âge pour les peuplements résineux.</i></p> <p><i>Diminution possible du service en lien avec une plus grande sensibilité des peuplements aux aléas et maladies pouvant occasionner des trouées.</i></p>
	<p><b>E3 – Taillis</b></p> <p>+</p> <p><i>Le service est généralement assuré par les taillis (souvent âgés et faiblement exploités). Pour les taillis de production (minoritaires), la fréquence des coupes et des interventions sylvicoles constituent un risque.</i></p>	
	<p><b>E4 - Futaies semi-naturelles</b></p> <p>++</p> <p><i>Niveau de service élevé mais variable selon les situations (pente, pratiques de gestion, etc.)</i></p> <p><i>Le traitement en futaie irrégulière (récolte par bouquets ou par pied) est optimal.</i></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b></p> <p>++</p> <p><i>L'absence d'exploitation forestière et la couverture permanente du sol permettent un service optimal de régulation de la qualité de l'eau.</i></p>	
<p>**Le niveau de service (régulation de la qualité de l'eau) est estimé à dire d'experts (système de notation à 4 niveaux : -- / - / + / ++)</p>		

## 7.5.4 Valeurs du service

Evaluations nationales	Evaluations locales
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Approches par les coûts évités par la présence de forêt sur l’approvisionnement en eau potable :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Approche grossière réalisée par le CAS (2009) à partir de la consommation d’eau quotidienne par jour et par habitant et en faisant l’hypothèse que 30 % de ce volume est produit par la forêt (équivalent au taux de boisement métropolitain) et que l’économie de traitement réalisée pour ce volume est de l’ordre de 0,40 euros/ m3 : <b>44 €/ha /an</b> (chiffre doublé pour tenir compte de paramètres qui majorent le rôle des forêts mais qu’on ne peut quantifier, soit <b>une valeur de référence finale de 90 €/ha/an</b>)</li> <li>▪ Etude de Fiquepron <i>et al.</i>, 2013 mettent en évidence les coûts évités pour les consommateurs français métropolitains par la présence de forêt sur le territoire (travail de modélisation) : <b>la valeur marginale d’un hectare de forêts correspond à 22 € en moins sur la facture d’eau moyenne de l’ensemble des usagers</b></li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Consentement à payer pour de l’eau forestière en Lorraine</b> (travail d’enquête auprès des ménages pour évaluer les préférences entre deux origines d’eau potable) : 50 € /ménage/an (Fiquepron <i>et al.</i>, 2010)</p> <p><b>Approche par les coûts de traitement évités</b> (réduction des prix de l’eau potable) (Abildtrup <i>et al.</i>, 2013) : étude réalisée sur le département des Vosges (Lorraine) – conclut que la valeur marginale moyenne d’un hectare de forêt varie selon l’antécédent : de 138 €/ha/an (si antécédent agricole) à 99 € / ha /an (si antécédent naturel)</p> <p><b>Le coût des boisements</b> de protection des captages s’élèvent à 6300 euros/ha (14 700 € /ha avec l’achat du foncier) pour la ville de Rennes (Fiquepron et Gauthier, 2009)</p> <p><b>Les surcoûts de la gestion forestière</b> pour l’eau potable à l’amont des captages de la ville de Masevaux (Haut-Rhin) s’échelonne de 33 à 75 € / ha (Fiquepron, 2012)</p>

## 7.6 Régulation des crues (fiche résumée)

---

### 7.6.1 Présentation du service

#### • Définition et périmètre

264. La forêt régule les crues modérées, dites crues décennales, mais possède peu d'effets sur les crues extrêmes (Andréassian, 2004 ; Hurand et Andreassian, 2003). Deux mécanismes différents sont en cause :

- L'atténuation de l'amplitude des crues par rétention d'eau : de manière générale, la forêt influence le régime des eaux. Elle en retarde l'écoulement lors des précipitations (interception par les feuillages des arbres, meilleure infiltration de l'eau sous couvert forestier, capacité de rétention des sols plus grande) ce qui brise le pic de crues. Les volumes d'eau à l'exutoire des bassins versants sont donc moins importants et décalés dans le temps. Cet effet « hydrologique » des forêts devient marginal en cas de très fortes pluies ;
- L'épandage du débit de crue (effet d'étalement) : les forêts localisées le long du lit des cours d'eau (ripisylves ou alluviales) constituent des zones naturelles d'expansion des crues permettant l'étalement des volumes d'eau.

265. Le rôle des forêts sur les débits d'étiage est controversé (cf. Encadré Contraintes page 97). A contrario, la recharge des nappes phréatiques est favorisée par la présence de forêt (meilleure infiltration) et constituerait de ce fait un angle intéressant pour les services écosystémiques forestiers. Ces deux aspects de régulation des flux liquides ne sont pas traités dans le cadre de ce rapport et mériteraient d'être approfondis dans le prolongement de ce travail.

#### • Écosystèmes concernés et bénéficiaires associés

Écosystèmes concernés	Bénéficiaires associés
<p><b>Toute la forêt</b> (16,4 millions d'hectares) possède une influence sur le régime des eaux du bassin versant au sein duquel elle est implantée</p> <p><b>En particulier :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>les forêts de montagne</b> : sur les versants des montagnes, les phénomènes de ruissellement et d'érosion sont accentués. La présence d'une forêt et son rôle sur l'infiltration de l'eau revêtent alors une importance particulière ;</li><li>• <b>Ripisylves et forêts alluviales</b> : zones naturelles d'expansion des crues et de stockage de grands volumes d'eau, elles permettent aussi de ralentir le flux d'eau ; par contre les bois flottants qui en sont issus provoquent d'importants dégâts en accentuant l'érosion des berges et en formant des embâcles au niveau des goulots ou de ponts (Schwitter R., Bucher H., 2009)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les riverains (du point de vue de la sécurité des hommes et des habitations)</li><li>• Les activités agricoles, commerciales ou industrielles installées à proximité des cours d'eau, notamment dans les zones inondables définies par les PPRI</li><li>• Les usagers des cours d'eau (usages récréatifs ou professionnels : pêcheurs, aquaculteurs, activités touristiques et sportives, production d'hydroélectricité, etc.)</li></ul>

## 7.6.2 Caractérisation du service

Indicateurs biophysiques	Indicateurs capturant les avantages en termes de bien-être
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cartographie des forêts riveraines susceptibles jouant un rôle dans l'épandage des crues et capacité d'épandage en volume (N.C.)</b></li> <li>• <b>Cartographie de la capacité de stockage (ou de rétention) en eau des forêts métropolitaines</b> : voir cartographie européenne du potentiel de rétention en eau des forêts estimé à l'échelle de grands bassins versants (<i>European Catchments and Rivers Network System</i>) à partir de la surface forestière (Corine Land Cover 2006), du volume des précipitations et des débits à l'exutoire des BV considérés (bases de données climatiques et hydrologiques de l'EEA) (EEA, 2015)</li> <li>• <b>Quantification de l'impact de l'évolution de la couverture forestière sur les crues</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ voir résultats des expérimentations rigoureuses réalisées sur de petits bassins versants aux USA et en Australie, en Guyane (Fritsch, 1990) et qui ont consisté à déboiser un petit BV forestier (surface &lt; 1 km<sup>2</sup>) tout en gardant un BV voisin intact en référence. <b>Toutes les expérimentations qui font intervenir le déboisement montrent un accroissement des pics de crues et du volume des crues</b>, de quelques dizaines de pourcents en moyenne (à l'inverse, le reboisement de terres agricoles a très peu d'effets sur les crues). Les résultats montrent que les crues exceptionnelles sont peu affectées par le boisement ou reboisement (Synthèse des résultats publiés dans la littérature fondés sur 113 BV appariés par Andréassian, 2004 ou Hurand et Andréassian, 2003) ;</li> <li>○ J. Lavabre a montré qu'après l'incendie d'un petit BV du Var (150 ha) on observait un triplement des pics de crues et 20 à 40 % d'augmentation des volumes de crues (effet constaté sur quelques années seulement puis retour à la situation initiale) (Lavabre <i>et al.</i>, 1991) ;</li> <li>○ C. Cosandey a étudié l'impact d'une coupe forestière sur le BV expérimental du Mont Lozère et n'observe aucun changement de comportement du bassin quant aux crues (in : Hurand et Andréassian, 2003) ;</li> <li>○ V. Andreassian (2002) ne constate aucun lien entre boisement progressif et comportement hydrologiques des BV dans le cadre de ses travaux de thèse réalisés dans le massif central ;</li> </ul> </li> <li>• Il n'est pas possible de généraliser ces résultats obtenus sur de petits BV (&lt; 1 km<sup>2</sup>) à des échelles plus grandes (BV de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de km<sup>2</sup>) (rétroactions hydroclimatiques possibles, temporalité des facteurs de changement différente, etc.) (Andreassian, 2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Besoins économiques</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Dépenses de protections contre les inondations évitées (N.C.)</li> <li>○ Montant des remboursements des assurances liés aux dégâts causés par des crues (N.C.)</li> <li>○ Montants touchés par les forestiers français (de la part de l'Allemagne) en échange de l'épandage des crues du Rhin dans certaines forêts qu'ils mettent en eau lors des pics de débit (n.c.)</li> <li>○ Dégâts évités sur les infrastructures (e.g. ponts, routes, barrages) et les cultures</li> </ul> </li> <li>• <b>Préservation des milieux aquatiques et des ressources piscicoles</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Dégâts évités aux écosystèmes aquatiques (populations de poissons notamment) et aux infrastructures piscicoles (N.C.)</li> </ul> </li> <li>• <b>Sécurité des personnes</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nombre de personnes soumises au risque d'inondation et protégées par la présence de forêts (N.C.)</li> </ul> </li> </ul>

### 7.6.3 Principaux déterminants du niveau de service

266. Les déterminants identifiés à l'issue d'une rapide revue de la littérature sont d'abord liés aux conditions climatiques (notamment structure des épisodes pluvieux), à la géomorphologie (relief, nature du substrat) et aux caractéristiques des sols (notamment la profondeur du sol, qui doit être suffisante pour que la forêt possède un avantage comparatif sur une végétation herbacée, voir Cosandey, 2006). L'état de saturation en eau des sols avant l'épisode pluvieux joue également un rôle important sur la genèse des crues (mis en évidence par Cosandey sur le BV expérimental du Mont Lozère). L'influence de la structure et de la composition des forêts est mal connue, tout comme l'influence de la gestion forestière (hormis les effets négatifs des coupes qui semblent démontrés) :

- L'effet hydrologique des coupes (augmentations observées des crues après déboisement lors des expériences sur BV appariés) serait davantage lié aux effets des travaux d'exploitation (tassement, concentration des eaux sur les dessertes ou reprises d'érosion) qu'à la disparition de la couverture végétale (Fritsch, 1990 et travaux de Cosandey en Lozère) ;
- Influence de l'état des forêts mal connue : **influence de la densité du peuplement d'arbres** (atténuation de la variabilité dans le temps des écoulements en crues selon des résultats obtenus sur un échantillon de 36 BV dans le massif central - travaux de thèse de Andréassian, 2002) ; **influence de la composition en essences** (les forêts mixtes auraient un rôle plus marqué sur la régulation du débit du fleuve Yang-Tsé en Chine, suivies des forêts de conifères et des zones de buissons, selon les travaux de Guo *et al.* (2000) cités dans le rapport du CAS ; les estimations du potentiel de rétention des forêts réalisées à l'échelle européenne – EEA, 2015 - concluent à une capacité de rétention 10 % plus importante pour les forêts de conifères par rapport aux forêts feuillues ou mixtes) ;
- la comparaison entre la capacité potentielle de rétention en eau de forêts protégées et non protégées (proxy de l'intensité de la gestion) a donné des résultats contradictoires ne permettant pas de conclure (EEA, 2015)

- **Les types de forêt de l'EFESE**

Tableau 7.10 : Régulation des crues selon les différents états de la forêt**		
<p><b>E1</b></p> <p><b>Milieux forestiers ouverts</b></p> <p>-</p> <p><i>Protection plus faible liée à une moindre couverture du sol et un enracinement moins profond que les milieux fermés.</i></p>	<p><b>E2- Plantations</b></p> <p>+</p> <p><i>Niveau de service élevé mais variable selon les situations. Risque liée aux coupes forestières. Rôle important des plantations de restauration des terrains en montagne (RTM).</i></p>	<p><b>E6</b></p> <p><b>Milieux forestiers matures</b></p> <p>+</p> <p><i>Le service est assuré mais diminution possible du service en lien avec une plus grande sensibilité des peuplements aux aléas et maladies pouvant occasionner des trouées.</i></p>
	<p><b>E3 – Taillis</b></p> <p>+</p> <p><i>Niveau de service élevé mais variable selon les situations. Pour les taillis exploités : les coupes brutales réduisent leur capacité de rétention en eau.</i></p>	
	<p><b>E4 - Futaies semi-naturelles</b></p> <p>++</p> <p><i>Niveau de service élevé mais variable selon les situations (pente, pratiques de gestion, etc.)</i></p> <p><i>Le traitement en futaie irrégulière (récolte par bouquets ou par pied) est optimal.</i></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b></p> <p>++</p> <p><i>L'absence d'exploitation forestière et la couverture permanente du sol permettent un niveau de service élevé</i></p>	
<p>**Le niveau de service (régulation des crues) est estimé à dire d'experts (système de notation à 4 niveaux : - - / - / + / ++)</p>		

## 7.6.4 Valeurs du service

267. La dimension quantitative de la production d'eau par les forêts métropolitaines n'a pas été retenue pour être valorisée en tant que SE forestier dans le cadre du rapport CAS (2009). Les raisons évoquées sont les controverses sur l'effet positif ou négatif des forêts sur les débits des cours d'eau, risques de doubles-comptes avec d'autres services (e.g. récréation) ou avec l'évaluation des services de régulation des écosystèmes aquatiques (zones humides).

---

**CHAPITRE 8**

**Biens produits**

---

## 8.1 La fourniture de bois

---

### 8.1.1 Présentation du service

268. La fourniture de bois tient une place majeure dans la gestion forestière et au sein des services écosystémiques. Elle répond en effet à plusieurs objectifs :

- elle vient satisfaire une partie significative des besoins en matériaux, fibres, molécules et énergie qui sont nécessaires aux activités économiques et aux ménages ; elle est de ce point de vue un objectif en soi de la gestion forestière ;
- en régulant la biomasse vivante, elle limite la concurrence entre arbres et, par conséquent, l'affaiblissement et la mortalité des tiges restant sur pied : elle contribue ainsi à soutenir le niveau de santé et de stabilité des forêts ; ce rôle se répercute évidemment sur l'offre des autres services écosystémiques ; elle n'est pas elle-même un objectif dans ce cas, mais plutôt le moyen de préserver la vitalité de la majorité des arbres conservés, qui bénéficient ainsi des éclaircies (ou opérations d'amélioration) faites à leur profit ;
- de même, lorsqu'elle correspond à la récolte de bois arrivés à leur âge d'exploitabilité, elle s'organise non seulement autour de l'objectif de récolter du bois mais aussi en tant que moyen de rajeunir cette ressource renouvelable.

Ces rôles ne sont assurés que dans la limite permise par l'état des peuplements forestiers, qui détermine une offre de bois, et sous réserve de l'existence de débouchés et d'une demande pour la qualité des bois proposés.

269. Du point de vue de l'offre, on définit une fourniture potentielle de bois sous le nom de « disponibilité » ou, historiquement et dans le cas de la gestion d'une forêt donnée, de « possibilité ». Cette dernière notion caractérise la quantité de bois « qu'on peut retirer annuellement des forêts sous la condition d'en maintenir la production constante autant que possible » selon Lorentz et Parade (1837). Son application a fait l'objet de nombreux écrits, de nombres formules (Pardé, 1999) jusqu'au dernier manuel d'aménagement de l'Office national des forêts (Dubourdieu, 1997). Elle se décompose en une possibilité en amélioration des arbres ou des peuplements non encore exploitables, pour lesquels on ne prélève qu'une fraction de la production biologique, et une possibilité en régénération, qui organise le prélèvement des arbres exploitables en le répartissant équitablement entre les années d'une période donnée.

270. La notion de "disponibilité" constitue une extension de cette notion de possibilité à une échelle plus vaste, régionale ou nationale. Selon Bélouard et Hamza (2004), elle est "la quantité totale de bois qui pourra être prélevée pendant une période et dans une zone données, si l'on applique des règles raisonnables de gestion". Les études de disponibilité se sont succédées en France depuis 1965 mais particulièrement depuis les années 1980 (Balleydier R., Bertrand J., 1982 ; Chevrou *et al.* 1988). Elles ont été réalisées sous l'égide de l'Inventaire Forestier National (aujourd'hui intégré dans l'IGN), de l'Administration ou de l'Ademe, de collectivités territoriales, d'organisations interprofessionnelles ou de groupes industriels, des organisations des forêts publiques (ONF) ou privées (CRPF), par des bureaux d'études, la recherche, souvent avec le concours des établissements d'enseignement supérieur dans le cadre de stages. Levesques *et al.* (2007) en recensent plus de 300 en France.

271. Du point de vue de la demande, la fourniture effective de bois rend compte des besoins, qu'on les considère en termes de prélèvement (qui modifie le stock de biomasse vivante en forêt) ou de récolte (qui considère les seules quantités effectivement sorties de forêt). La différence entre prélèvement et récolte tient aux pertes d'abattage (qui sont exclues de la récolte) mais aussi, le cas échéant, aux conventions de cubage des bois (prise en compte ou non des branches et des extrémités des tiges et branches au-delà d'un certain diamètre). Selon les cas, cette fourniture

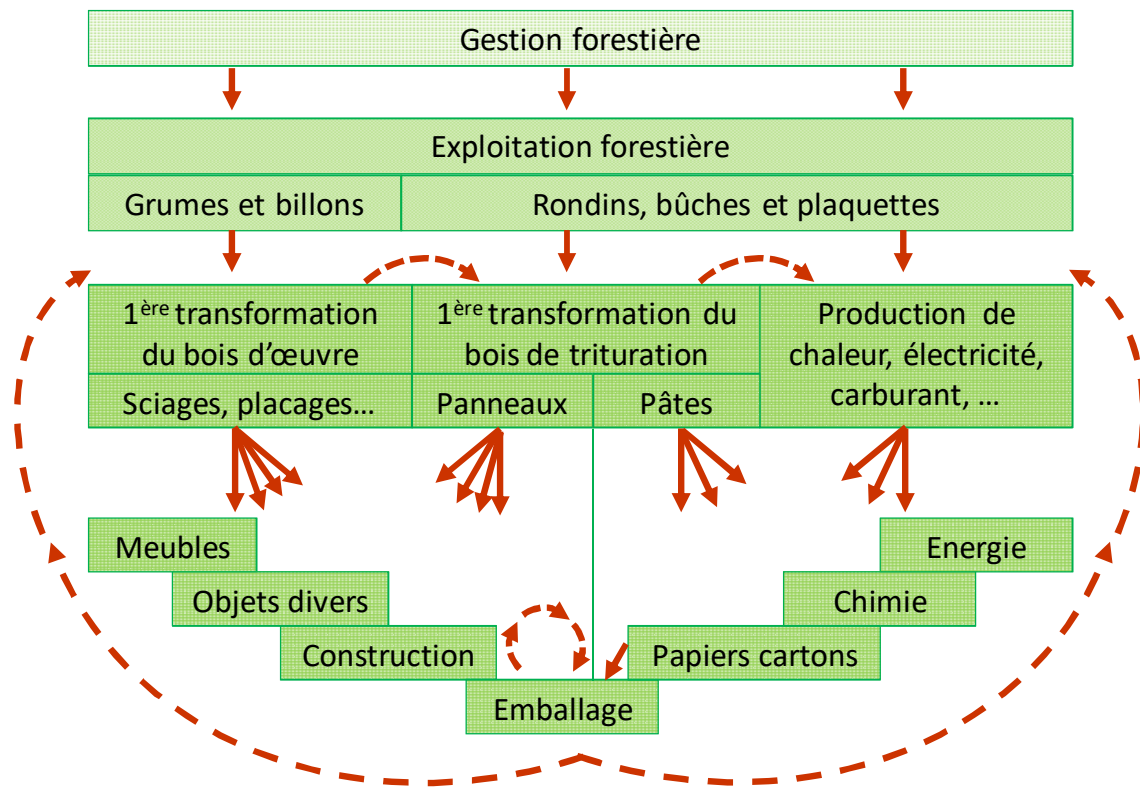


effective de bois sera donc exprimée en prélèvement ou récolte, les deux différant en France métropolitaine d'un facteur moyen qui est de l'ordre de 14% (Colin et Thivolle Cazat, 2016)

272. Le service écosystémique de fourniture de bois ne concerne pas que les forêts mais aussi d'autres formations boisées ou arborées (bosquets, haies bocagères...). Il est cependant limité ici aux forêts. Par ailleurs, celles-ci comprennent des forêts qui, considérées comme étant difficilement accessibles et non disponibles pour la production de bois, ne contribuent pas effectivement à la fourniture de bois. Ce service écosystémique est donc analysé ici au sein des seules forêts disponibles pour la production de bois qui sont en outre celles qui sont suivies de manière très complète, au niveau métropolitain, par l'inventaire forestier national réalisé par l'IGN.

273. Le service de fourniture de bois touche plusieurs catégories de bénéficiaires :

- les propriétaires forestiers en tirent une grande partie de leurs revenus forestiers mais utilisent aussi ce service comme moyen de gestion au profit de l'ensemble des services écosystémiques ainsi que de la santé et de la stabilité de leur forêt face aux menaces potentielles ;
- l'ensemble de la filière forêt-bois fonde ses activités sur le bois qui est mobilisé en forêt (exploitation forestière, transport forestier) puis transformé éventuellement par sciage, fendage, tranchage, déroulage, trituration, imprégnation jusqu'à sa mise en œuvre et à son utilisation dans l'ameublement, des objets divers en bois, la construction, l'emballage, les papiers et cartons, la chimie et l'énergie (figure 8.1) ;
- les consommateurs utilisent les produits en bois ou dérivés du bois, dont l'énergie qui en provient ; ceux-là comptent bien sûr parmi eux les propriétaires forestiers en tant qu'autoconsommateurs de bois ;
- l'ensemble de la société bénéficie des activités engendrées par le bois, à plusieurs niveaux de l'économie nationale :
  - l'emploi est fortement favorisé par un secteur traditionnellement plus intensif en main d'œuvre qu'en capital (Daly-Hassen et Peyron, 1996), même s'il évolue structurellement à la baisse (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.5) ;
  - la balance commerciale de la filière forêt-bois française est depuis longtemps déficitaire et toute activité du bois contribue à atténuer ce déficit (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.8) ;
  - la balance commerciale énergétique est elle aussi déficitaire mais, dans la mesure où les activités du bois réduisent les consommations d'énergie par rapport aux matériaux concurrents et substituent une ressource énergétique nationale à des ressources importées, elles atténuent aussi le déficit de ce commerce extérieur de la France (Maaf, IGN, 2016, synthèse par enjeu de politique publique).



**Figure 8.1.** Schéma de la filière forêt-bois. Sont figurés les compartiments successifs de la gestion forestière, de l'exploitation forestière et de la première transformation. La seconde transformation n'apparaît qu'indirectement à travers les différents secteurs utilisateurs. Les flèches représentent les flux de bois directs (en traits pleins) et secondaires ou différés (en tirets), ces derniers retraçant l'action du recyclage et de la réutilisation en fin de vie. D'après Peyron et Bailly, 2015.

## 8.1.2 Caractérisation du service

### 8.1.2.1 Dimension biophysique : les ressources forestières

274. La fourniture de bois repose en premier lieu sur les forêts disponibles pour la production de bois dont la surface s'élève à 15,6 millions d'hectares en 2010 (moyenne de la période 2008-2012), soit 95% des 16,4 millions d'hectares couverts de forêts (§ 2.3).
275. Sur cette surface disponible pour la production de bois, la population d'arbres se développe à chaque instant, en pratique annuellement, du fait de la productivité primaire nette des arbres, après photosynthèse et respiration autotrophe (§ 4). Cette productivité dépend elle-même du climat (température, précipitations, ensoleillement, vent, humidité atmosphérique...), du sol (éléments minéraux, disponibilité en eau, symbioses racinaires...) et du peuplement (génétique, structure en âges et dimensions...). Pour une forêt en équilibre dans un état optimal, cette productivité correspond à la production biologique nette moyenne annuelle maximale : biologique car elle résulte directement du fonctionnement de l'écosystème ; nette car la mortalité naturelle est soustraite à la production biologique brute ; moyenne par rapport à l'ensemble des classes d'âge présentes ; annuelle pour faciliter les comparaisons ; maximale car cette production varie avec l'âge d'exploitabilité auquel sont récoltés les plus gros arbres et passe par un maximum qui est retenu ici. Elle suppose évidemment que les peuplements soient raisonnablement pleins, sans trouée apparente. Cette production maximale n'est pas calculée couramment en France mais pourrait constituer une référence utile pour une fourniture potentielle de bois de long terme.

276. A défaut d'estimer la production biologique nette annuelle maximale, on se réfère en général à la **production biologique annuelle effective**, telle qu'elle peut être mesurée dans les peuplements en place. Pour 2010 (période 2008-2012) et les forêts françaises métropolitaines disponibles pour la production de bois, la production biologique brute, la mortalité naturelle et la production biologique nette sont respectivement estimées à 91,3, 8,5 et 82,8 millions de mètres cubes bois fort tige<sup>102</sup> par an (Maaf, IGN, 2016, indicateur 3.1)<sup>103</sup>. Cette production biologique nette annuelle rendrait compte de la fourniture potentielle de bois si elle émanait d'une ressource équilibrée en âge ou dimension des arbres et si l'état d'équilibre obtenu était jugé satisfaisant. Dans tous les autres cas, elle n'est qu'un indicateur pouvant s'écarter substantiellement du prélèvement techniquement et stratégiquement souhaitable. Elle est cependant couramment utilisée, notamment pour le calcul d'un taux de prélèvement de bois tel qu'il est proposé dans le cadre paneuropéen de Forest Europe pour la production d'indicateurs de gestion forestière durable. Un tel taux rapporte les prélèvements annuels effectifs à la production biologique nette annuelle. **Il est en France de l'ordre de 50%** (Peyron et Hervé, 2012 ; Maaf, IGN, 2016). Le fait qu'il soit très significativement inférieur à 100% a orienté la politique forestière française et son Programme national de la forêt et du bois (Maaf, 2017) vers une augmentation progressive des prélèvements de bois.

277. En théorie, tout stock de bois sur pied pourrait être considéré comme exploitable. Cependant, le bois n'est ni utilisable, ni utilisé dès lors qu'il est produit. Il faut attendre que les arbres atteignent un état de développement les rendant exploitables. Cette affirmation résulte de nombreuses raisons :

- il faut couramment plusieurs décennies pour qu'un arbre puisse se régénérer ; ce délai constitue donc une contrainte si le mode de renouvellement envisagé est la régénération naturelle ;
- la production primaire d'un arbre évolue fortement avec sa grosseur pour ne décliner qu'en toute fin de vie (Stephenson *et al.*, 2014) ; celle d'un peuplement régulier qu'on laisse vieillir commence aussi par augmenter avant de décliner progressivement, notamment sous l'effet de la réduction du nombre d'arbres par unité de surface (Vannière, 1984) ; il existe un optimum de production et donc un intérêt à ne récolter les arbres ni trop jeunes, ni trop vieux ; cet optimum varie cependant selon le système de production et peut être faible dans des systèmes intensifs de taillis où l'on favorise une forte densité, fertilise les sols et compte sur les réserves stockées dans l'ensouchement préexistant aux rejets (Berthelot, Gavaland, 2007) ; cependant, assez généralement, l'avenir des arbres est une composante importante à prendre en compte, en premier lieu pour des considérations purement quantitatives ;
- du point de vue des cycles biogéochimiques, l'exploitation d'arbres trop jeunes se traduit par une forte exportation minérale (hors du milieu naturel) et donc par une perte potentielle de fertilité des sols ;
- certains usages (bois d'œuvre) nécessitent par nature des arbres gros, donc suffisamment âgés ; c'est d'autant plus vrai pour les essences, chêne notamment, dont les tiges possèdent à leur périphérie un aubier large et de moindre qualité que le duramen (ou bois de cœur) qu'il enserre ;
- du point de vue économique, les coûts d'exploitation sont plus forts par unité de volume pour des petits bois tandis que les prix sont en moyenne plus faibles, si bien que le service de fourniture de bois n'est pas bien caractérisé pour de petites tiges (Lecocq, 2008).

**C'est pourquoi le stock de gros arbres joue aussi un rôle particulier**, aux côtés de la production biologique nette annuelle, pour la définition du service de fourniture potentielle de bois. En 2010 (période 2008-2012) et pour les forêts françaises métropolitaines disponibles pour la production de bois, les bois gros et très gros bois (au-delà de 47,5 cm de diamètre à hauteur de poitrine) représentent 0,6 milliards de mètres cubes de bois fort tige, soit 24% du stock total (Maaf, IGN, 2016, indicateur 1.2).

---

<sup>102</sup> Volume aérien de la tige (hors branches) jusqu'à la découpe 7 cm de diamètre (hors parties plus fines que ce seuil).

<sup>103</sup> Le domaine de référence est ici la forêt de production (15,6 millions d'hectares) et les chiffres sont issus des résultats de l'inventaire forestier. Cela explique les différences avec les estimations réalisées pour toute la forêt (16,4 millions d'hectares) présentées en Annexe 4.

278. Les éléments qui précèdent montrent que l'offre potentielle du service de fourniture de bois ne peut être purement caractérisée à l'aide d'éléments objectifs : elle fait forcément intervenir des considérations fondées sur l'objectif de production qui conduit à éclaircir plus ou moins fortement en amélioration et à renouveler plus ou moins rapidement les arbres ou peuplements atteignant l'âge d'exploitabilité.
279. De nombreuses études ont ainsi calculé **la disponibilité en bois de la France**. La dernière en date est celle réalisée par Colin et Thivolle-Cazat (2016) sur la base des données de l'inventaire forestier national. La méthode utilisée part d'une décomposition de la forêt en domaines et classes de maturité (âge ou diamètre) auxquels on applique des options de gestion sylvicole (par exemple en prolongeant les pratiques actuelles ou bien en renforçant le taux de prélèvement). Colin et Thivolle-Cazat (2016) montrent ainsi que la récolte pourrait augmenter de 16% d'ici à 2035 avec l'option sylvicole actuelle, du fait de l'évolution en âge et diamètre de la forêt française, mais pourrait augmenter de 41% avec une option de gestion progressivement plus dynamique.
280. En parallèle à de telles études détaillées, il est également possible de proposer un indicateur de fourniture potentielle de bois fondé sur les considérations précédentes et découlant des formules classiques de calcul de la *possibilité* telles qu'elles sont couramment appliquées dans le cadre des techniques de planification de la gestion forestière (aménagement forestier). Cet indicateur lie clairement la disponibilité à la production biologique nette, d'une part, dont une fraction est régulièrement récoltée dans le cadre de l'amélioration des peuplements en place, et d'autre part au volume de bois atteignant ou dépassant la dimension objectif, dont une fraction doit également être récoltée dans le cadre de la régénération des peuplements en place. Il s'exprime sous la forme :  
(Formule 8.1)  $D = a \cdot A + E/d$ , où :
- $D$  est la disponibilité ou quantité de bois disponible dans le cadre du service de fourniture de bois ;
  - $A$  est la production biologique nette annuelle (ou accroissement courant net) des bois
  - $a$  est la fraction de l'accroissement net qu'on prélève en moyenne au cours du temps en amélioration avant régénération.
  - $E$  est le volume de bois sur pied au-delà d'un seuil d'exploitabilité, qu'il s'agit de récolter progressivement pour assurer le renouvellement des arbres et peuplements arrivés à maturité ;
  - $d$  est la durée que l'on se donne pour résorber le volume  $R$  de bois arrivant à exploitabilité.
281. À l'instar des analyses de disponibilité qui testent d'abord la poursuite des pratiques sylvicoles actuelles avant d'envisager des options différentes de gestion, il est utile d'estimer les deux paramètres  $a$  et  $d$  dans le cadre de la gestion actuelle. Il faut d'abord se fixer un seuil d'exploitabilité qui pourrait varier selon les types de peuplements (selon notamment leur composition et leur structure) et qu'il est proposé ici de se fixer à 47,5 cm de diamètre à 1,3 m de hauteur. Sont alors connus  $D$ ,  $A$ , et  $E$  mais une seule équation ne suffit pas à déterminer deux inconnues ( $a$  et  $d$ ). Une hypothèse supplémentaire est nécessaire, qui consiste à isoler les arbres qui sont en dessous de l'âge d'exploitabilité et pour lesquels on peut écrire :
- (Formule 8.2)  $D' = a \cdot A'$ , où :
- $D'$  est la disponibilité ou le prélèvement des arbres de diamètre inférieur au seuil d'exploitabilité
  - $A'$  désigne la production biologique nette annuelle de ces seuls mêmes arbres.
- Cette procédure permet de déterminer le paramètre  $a$  sur les arbres n'ayant pas atteint l'âge d'exploitabilité, qui est ensuite appliqué à l'ensemble des arbres pour tenir compte des opérations continues d'amélioration jusqu'à la coupe définitive. Appliquée à l'ensemble de la France métropolitaine pour les résineux et les feuillus, cette procédure conduit aux résultats du tableau 8.1.

**Tableau 8.1.** Évaluation des coefficients de prélèvement des bois en amélioration et régénération de l'indicateur de disponibilité en bois lorsque celui-ci est calé sur les prélèvements actuels. Cette évaluation distingue les petits bois et bois moyens (PBBM), d'une part, et les gros et très gros bois (GTGB), d'autre part. Source des données : inventaire forestier national de l'IGN pour la période 2005-2012 (d'après Maaf, IGN, 2016).

Domaine	Prélèvements PBBM 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	Production nette PBBM 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	Fraction de la production prélevée %	Production nette totale 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	Prélèvements totaux 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	Volume sur pied GTGB 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Durée de résorption GTGB années
Feuillus	15,5	44,1	35%	49,5	20,2	387	138
Résineux	16,0	28,7	56%	33,3	21,2	212	80
Ensemble	31,5	72,8	43%	82,8	41,4	599	107

282. Ces résultats montrent que 43 % de la production biologique nette est prélevée en amélioration en moyenne dans les forêts françaises métropolitaines disponibles pour la production de bois tandis qu'on récolte chaque année moins de 1% du volume des bois gros et très gros (1/107). Ces deux fractions sont nettement supérieures pour les résineux à ce qu'elles sont pour les feuillus. Si on fait l'hypothèse d'un changement de sylviculture qui prélèverait en feuillus des proportions de la production biologique nette et du volume des gros et très gros bois identiques à ce qu'elles sont en réalité pour les résineux, alors on obtiendrait une disponibilité égale à :

$$D = 0,56 \times 82,8 + \frac{599}{80} = 53,9 \text{ } 10^6 \text{ m}^3 \text{ au lieu de } D = 41,4 \text{ } 10^6 \text{ m}^3, \text{ soit une augmentation de 30\%}.$$

283. La disponibilité brute que l'on peut évaluer sur l'ensemble des forêts disponibles pour la production de bois ignore certaines contraintes liées à la topographie (pente), au terrain (géomorphologie, portance), à l'équipement de la forêt (routes et pistes, distance de débardage), aux techniques d'exploitation forestière (pertes d'exploitation) et aux coûts éventuels associés (rentabilité économique). L'inventaire forestier national de l'IGN pour les forêts françaises métropolitaines répartit les forêts disponibles pour la production selon des classes d'exploitabilité (Maaf, IGN, 2016, indicateur 3.1.1). Cette répartition ne concerne qu'une partie des critères listés ci-dessus. Elle montre par exemple que 68% des surfaces sont d'exploitabilité facile à moyenne, portent 69% des volumes et sont exploitées selon un taux de prélèvement de 55%, nettement plus élevé que celui des surfaces d'exploitabilité difficile ou très difficile (33%). Les pertes d'exploitation dépendent de la grosseur des arbres, de leur conformation et des conditions économiques. Elles sont évaluées en moyenne en France à 14% (Colin et Thivolle Cazat, 2016). Le développement actuel de la demande en bois énergie pose la question d'une éventuelle augmentation de la récolte de « menus bois » qui tendrait à réduire la proportion de « rémanents » et donc de ces pertes d'abattage.

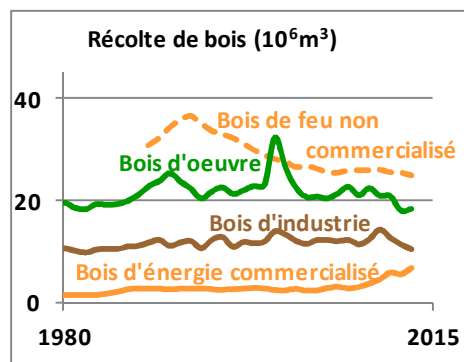
284. Finalement, la dimension biophysique de la fourniture de bois fait largement intervenir la surface des forêts susceptibles de faire l'objet d'une exploitation forestière, la production biologique nette des peuplements portés par cette surface, le volume des bois ayant dépassé un seuil à partir duquel ils peuvent être considérés comme exploitables à titre principal et différentes modulations liées aux contraintes physiques et socio-économiques d'une récolte. Compte tenu de ces contraintes mais aussi, de manière plus générale, du temps long qui caractérise la production forestière, il apparaît difficile de séparer dimensions biophysique et socio-économique.

### 8.1.2.2 Dimension socio-économique :

285. La récolte de bois alimente toute une filière industrielle qui a particulièrement été étudiée en France à partir des années 1970 (Guillon, 1975) et continue à l'être dans le cadre des comptes économiques de la forêt, d'une part, des indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, d'autre part (Figure 8.1 ; Niedzwiedz et Montagné-Huck, 2015 ; Maaf, IGN, 2016, indicateurs 3.2, 6.2 à 6.9). Depuis 1980, la récolte de bois d'œuvre et d'industrie est restée relativement constante, marquée surtout par la croissance économique de la fin des années 1980 et les effets des tempêtes de 1999 et 2009. En revanche, la récolte commercialisée de bois de feu s'est largement développée,

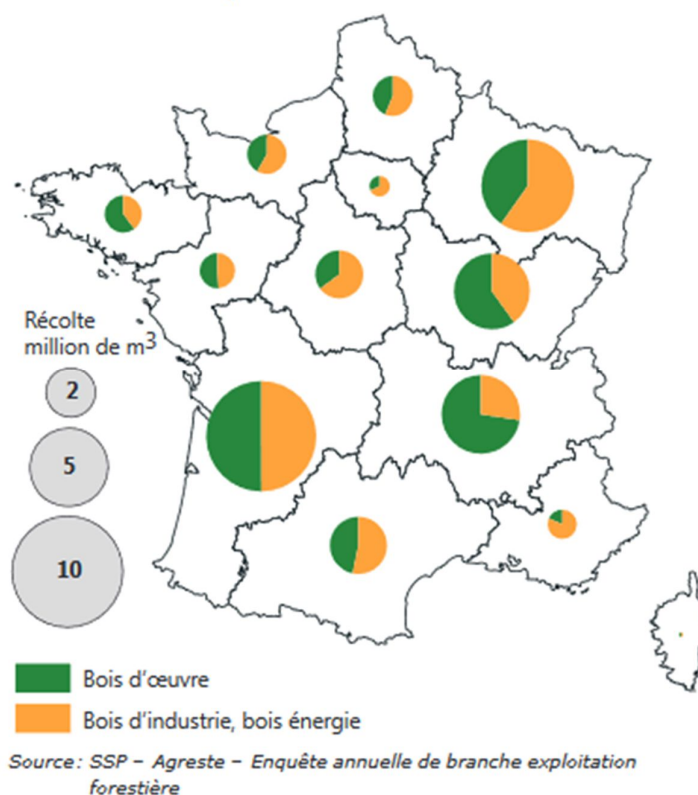
avec une accélération au cours de la dernière décennie (+2,7% par an entre 1980 et 2007, +15% par an entre 2007 et 2015). Au total, la récolte commercialisée de bois ronds s'est élevée à 37,7 millions de mètres cubes en 2014, contre environ 30 millions de mètres cubes vers 1980 (Maaf, IGN, 2016, indicateur 3.2 ; Figure 8.2). La répartition régionale de cette récolte est représentée sur la figure 8.3 et montre l'importance de l'Est et du Sud-Ouest de la France.

**Figure 8.2.** Évolution de la récolte de bois ronds entre 1980 et 2014. La récolte non commercialisée de bois de feu (autoconsommation) est distinguée de la récolte commercialisée qui est elle-même répartie en trois catégories : bois d'œuvre, d'industrie, d'énergie (Sources : Maaf, IGN, 2016, indicateur 3.2).



**Figure 8.3.**

### Récolte de bois commercialisé par région et par destination en 2015

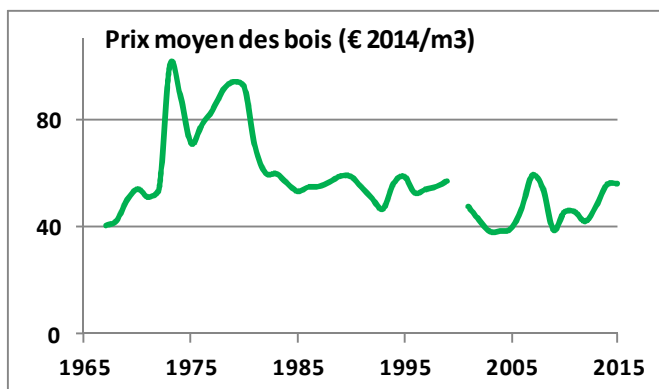


286. De manière complémentaire aux volumes récoltés, le prix de marché des bois ronds sur pied rend aussi compte de l'importance économique accordée aux usages du bois. La figure 8.4 montre clairement la nécessité d'analyser le prix des bois sur longue période. On y retrouve :

- l'impact fort des deux chocs pétroliers de 1973 et 1979/80 qui ont conduit à multiplier par deux ou trois le prix des bois sur une courte période ; cette augmentation n'a pas concerné que le bois destiné à l'énergie mais aussi le bois d'œuvre du fait, notamment, du caractère économe en énergie de la transformation du bois ; l'effet de l'augmentation du prix du pétrole sur le prix des bois se retrouve aussi en 2008 ;

- l'effet des tempêtes de 1999 qui ont totalement désorganisé le marché des bois et interrompu temporairement la série statistique ;
- une certaine stabilité globale à long terme et donc un intérêt soutenu susceptible d'être renforcé au moindre renchérissement du prix de l'énergie.

**Figure 8.4.** Évolution du prix moyen du mètre cube de bois sur le dernier demi-siècle (1965-2015) en euros 2014 déflatés avec l'indice Insee de pouvoir d'achat du franc et de l'euro. D'après les données annuelles relatives aux grandes ventes de bois de l'Office national des forêts.



287. Une caractéristique de l'économie du bois est la place importante qu'occupe, au sein de la récolte de bois ronds, une part non commercialisée, relevant de ce qu'on appelle l'autoconsommation de bois, qui recouvre l'approvisionnement en bois de chauffage des propriétaires forestiers et des affouagistes (habitants disposant du droit de récolter du bois dans des lots expressément désignés de la forêt de leur commune, selon des modalités précises). Du fait de son caractère informel, cette récolte non commercialisée ne s'évalue pas facilement mais est estimée à 24,6 millions de mètres cubes pour l'année 2014 (Maaf, IGN, 2016, indicateur 3.2).

288. Le bois d'œuvre rassemble les meilleures qualités avec toutefois une certaine hétérogénéité entre des usages à haute valeur ajoutée (bois de lutherie, bois de placage, bois à merrain pour la fabrication des barriques de vin, bois d'ameublement...) et des produits d'usage plus courant en emballage ou construction (charpentes, palettes, coffrages...). Au cours des dernières décennies, sa récolte a augmenté pour revenir à son niveau des années 1970, avec cependant une réduction du bois d'œuvre feuillu et une augmentation du bois d'œuvre résineux qui représente, en 2014, 75% du bois d'œuvre contre 56% vers 1970.

289. Dans quelle mesure cette récolte française de bois ronds répond ou non aux besoins ? L'analyse du commerce extérieur de la France fait apparaître deux phénomènes (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.5) :

- le commerce extérieur des bois ronds est excédentaire, de l'ordre de 3,4 millions de mètres cubes et 150 millions d'euros en 2014 ;
- le commerce extérieur à l'aval de la filière est globalement déficitaire, de l'ordre de 10,2 millions de mètres cubes et 4650 millions d'euros en 2014 ; cette réalité vaut pour la majorité des produits à l'exception des panneaux en bois reconstitué et des vieux papiers ainsi que des emballages en bois lorsqu'ils sont considérés en valeur.

La France ne satisfait donc pas complètement ses besoins à partir de ses propres ressources alors même qu'elle n'exploite pas entièrement le service potentiel de fourniture de bois de ses forêts. Sa propre récolte commercialisée ou non de bois ronds, qui s'élève en 2014 à 62,3 millions de mètres cubes, est complétée par des importations nettes de produits correspondant à l'équivalent de 6,8 millions de mètres cubes supplémentaires (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.8). Elle satisfait donc environ 90% des besoins de la France et 75% environ de ses besoins industriels (hors tout bois énergie). Les postes exportateurs nets concernent de plus largement des produits bruts (bois ronds, récupération de vieux papiers), tandis que les postes importateurs majeurs concernent des produits élaborés (papiers cartons, ameublement), ce qui dénote un déficit de valeur ajoutée.

290. La sylviculture et l'exploitation forestière contribuent directement au Produit intérieur brut (PIB) de la France à hauteur 0,1% environ. Le reste de la filière engendre une contribution additionnelle de 0,4 à 0,5% du PIB environ (Maaf-IGN, 2016, indicateur 6.2). Une partie de cette contribution additionnelle est cependant due à des importations de produits semi-transformés plus qu'à la

ressource locale. Finalement, pour 1€ de valeur ajoutée directement par la sylviculture et l'exploitation forestière, on peut estimer la valeur ajoutée indirectement par le reste de la filière forêt-bois à environ 4 €<sup>104</sup>. Dans son ensemble, la valeur ajoutée de la filière a été évaluée à environ 12 milliards d'euros et sa contribution au PIB de la France est ainsi de 0,5 à 0,6%, chiffre en nette diminution comme de façon générale celui des secteurs primaire et secondaire face à l'explosion des activités de service.

291. Une grande partie (de l'ordre de 70%) de cette valeur ajoutée sert à rétribuer les emplois de la filière forêt-bois qui rassemble des activités peu capitalistiques à l'exception de quelques domaines comme l'industrie papetière. La part des employés de la filière forêt-bois dans la population active est donc plus élevée (0,9% vers 2010) que celle de la valeur ajoutée par la filière dans le PIB de la France (0,6% vers 2010). Le nombre d'emplois salariés et indépendants est estimé pour 2010 aux alentours de 230 000 dans les branches sylviculture et exploitation forestière, travail du bois et fabrication d'articles en bois, industrie du papier et du carton, fabrication de meubles (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.5). Ces chiffres sont légèrement surestimés du fait qu'ils intègrent l'ensemble de l'ameublement et pas seulement l'ameublement en bois. Mais ils sont également sous-estimés du fait qu'ils ne prennent pas en compte une quantité importante d'emplois de mise en œuvre du bois dans la construction qui sont en dehors des branches mentionnées ci-dessus. Ce fait explique que le chiffre de 440 000 emplois soit mentionné par ailleurs dans le Contrat de filière du Comité stratégique de la filière-bois (CNI-CSF Bois, 2014) et le Programme national de la forêt et du bois (Maaf, 2017).
292. Le commerce extérieur de la filière forêt-bois, comme cela a été vu plus haut, est notoirement déficitaire depuis de nombreuses années mais il ne se creuse plus, oscillant entre 4 et 6 milliards d'euros 2014 par an (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.8). Cependant, la filière forêt-bois influe sur la balance commerciale de la France au-delà de son propre périmètre ; elle limite en effet la facture énergétique de la France en fournissant du bois énergie et en étant particulièrement économe en énergie dans ses procédés de transformation par rapport à ses principaux concurrents. Cet effet varie selon les années avec le prix du baril de pétrole mais s'avère du même ordre de grandeur que le déficit direct du commerce extérieur de la filière, au niveau de quelques milliards d'euros (Maaf, IGN, 2016, p.21).
293. Le bois participe au cadre de vie dans l'habitat du fait de son caractère naturel, de son esthétique, de son acoustique, de l'agrément et de la chaleur qu'il procure aussi bien en tant que matériau qu'énergie. Il contribue à la construction de bâtiments collectifs en offrant des solutions pour les charpentes à grande portée et faible poids (par rapport aux matériaux concurrents). A contrario, il est souvent identifié comme inflammable et risqué, ce qui lui vaut d'être pénalisé dans les documents techniques unifiés rassemblant les normes de construction alors qu'il peut être rendu inflammable et qu'il fait preuve d'une certaine résistance au feu.
294. L'exploitation forestière est réputée comme étant l'un des métiers les plus concernés par les accidents du travail et maladies professionnelles (Maaf, IGN, 2016, indicateur 6.6). Des progrès sont cependant notés dans ce secteur.

---

<sup>104</sup> En 2014, la récolte destinée à l'industrie a été de 37,7-7,1=30,6 millions de mètre cubes. Les importations nettes de la filière se sont élevées à 10,2 millions de mètres cubes d'équivalent bois ronds pour porter les besoins totaux en bois ronds industriels de la France à 40, 8 millions de mètres cubes auxquels la ressource française contribue donc à hauteur de 75%. La valeur ajoutée brute par la sylviculture et l'exploitation forestière a été de l'ordre de 2,3 milliards d'euros (G€) tandis que celle du reste de la filière avoisinait les 10 G€. Dans la mesure où la France importe des produits déjà relativement transformés, on peut estimer que les ressources locales pèsent relativement plus dans la valeur ajoutée par la filière bois que les ressources importées. Si elles pèsent à 90% plutôt qu'à 75%, alors la valeur ajoutée par les ressources locales dans l'aval de la filière-bois vaudrait 9 G€ soit environ une multiplication par 4 de la valeur ajoutée par la sylviculture et l'exploitation forestière en amont de la filière.



## 8.1.3 Principaux déterminants du service écosystémique de fourniture de bois

### 8.1.3.1 Des déterminants nombreux

295. Au-delà de la surface sur laquelle le bois est susceptible d'être exploité, le niveau du service de fourniture de bois repose sur une grande variété de déterminants qui concernent le milieu physique, l'état du peuplement, les objectifs de gestion planifiés dans le temps, enfin le contexte économique et social. Ces différents aspects sont repris dans les paragraphes qui suivent.
296. Le milieu physique intervient à la fois par ses conditions naturelles et les équipements qui le modifient. Le climat, le relief, le sol sont fondamentaux pour expliquer la croissance forestière. Ces conditions naturelles peuvent être amendées par un réseau de drainage pour limiter des phénomènes d'engorgement ou par des pratiques d'amendement ou de fertilisation. Le réseau de desserte joue sur la faisabilité technico-économique de l'exploitation et s'avère intimement lié aux conditions naturelles auxquelles il doit s'adapter. En outre certains objectifs de gestion peuvent altérer le milieu s'ils engendrent une trop grande exportation d'éléments minéraux ou provoquent des tassements du sol. Ils modifient alors la production de bois à long terme. Inversement, les risques naturels ne sont jamais exclus et peuvent entraîner une exploitation forcée des bois.
297. L'état du peuplement joue par sa composition en essences selon l'adaptation de celles-ci à la station, leur productivité et la qualité de leur bois qui vont influencer sur la production biologique et le prix des bois. Il intervient aussi par son régime (taillis ou futaie) et sa structure en stades de développement mais ces aspects importent surtout en lien avec les objectifs de la gestion.
298. Les objectifs de gestion se traduisent par la définition d'un état futur qui peut être proche de l'état initial ou s'en démarquer de façon significative. Ils influent de manière immédiate, différée ou étalée dans le temps selon les cas. La fixation du calendrier des récoltes finales (âge d'exploitabilité) peut avoir un effet rapide sur la fourniture de bois. En revanche, le choix des essences futures agit de façon différée. La modification de l'intensité des éclaircies produit quant à elle des effets étalés dans le temps et en partie différés : elle modifie durablement la récolte de bois en amélioration, elle est susceptible de limiter la mortalité des arbres à l'avenir en réduisant la compétition entre arbres, elle modifie la conformation des arbres restants et donc leur débouché. La décision de convertir un taillis en futaie retarde la récolte du peuplement et substitue des opérations d'amélioration (éclaircie) à la coupe de taillis normalement prévue.
299. Le contexte économique et social peut intervenir de deux manières :
- en inspirant les objectifs de gestion
  - en gênant la mise en œuvre des objectifs de gestion si les conditions de leur réalisation ne sont pas réalisées.

La situation française actuelle est éloquent à cet égard : les besoins en bois de la France ne sont que partiellement couverts par les ressources intérieures et il y a donc place pour une augmentation de la récolte. Par ailleurs, une partie substantielle de la récolte est exportée et transformée hors de l'hexagone, ce qui pourrait indiquer que la demande intérieure est insuffisante ou ne correspond pas à l'offre. Cette situation dure depuis longtemps et laisse penser que des freins socio-économiques sont à l'œuvre aussi bien du côté de l'offre que de la demande

- l'offre de bois en France est hétérogène en essences et qualité, pas toujours très accessible, morcelée entre de nombreux propriétaires pour lesquels la sylviculture n'est pas une profession ; elle est largement feuillue alors que les usages industriels français de cette ressource ont décliné au cours des dernières décennies ;
- les scieries sont en moyenne de petite taille, subissent une concurrence forte de la part des grandes entreprises étrangères ou dans secteurs concurrents du bois ; les besoins des industries de seconde transformation concernent des lots de résineux homogènes en qualité, séchés, livrables en grandes quantités dans des délais précis.

C'est pourquoi la politique forestière actuelle met l'accent sur le développement industriel (contrat stratégique de filière) et une meilleure valorisation des ressources en bois (Programme national de la forêt et du bois).

### **8.1.3.2 Variation du niveau de service selon les grands types de forêt de l'EFESE (schéma états-transitions)**

300. Parmi les six grands types de forêts identifiés dans le cadre du schéma états-transitions, trois sont fournisseurs de bois ronds : les plantations, les taillis et les futaies semi-naturelles qui représentent ensemble 14,1 millions d'hectares et pour lesquels les prélèvements sont respectivement estimés à 6,9 m<sup>3</sup>/ha, 0,7 m<sup>3</sup>/ha et 2,7 m<sup>3</sup>/ha (tableau 8.2)<sup>105</sup>.
301. Les différences entre les niveaux de service montrent que les prélèvements moyens dans les plantations sont nettement plus élevés que dans les autres formations et représentent finalement 30% des prélèvements totaux sur 13% des surfaces disponibles pour la production de bois. A l'inverse, le taillis est peu productif et fournit 6% des prélèvements sur 11 % des surfaces.
302. Lors des transitions entre états, le niveau de fourniture de bois n'évolue évidemment pas immédiatement dans le sens indiqué par les chiffres moyens. Une conversion de taillis en futaie peut d'abord conduire à retenir l'offre de bois lorsque les coupes de taillis font place à des coupes d'amélioration (balivage) par exemple.

---

<sup>105</sup> Tous les calculs sont donnés dans l'Annexe 4.

**Tableau 8.2 : Fourniture de bois pour les différents états de la forêt\*\***

Les données sont fournies en volume bois fort tige de prélèvement annuel à l'hectare, à comparer à une valeur moyenne sur l'ensemble des forêts métropolitaines de 2,7 m<sup>3</sup>/ha/an.

<p><b>E1</b></p> <p><b>Milieux forestiers ouverts</b></p> <p>--</p> <p><i>Le prélèvement est estimé négligeable (0 m<sup>3</sup>/ha/an)</i></p> <p><i>Ces milieux ne sont pas favorables à la fourniture de bois en raison de l'insuffisance de l'âge de leurs arbres et de leur densité en tiges.</i></p>	<p><b>E2 - Plantations</b></p> <p>++</p> <p><i>Le prélèvement annuel dans les plantations s'élève à 6,9 m<sup>3</sup>/ha/an</i></p> <p><i>Les plantations de production sont adaptées à la fourniture de bois. Elles sont en général issues de matériel génétique amélioré qui leur confère une productivité élevée. Elles sont censées bénéficier d'une sylviculture dynamique visant la production rapide de bois d'œuvre.</i></p> <p><i>Les plantations de protection répondent à une logique différente et ne sont en général pas aisément exploitables.</i></p>	<p><b>E6</b></p> <p><b>Milieux forestiers matures</b></p> <p>--</p> <p><i>Le prélèvement est estimé négligeable (0 m<sup>3</sup>/ha/an)</i></p> <p><i>La fourniture de bois n'est plus leur objectif prioritaire (elle peut exceptionnellement le redevenir pour certaines formations de cette catégorie).</i></p>
	<p><b>E3 - Taillis</b></p> <p>--</p> <p><i>Le prélèvement annuel est estimé à 0,7 m<sup>3</sup>/ha/an)</i></p> <p><i>Les peuplements de taillis sont normalement dévolus à la fourniture périodique de bois de feu. En réalité, de nombreux taillis sont âgés et produisent peu de bois.</i></p>	
	<p><b>E4 - Futaies semi-naturelles</b></p> <p>-</p> <p><i>Le prélèvement annuel est estimé à 2,7 m<sup>3</sup>/ha/an</i></p> <p><i>La fourniture de bois de qualité est souvent l'objectif de ces formations qui sont toutefois en moyenne moins productives que les plantations et les taillis.</i></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b></p> <p>--</p> <p><i>Prélèvements : 0 Mm<sup>3</sup>/ha/an</i></p> <p><i>Ces formations ne sont pas dévolues à la fourniture de bois.</i></p>	

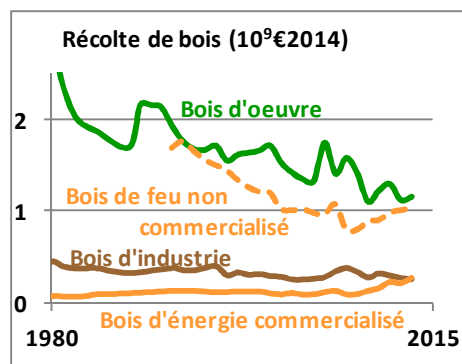
\*\*Le niveau de service (système de notation à 4 niveaux : -- / - / + / ++ ) est estimé à partir des prélèvements de bois (en volume bois-fort tige à l'hectare) qui résultent d'estimations à partir de données de l'Inventaire forestier national de l'IGN. Pour plus d'informations sur les calculs consulter l'Annexe 4.

## 8.1.4 Valeurs du service et discussion

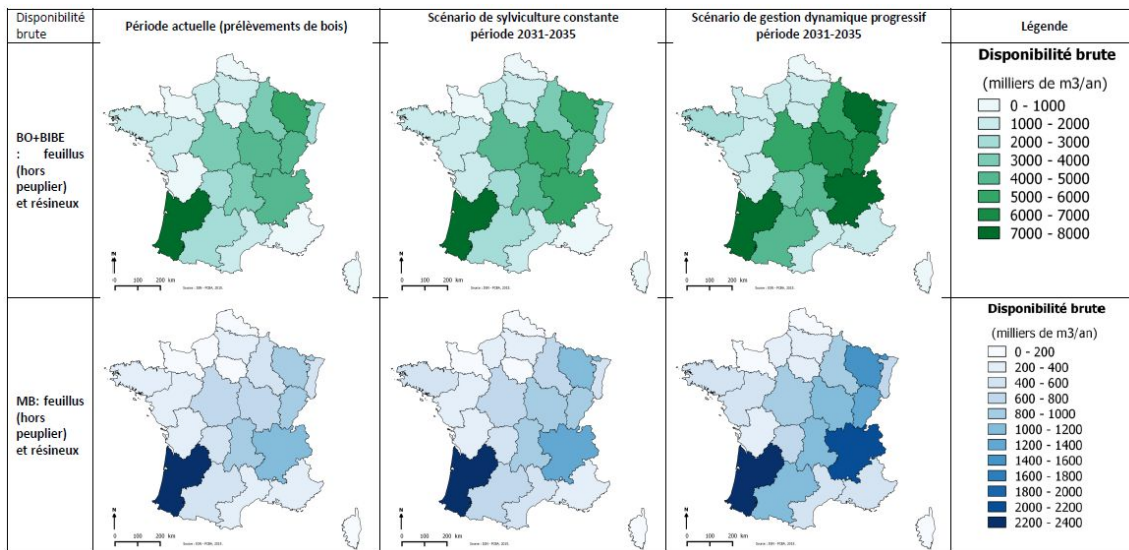
303. La fourniture de bois est largement un service marchand dont l'évaluation repose donc sur les prix du bois. Le suivi de ces prix fait l'objet de plusieurs sources particulières (Niedziedz *et al.*, 2016). Des efforts récents ont porté sur le calcul d'indice de prix des bois mais la principale source d'information sur les prix du bois sur pied reste fondé sur les résultats des grandes ventes d'automne publiés par l'Office national des forêts pour les principales essences de la forêt française (chêne, hêtre, sapin, épicéa, pin sylvestre, pin maritime) décomposées en trois catégories de dimension pour les feuillus et deux pour les résineux, avec également un prix moyen des bois de taillis feuillus et de l'ensemble des essences et catégories. Le suivi du prix des bois sur pied des essences secondaires est plus compliqué alors que ces essences peuvent être précieuses. Globalement, les analyses du prix des bois restent encore insuffisantes en France et mériteraient une plus grande attention.
304. Le Ministère chargé de l'agriculture et de la forêt (Maaf) a suivi par ailleurs jusqu'en 2010 la valeur finale des bois après exploitation. A la valeur des bois sur pied s'ajoutent donc dans ces données les coûts de l'exploitation forestière. Cette série a été prolongée par le Laboratoire d'économie forestière de Nancy à partir de données d'indice de prix des bois produites par le Service de statistiques et de prospective (SSP) du Maaf. Ces données couvrent l'ensemble des essences. Elles permettent de chiffrer la valeur des bois récoltés en 2014 à 1 860 millions d'euros (M€) pour les bois commercialisés, et d'estimer la valeur des bois non commercialisés à 1 029 M€ supplémentaires, soit au total 2 889 M€ (Maaf, IGN, 2016, indicateur 3.2). La valeur globale du service a évolué à la baisse au cours des dernières années, principalement du fait de la diminution du bois de feu non commercialisé et du bois d'œuvre commercialisé (figure 8.5).

**Figure 8.5.** Évolution de la valeur de la récolte de bois ronds entre 1980 et 2014. La récolte non commercialisée de bois de feu (autoconsommation) est distinguée de la récolte commercialisée qui est elle-même répartie en trois catégories : bois d'œuvre, d'industrie, d'énergie (Sources : Maaf, IGN, 2016, indicateur 3.2).

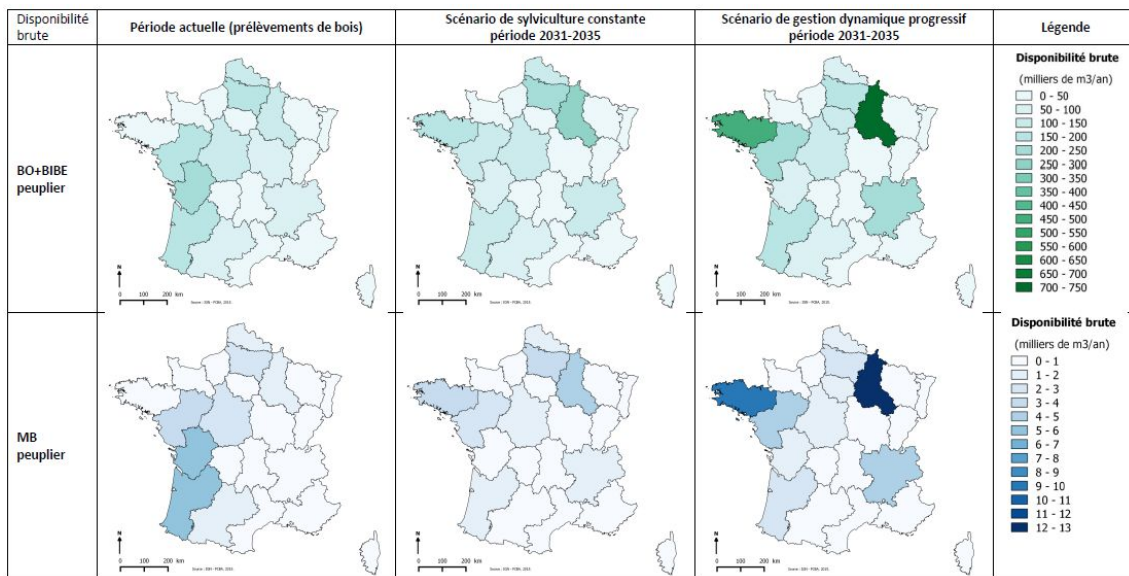
Cette figure est le pendant de la figure 8.2 en volume.



305. Les projections relatives à l'évolution du service dans les années futures concernent exclusivement les quantités (figures 8.6 et 8.7) mais pourraient être estimées en valeur sous des hypothèses de constance des prix ou, au contraire, d'augmentation des prix en liaison avec une éventuelle tension des marchés de l'énergie.



**Figure 8.6.** Projections d'évolution de la récolte de bois (hors peuplier) à l'horizon 2035 sous deux scénarios de gestion (D'après Colin et Thivolle-Cazat, 2016).



**Figure 8.7.** Projections d'évolution de la récolte de bois de peuplier à l'horizon 2035 sous deux scénarios de gestion (D'après Colin et Thivolle-Cazat, 2016).

## 8.2 Fourniture de gibier (fiche résumée)

### 8.2.1 Présentation du service

- **Définition et périmètre**

306. La chasse est à la fois une activité économique qui produit des biens (le gibier) et un loisir pour ceux qui la pratique (un service culturel). Contrairement à la position retenue par le CAS (2009) - qui considère la chasse comme un service culturel - nous évaluons ici la valeur des biens tirés de l'écosystème par la pratique de la chasse (gibier ou venaison). On distingue deux catégories de biens :

- Grand gibier de plaine (sangliers, chevreuils, cerfs) et de montagne (chamois, isards, mouflons, bouquetins) ainsi que deux espèces marginales (daim et cerf Sika)
- Petit gibier (faisans, grives, lapins, etc.).

307. Les grands herbivores sont responsables de dommages aux cultures, à la sylviculture (régénération), de collisions avec les véhicules ou de transmission de maladies vers les animaux domestiques ou les hommes (*cf.* Encadré contraintes p 97). Ces effets sont parfois considérés comme des externalités négatives de la chasse (qu'il faudrait retirer à la valeur économique globale de l'activité – *cf.* CAS, 2009). Les chasseurs contribuent néanmoins (en retour) à réguler les populations et à prévenir les dégâts (clôtures, agrainage de dissuasion ....). La contribution des chasseurs à la régulation des espèces (par leurs prélèvements) n'est pas un service écosystémique mais un service environnemental (dont les bénéficiaires seraient les agriculteurs et forestiers, et la société de manière générale pour le risque sanitaire et de collision avec des véhicules).

- **Écosystèmes concernés et bénéficiaires associés**

Écosystèmes concernés	Bénéficiaires associés
<ul style="list-style-type: none"><li>• La chasse concerne l'ensemble des écosystèmes (agro-écosystèmes en plaine ou en montagne, zones humides, forêts) <b>mais elle est principalement pratiquée en forêt</b> (Ballon <i>et al.</i>, 2012). Il n'est pas toujours possible de distinguer la forêt du reste de l'évaluation.</li><li>• <b>Territoire chassé estimé à 36.3 millions d'hectares</b> pour l'ensemble de la France métropolitaine (Scherrer, 2002 ; repris par CAS, 2009).</li><li>• En ce qui concerne la forêt : potentiellement toute la forêt accessible physiquement et réglementairement (pas d'estimation de surface concernée).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Les chasseurs sont les <u>bénéficiaires directs des biens (gibiers) issus de l'écosystème</u></b> : nombre de chasseurs en nette diminution depuis les années 1980 (phénomène multifactoriel, lié –entre autres – à l'augmentation des coûts liés à la pratique de la chasse, aux évolutions réglementaires de plus en plus contraignantes, ou encore aux changements de mode de vie). Ils étaient environ 2,2 millions en 1980. En 2015, leur nombre était estimé à 1,1 million selon le site de la Fédération nationale des chasseurs (98% sont des hommes, moyenne d'âge supérieure à la moyenne nationale). Voir Ballon <i>et al.</i>, 2012, Fig. 1 évolution du nombre de chasseurs en France entre 1975 et 2010).</li><li>• <b>Au-delà des chasseurs eux-mêmes, on peut identifier des <u>bénéficiaires indirects de l'activité de chasse</u></b> : employés des organisations de chasse, propriétaires forestiers qui louent leurs droits de chasse, agriculteurs et sylviculteurs qui bénéficient de populations maîtrisées (lorsque c'est le cas) d'ongulés sauvages, particuliers non chasseurs bénéficiant de venaison offerte par les chasseurs à leur entourage, <i>etc.</i></li><li>• <b>Néanmoins les autres usagers de la forêt préfèrent une réduction des réalisations</b> : parmi les français métropolitains qui se sont rendus en forêt en 2015, 56% se déclarent gênés par la présence de chasseurs. Comme en 2004 et 2010, c'est la 3<sup>ème</sup> gêne mentionnée après la présence d'ordures et de véhicules motorisés (ONF-Université de Caen-ONF, Enquêtes Forêt et Société, 2004,2010 et 2015)</li></ul>

## 8.2.2 Caractérisation du service

Indicateurs biophysiques	Indicateurs capturant les avantages en termes de bien-être
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Dynamique des populations de grands ongulés</b> (plus les populations sont abondantes et plus le service potentiel de production de gibier est élevé) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Les grands ongulés sauvages sont tous en progression sur le territoire métropolitain</b> : cf. données espèces (présence et aire de répartition) du réseau « ongulés sauvages » ONCFS-FNC-FDC (site de l'ONCFS) ; les ongulés de plaine ont tendance à coloniser des zones de plus en plus élevées tandis que les ongulés de montagne descendent (David, 2014).</li> <li>○ <b>Le degré de cohabitation des espèces sur des territoires communs est en augmentation</b> (recouvrement des aires de répartition) : voir IGD 2.4.1.a <i>Répartition de la superficie forestière selon le nombre d'espèces d'ongulés</i> ; sur plus de 50 % de la superficie forestière cohabitent au moins 3 espèces (Maaf, IGN, 2016).</li> <li>○ Taille des populations de gibier en forêt : il n'existe pas de quantification directe des effectifs (comptage) utilisable à l'échelle métropolitaine (P. Ballon, communication personnelle).</li> <li>○ <b>Effectifs estimés de manière indirecte par les prélèvements de chasse</b> (tous écosystèmes confondus) : l'indicateur IGD 2.4.1.b reprend les tableaux de chasse des grands ongulés sauvages (8 espèces) depuis 40 ans et montre <b>une très forte hausse sur la période considérée</b> ; Multiplication par 11 des plans de chasse pour le cerf et le chevreuil et par 15 pour le sanglier entre 1973 et 2013 (Maaf, IGN, 2016) ; un ralentissement de la progression des réalisations de chasse a néanmoins été observé pour le chevreuil mais aussi pour le cerf depuis 2013 (ONCFS, 2016).</li> <li>○ Cartes montrant l'évolution <u>par département</u> des réalisations de cerfs, chevreuils et sangliers ramenés aux 100 ha boisés (entre 1973 et 2012) (disponibles à Ecofor) (David, 2014).</li> <li>○ <b>Outil d'évaluation des effectifs (cerfs, chevreuils) à l'échelle d'un territoire et de caractérisation de l'état d'équilibre entre les populations et leur environnement, à partir d'au moins trois indicateurs de changements écologiques (ICE)</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>- indicateurs d'abondance : indice kilométrique par exemple (comptage le long d'un parcours pédestre ou voiture) ;</li> <li>- indicateurs de performance : suivi des mécanismes de densité-dépendance c'est-à-dire des effets de la densité d'une espèce sur la reproduction, la taille des individus, la croissance des jeunes (caractéristiques mesurées sur les individus prélevés durant la chasse) ;</li> <li>- indicateurs de pression sur le milieu : indice d'abrutissement, de consommation de la flore (mesurés sur des placettes) (David, 2014)</li> </ul> </li> <li>○ à l'exception peut-être de l'espèce Chevreuil, on n'observe aucun signe de ralentissement de cette progression spatiale et numérique pour les autres cervidés et le sanglier (Ballon <i>et al.</i>, 2012)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Besoins économiques</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Emploi</b> : la chasse représente près de 28 000 emplois selon la FNC (site internet)</li> <li>○ <b>La location du droit de chasse</b> représente pour les propriétaires forestiers une <b>recette de l'ordre de 110 millions d'euros / an</b> et se répartit entre les forêts domaniales (45 millions d'€), les autres forêts soumises au régime forestier (21 millions) et les forêts privées (44 millions d'€, 15% de la surface) (Maaf, IGN, 2016)</li> <li>○ <b>Les dépenses acquittées par les chasseurs</b> (permis, droits de chasse, équipements, coûts de déplacements...) : 1200 euro / an / chasseur soit 1,8 milliards d'€ pour l'ensemble de la France en 1992 (Pinet, 1993), somme actualisée entre 2 et 2,5 milliards d'€ en 2002 (Scherrer, 2002) ; soit 55 à 69 euros/ha/an si on rapporte ce résultat à la surface chassée (in : CAS, 2009).</li> </ul> </li> </ul>

## 8.2.3 Principaux déterminants du niveau de service

308. Un déterminant essentiel du service est l'abondance des populations chassables. Elle est influencée (i) d'un point de vue socio-économique par la protection réglementaire des espèces, la gestion forestière pratiquée et certaines pratiques telles que le nourrissage, et (ii) d'un point de vue écologique par les conditions climatiques, la surface d'habitats disponibles (qui augmente avec l'expansion des forêts) et l'abondance des ressources disponibles pour ces espèces. La valeur alimentaire d'un peuplement forestier pour une population animale (capacité d'accueil) et son évolution au cours du temps peuvent être évaluées à partir d'une typologie de faciès alimentaires pour les cervidés à laquelle est associée une clé de détermination, chaque type de faciès étant l'expression d'une quantité et d'une composition particulière de l'offre alimentaire (Normant *et al.*, 2001, Forêt de Perseigne).
309. Les populations chassables doivent être suffisamment nombreuses mais il faut en maîtriser les externalités négatives (d'où la nécessité d'atteindre l'équilibre sylvo-cynégétique).

### Les types de forêt de l'EFESE

Tableau 8.3 : Fourniture de gibier pour les différents états de la forêt**		
<p><b>E1</b> <b>Milieus forestiers ouverts</b></p> <p><b>++</b></p> <p><i>Zones de nourrissage généralement faciles d'accès</i></p>	<p><b>E2 -Plantations</b></p> <p>-</p> <p><i>peu favorables lorsqu'elles sont denses</i></p>	<p><b>E6</b> <b>Milieus forestiers matures</b></p> <p>-</p> <p><i>Forêts en partie inaccessibles</i></p>
	<p><b>E3 - Taillis</b></p> <p>-</p> <p><i>Peu favorables lorsqu'ils sont denses</i></p>	
	<p><b>E4 - Futaies semi-naturelles</b></p> <p><b>++</b></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b></p> <p>--</p> <p><i>Forêts inaccessibles donc on considère que la pratique de la chasse y est négligeable</i></p>	
<p>**Le niveau de service (fourniture de gibier) est estimé à dire d'experts (système de notation à 4 niveaux : -- / - / + / ++) en tenant compte de la fourniture du bien et de son accessibilité par la chasse</p>		



## 8.2.4 Valeurs du service

310. Le grand gibier est le principal produit forestier non ligneux. Le marché est peu développé en France en raison des normes sanitaires et de traçabilité très strictes et la concurrence avec des produits issus de fermes d'élevage (Rakotoarison, 2009) d'où un taux d'autoconsommation important (80%). La valeur de la venaison (en forte hausse ces dernières années) peut être estimée (en se basant sur les prix de marché de la venaison) à **262 millions d'euros pour le cerf, le chevreuil et le sanglier** (Tableau 8.4)<sup>106</sup>. La part d'autoconsommation a été estimée (à dire d'expert) à 80%.

**Tableau 8.4 : Quantités et valeurs de la venaison (à partir de IGD 3.3, p 162, Maaf, IGN, 2016)**

Produit	Année(s) de référence	Quantité	Valeur (en millions d'euros courants)	Origine des données
<b>Venaison</b>	<b>2013-2014</b>	<b>28806</b>	<b>262</b>	<b>ONCFS, FranceAgriMer</b>
...dont cerf	2013-2014	2897	26	ONCFS, FranceAgriMer
...dont chevreuil	2013-2014	6637	94	ONCFS, FranceAgriMer
... dont sanglier	2013-2014	19272	143	ONCFS, FranceAgriMer

311. Une deuxième évaluation monétaire du "service écosystémique chasse" en France (incluant petit et grand gibier) a été réalisée en se basant sur la méthode des coûts évités (basée sur les coûts dans le commerce de viandes équivalentes -panel KANTAR). Cette évaluation a conduit à un chiffre de 320 millions d'euros pour la saison 2013-2014 (BIPE, 2016).

---

<sup>106</sup>Une répartition à l'échelle départementale de la valeur nationale de la venaison (grand gibier) pourrait être envisagée.

## 8.3 Autres biens (fiche résumée)

---

### 8.3.1 Présentation du service

- **Définition et périmètre**

312. Tous les autres produits forestiers commercialisés ou non commercialisés (autres que le bois et le gibier) sont concernés : principalement des espèces végétales (*e.g.* champignons, plantes diverses, graines) mais aussi animales (*e.g.* escargots), des matériaux (*e.g.* liège, écorces) et les ressources biologiques et génétiques susceptibles d'alimenter la recherche et le développement (biotechnologies, pharmaceutique, etc.). Le périmètre de ce service rassemble ainsi une très grande variété de produits :

- Produits alimentaires (alimentation humaine)
- Biens pharmaceutiques
- Cosmétique et parfums
- Matériaux divers
- Tannerie
- Alimentation animale
- Eléments de décorations
- Ressources génétiques pour la sylviculture

313. La cueillette est à la fois un loisir (service culturel) et la production de biens forestiers directement utiles à la société. Ce chapitre est dédié uniquement à l'identification à la caractérisation des biens alors que la pratique de la cueillette est incluse à l'évaluation de la récréation en forêt (§ 9). Au-delà de leur évaluation en tant que bien, les ressources génétiques forestières sont avant toute chose un potentiel d'adaptation des forêts au changement climatique, et donc un réservoir pour les services de production (Lefèvre, 2012).

- **Écosystèmes concernés et bénéficiaires associés**

Écosystèmes concernés	Bénéficiaires associés
<ul style="list-style-type: none"><li>• Toute la forêt accessible : seule la forêt de production est potentiellement accessible pour la pratique de la cueillette soit 15,6 millions d'hectares</li><li>• Des restrictions à la cueillette existent dans certaines aires protégées</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Usagers</li><li>• La société (recherche et développement)</li></ul>

## 8.3.2 Caractérisation du service

Indicateurs biophysiques	Indicateurs capturant les avantages en termes de bien-être
<p><b>Cartographie des habitats et quantités durablement disponibles pour la cueillette des principales espèces et matériaux concernés :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Produits alimentaires (alimentation humaine)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Champignons sylvestres comestibles : truffes (la principale espèce de truffe rencontrée en milieu forestier est <i>Tuber uncinatum</i> Chatin dite truffe de Bourgogne, qui nécessite une symbiose avec le chêne, le noisetier, le charme, le hêtre et le pin), cèpes, girolles, chanterelles, trompettes, morilles, pieds de mouton, lactaires, coulemelles, mousserons, etc. ;</li> <li>▪ Châtaignes</li> <li>▪ Autres fruits et baies (fraises des bois, pommes, poires, merises, noisettes, noix, prunelles, nèfles, cornouilles, framboises, mûres, myrtilles, groseilles, glands, faines, etc.)</li> <li>▪ Miel de sapin (miellats) ou miel de fleurs d'arbres ou arbustes forestiers (d'acacia, de bourdaine, de châtaignier, de tilleul, d'érable...) :</li> <li>▪ Plantes aromatiques (intérêt culinaire) : genévrier, marjolaine, menthe sauvage, ail des ours, ciboule, aspérule, laurier, thym, etc.</li> <li>▪ Escargots</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Biens pharmaceutiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herboristerie (plantes médicinales) : cf. liste des principales plantes forestière (33 espèces) exploitées en France métropolitaines fournie dans les IGD 2015 (Maaf, IGN, 2016, p 163) – <i>source des données : Enquête de FranceAgriMer</i></li> <li>▪ Gemmothérapie (médecine non conventionnelle qui utilise les bourgeons) : cf. liste des principales plantes forestière (34 espèces) exploitées en France métropolitaines fournie dans les IGD 2015 (Maaf, IGN, 2016, p 163) – <i>source des données : Enquête de FranceAgriMer</i></li> <li>▪ Intérêt nutraceutique de certaines molécules (Xylitol, Pycnogenol)</li> <li>▪ Molécules pour l'industrie pharmaceutique.</li> </ul> <p><b>Cométique et parfums</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ cf. Liste des principales plantes forestières à parfums (huiles essentielles) exploitées en France métropolitaine fournie dans les IGD 2015 (Maaf, IGN, 2016, p 163) – <i>source des données : Enquête de FranceAgriMer</i> (10 espèces)</li> <li>▪ Lichens (parfumerie) : une étude réalisée dans le Massif central (Laucoin, 2012). La récolte commerciale est estimée à 2000 à 2500 tonnes dans les années 1990</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Besoins économiques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quantités et valeurs des produits forestiers commercialisés suivants : truffes, liège, miel, plants forestiers, graines forestières, sapin de Noël (Maaf, IGN, 2016, p 162)</li> <li>▪ Emplois directs et indirects associés à la cueillette en forêt</li> <li>▪ Valeur ajoutée</li> </ul> </li> <li>• <b>Relations sociales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maintien des traditions et des pratiques culinaires, etc.</li> <li>▪ Mais la cueillette peut également être à l'origine de conflits d'usages entre propriétaires et cueilleurs, voire entre cueilleurs (Maaf, IGN, 2016)</li> </ul> </li> <li>• <b>Santé et alimentation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bienfaits liés à la consommation de biens alimentaires et à l'intérêt nutraceutique de certains : le Xylitol extrait de l'écorce de bouleau utilisé pour promouvoir la santé dentaire ; le Pycnogenol extrait de l'écorce du pin maritime est reconnu pour ses vertus antioxydantes et ses effets sur la santé cardiovasculaire, les soins de la peau, le diabète ou les inflammations, etc.)</li> <li>▪ Bienfaits sur la santé liés à l'usage des plantes médicinales forestières recensées et des molécules extraites utilisées par l'industrie pharmaceutiques.</li> </ul> </li> </ul>

### Matériaux divers

- Liège : La suberaie française (65 000 hectares) est localisée dans le sud du pays (Corse, Var, Pyrénées-Orientales, Aquitaine) et représente 4% de la surface mondiale des suberaies (beaucoup plus importantes dans certaines régions d'Espagne, du Portugal, du Maroc et de l'Algérie) (Maaf, IGN, 2016) ; utilisations pour le bouchage des vins et la construction (isolation), recyclages possibles des bouchons de liège (semelles de chaussures, objets du quotidien, revêtements...)
- Vannerie, Paillages, Chaumes
- Résines

### Tannerie

- Ecorces : Tannage des peaux par association entre les tannins et le collagène ; les principales essences à tannins sont les chênes, le châtaignier, le robinier, les acacias ; les tannins naturels ont été supplantés par les extraits tannants synthétiques, mais restent utilisés pour les produits de luxe (Peyron, 1998).

### Alimentation animale

- Glands (sangliers), baies (oiseaux)...
- Fourrages : le pâturage peut poser des problèmes en forêt, notamment pour les régénérations. Il est peu répandu en France métropolitaine sauf en région méditerranéenne où à l'inverse il est encouragé pour la lutte contre les incendies et suscite, par contrat entre éleveurs et forestiers, des transhumances inverses (localisation normale en montagne, hivernage en zone méditerranéenne). Cette utilisation fourragère vaut naturellement pour les animaux sauvages (Peyron, 1998)

### Éléments de décorations

- Sapins de Noël : parfois issus de plantations spécifiques (5000 hectares en France métropolitaine, selon Maaf, IGN, 2016), parfois issus de l'étêtage d'arbres en éclaircie, parfois prélevés directement en forêt par les usagers ;
- Plantes ornementales : Gui, houx, etc.
- Éléments animaux : trophées, insectes de collection, peaux et fourrure, animaux naturalisés.

### Ressources génétiques pour la sylviculture

- Graines forestières : les essences qui contribuent le plus à la valeur de la production sont *Juglans major x regia*, *Quercus rubra*, *quercus robur*, *Castanea sativa* (pour les feuillus) et *pinus pinaster* pour les résineux.
- Plantes forestières : les principales essences sont *Quercus petraea* (pour les feuillus), *Pinus pinaster* et *Pseudotsuga menziesii* pour les résineux

### 8.3.3 Principaux déterminants du niveau de service

#### Les types de forêts de l'EFESE

Tableau 8.5 : Fourniture de biens forestiers (autres que le bois et le gibier) pour les différents états de la forêt**		
<p><b>E1</b></p> <p><b>Milieus forestiers ouverts</b></p> <p><b>+</b></p> <p><i>Diversité généralement importante combinant des espèces végétales de lumières qui se mélangent avec une biodiversité de milieux forestiers fermés ou en cours de fermeture</i></p> <p><i>Zones généralement accessibles.</i></p>	<p><b>E2 -Plantations</b></p> <p>-</p> <p><i>Diversité moindre d'espèces végétales et donc de produits forestiers susceptibles d'être intéressants du point de vue de la cueillette.</i></p> <p><i>Diversité génétique des arbres assez pauvre.</i></p>	<p><b>E6</b></p> <p><b>Milieus forestiers matures</b></p> <p><b>+</b></p> <p><i>Des aspects exceptionnels du point de vue de la diversité génétique et spécifique (rôle de « réservoir » de biodiversité), mais des difficultés d'accès (physiques et réglementaires)</i></p>
	<p><b>E3 - Taillis</b></p> <p>-</p> <p><i>Diversité moindre d'espèces végétales et donc de produits forestiers susceptibles d'être intéressants du point de vue de la cueillette.</i></p> <p><i>Diversité génétique des arbres assez pauvre.</i></p>	
	<p><b>E4 - Futaies semi-naturelles</b></p> <p><b>++</b></p> <p><i>Diversité importante d'espèces végétales et donc de produits forestiers susceptibles d'être intéressants du point de vue de la cueillette.</i></p> <p><i>Accès facilité par la gestion.</i></p>	
	<p><b>E5 - Forêts naturelles</b></p> <p>--</p> <p><i>Forêts inaccessibles pour le public (contraintes réglementaires ou physiques)</i></p>	
<p>**Le niveau de service (fourniture de biens issus de la cueillette et de molécules) est estimé à dire d'experts (système de notation à 4 niveaux : -- / - / + / ++ ) en tenant compte de la fourniture des biens et de leur accessibilité.</p>		

### 8.3.4 Valeurs du service

314. Il n'existe pas de recensement systématique des produits forestiers autres que le bois au niveau national. Seuls certains d'entre eux font l'objet d'un marché : leur valeur économique peut ainsi être évaluée. Ils représentent un chiffre d'affaires de plusieurs dizaines de millions d'euros par an (Tableau 8.6). Leur importance va cependant bien au-delà car ils constituent souvent un enjeu fort du point de vue de la biodiversité en forêt, des services culturels (cueillette) mais aussi du patrimoine naturel forestier commun.

**Tableau 8.6 : Quantités et valeurs des produits forestiers commercialisés autres que le bois et le gibier (à partir de IGD 3.3, p 162, Maaf, IGN, 2016)**

Produit	Année(s) de référence	Quantité	Valeur (en millions d'€ courants)	Origine des données
Truffes ( <i>Tuber uncinatum</i> Chatin dite truffe de Bourgogne)	2013-2014	6 tonnes / an <sup>107</sup>	1,8	Fédération française des trufficulteurs
Liège (Corse, Var, Pyrénées orientales et Aquitaine)	2010-2014	710 tonnes / an	0,211	Institut méditerranéen du liège
Plants forestiers	2012-2013	71 millions	44	Maaf
Graines forestières	2012-2013	73 tonnes / an	3	Maaf, ONF
« Sapins de Noël »	2013	6 millions	114	FranceAgriMer
Miel forestier	2010	Entre 5500 et 6900 tonnes / an	Entre 25 et 34	Coopérative France miel

315. Une enquête téléphonique réalisée en 2002 (citée dans CAS, 2009) évaluait la cueillette de champignons destinée à l'autoconsommation à 12 650 tonnes/an (auxquelles s'ajoutent les quantités commercialisées de 3000 à 4000 tonnes/an) ; s'y ajoutaient 4360 tonnes de fruits (châtaignes à 80 %) et 330 tonnes de fleurs et autres éléments décoratifs.

<sup>107</sup> Pour les truffes : production annuelle de 60 tonnes, dont 6 tonnes en forêt. Le reste est produit en plantations truffières (plants mycorhizés) et ne relève pas du milieu forestier.

---

## **CHAPITRE 9**

### **Les services culturels**

---

## 9.1 Activités récréatives en forêt

---

### 9.1.1 Présentation du service

316. Les écosystèmes forestiers suscitent l'attrait et la fréquentation du public pour occuper une partie de son temps libre. La récréation est un service dont les bénéfices sont non matériels mais peuvent être appréhendés à travers diverses caractéristiques de l'écosystème qui ont une influence sur l'état physique et mental de ceux qui la fréquentent. Ces caractéristiques sont directement liées aux attributs biophysique des forêts mais aussi à leur localisation ainsi qu'aux pratiques de gestion et à la qualité des aménagements paysagers et des équipements mis à disposition.
317. La récréation occupe désormais une place importante dans nos sociétés. À l'échelle européenne, c'est un phénomène qui s'est globalement démocratisé (augmentation en volume) et diversifié ces dernières années (Sievänen *et al.*, 2008). En France ainsi que dans la plupart des pays européens les plus urbanisés et les plus peuplés, les forêts (et les espaces verts) constituent souvent les seuls espaces de nature accessibles à un public de proximité (Simpson *et al.*, 2008). En France, les forêts font partie des sites récréatifs préférés des Français (Abildtrup *et al.*, 2012) : une enquête nationale réalisée par Peyron *et al.* (2002) montre que les promenades à la campagne ou en forêt occupent la première place des loisirs des ménages, devant les spectacles, les sorties culturelles ou les parcs d'attraction ; les enquêtes nationales réalisées par l'ONF et l'Université de Caen en 2004, 2010 et 2015 montrent aussi que les forêts font partie des espaces « naturels »<sup>108</sup> les plus fréquentés, après la campagne<sup>109</sup> (Repris dans Granet et Dobré, 2009). En 2010, un peu plus de sept français sur dix déclaraient ainsi se rendre en forêt durant leur temps libre (Dobré et Cordellier, 2011). Les forêts accueillent chaque année des centaines de millions de visiteurs.
318. Trois catégories de bénéficiaires du service de récréation qui se chevauchent peuvent être identifiées :
- Les visiteurs (catégorie 1) : les bénéficiaires qui vont en forêt pendant leur temps libre, pour leur loisir et quel que soit leur lieu de résidence. Les raisons qui sous-tendent la fréquentation des forêts par ces bénéficiaires sont nombreuses, de même que les activités qu'ils déclarent y pratiquer (*cf.* ci-dessous). Cette catégorie de bénéficiaires inclut notamment les citoyens qui parcourent quelques kilomètres (le plus souvent en voiture) pour accéder à une forêt généralement située à 10 ou 15 kilomètres de leur lieu d'habitation ;
  - Les résidents (catégorie 2) : les bénéficiaires qui habitent à proximité géographique immédiate d'une forêt. La perception de la qualité récréative des forêts par cette catégorie de bénéficiaire diffère en partie de celle d'un usager « non local » car il vit la forêt au quotidien : il peut y être attaché, a peut-être noué des relations socio-économiques à travers elle (livraison de bois, affouage, engagement associatif ou politique,...). Une partie de ces bénéficiaires fréquente la forêt pendant son temps libre et y pratique des activités récréatives (catégorie 1). À l'inverse, certaines personnes situées en marge des centres urbains se retrouvent de fait à proximité des forêts mais ne s'y intéressent pas (proximité subie).
  - Les professionnels (catégorie 3) : les bénéficiaires indirects qui profitent de la présence des forêts, notamment ceux qui investissent dans certains aménagements pour l'accueil du

---

<sup>108</sup> Les catégories d'espaces fréquentés sont les parcs/espaces verts en ville, la campagne, la mer et les plans d'eau, la forêt, les parcs/réserves naturelles et la montagne.

<sup>109</sup> Cette étude montre également que les personnes habitant en zone rurale fréquentent davantage la forêt que les citoyens.



public et proposent des services en conséquence ou plus largement les acteurs qui, dans le cadre de leur profession, offrent un service récréatif aux usagers (professionnels de l'écotourisme, entreprises des travaux forestiers, paysagistes, hôteliers, coopératives,...). De même que la catégorie précédente, cette catégorie recoupe en partie la première dans la mesure où une partie de ces bénéficiaires fréquente elle-même la forêt pour son loisir et y pratique des activités.

319. Les avantages récréatifs que les individus de la catégorie 1 retirent des écosystèmes forestiers peuvent s'appréhender à travers l'expression des raisons qui motivent les sorties en forêt. Elles sont nombreuses mais reposent selon Granet et Dobré (2009) sur deux types majeurs de représentations : la forêt comme "espace d'évasion et hors la ville" et comme "espace de sociabilité et de partage". Les personnes qui se rendent en forêt recherchent en effet à échapper à la ville, au bruit, à l'air pollué, à l'absence de nature,... Mais la sortie en forêt représenterait aussi l'opportunité de se rencontrer tout en s'affranchissant de la promiscuité inhérente au mode de vie urbain. Une autre étude effectuée par le CREDOC en 1999 auprès des usagers des forêts d'Île-de-France confirme cela. Elle met en évidence deux catégories distinctes de motifs de déplacement en forêt : le décor naturel (le calme, la tranquillité, la beauté de la nature) et la qualité des aménagements.

**Tableau 9.1 : les raisons de se rendre en forêt (repris dans Granet et Dobré, 2009)**

Lorsque vous allez en forêt pour vos loisirs, vous y allez pour...	OUI	Dont OUI principalement	NON Pas du tout	Typologie des représentations associées La forêt comme:
La tranquillité, le silence	96	78	4	Espace d'évasion hors la ville
L'air pur, vous oxygéner	96	74	4	
Le contact avec la nature	96	74	4	
Vous détendre dans un cadre naturel	95	76	5	Espace de sociabilité et de partage
Partager un moment agréable avec la famille ou les amis	91	67	9	
Etre dans un espace de liberté sans contrainte	88	62	11	Espace d'évasion hors du quotidien
La contemplation des paysages, le rêve, l'inspiration	85	50	15	
Echapper à un milieu stressant	68	41	32	
Pratiquer une activité physique afin de vous maintenir en forme et en bonne santé	55	25	45	Cadre propice à l'exercice physique
La performance physique	34	13	66	

Source : enquête "Forêt et Société" 2004

320. Il existe de nombreuses études qui dressent un panorama des activités récréatives qui se pratiquent en forêt. À partir de ces dernières, il est alors possible d'identifier plus finement les bénéficiaires de ce service. Il est intéressant de constater qu'en 1951, Schaeffer s'intéressait déjà à la fréquentation de la population urbaine à des fins récréatives ou pour des satisfactions esthétiques. Très varié, le public était alors catégorisé par l'auteur en quelques types fondamentaux :

- "Le public populaire" qui se déporte en masse dans les forêts du voisinage les dimanches et les jours fériés (ouvriers des villes, employés, petits commerçants) ;
- "Le touriste" qui s'intéresse seulement à un minuscule coin de forêt où il peut suivre méthodiquement son entraînement sportif ou celui qui cherche un dérivatif à la vie inquiète et trépidante qu'il mène en ville (l'athlète, le marcheur, l'escaladeur, les "amis de la forêt") ;
- "L'intellectuel", en particulier celui qui est attiré par la nature pour rêver, méditer ;
- "L'artiste" pour qui la forêt est une source d'inspiration (littérateurs, peintres, musiciens) ;
- "Le naturaliste" qui perçoit la forêt comme un champ d'études incomparable.

321. Notons que dans toutes les classifications existantes, la promenade arrive devant les autres activités, notamment la cueillette<sup>110</sup> et le sport. Ceci se vérifie aussi bien dans les enquêtes nationales (Peyron *et al.*, 2002 ; ONF/université de Caen 2004, 2010) qu'à travers les nombreuses études régionales ou locales (Després et Normandin, 1998 ; Maresca, 2000 ; Peyron, 2000 ; Cazaly, 2002 ; Boutefeu, 2007 ; Dehez, 2010) (Dehez, 2012). À titre d'illustration, le Tableau 9.2 ci-dessous reprend les données qui figurent dans l'enquête nationale de Peyron *et al.* (2002) d'une part et celle qui figurent dans les enquêtes nationales menées par l'ONF et l'université de Caen d'autre part (2004 et 2010).

**Tableau 9.2 : Activités récréatives pratiquées en forêt**

Source: d'après l'Enquête nationale sur la demande de récréation en forêt en France pour EUROSTAT (Peyron <i>et al.</i> , 2002)			Source : d'après les Enquêtes "Forêts et société, ONF/Université de Caen 2010 et 2004		
Objectifs principaux de la visite en forêt	Visites/an (par ménage)	Importance relative correspondante en %*	Principales activités pratiquées en forêt pour les loisirs**	% 2010	% 2004
Randonnée, marche	12,0	64	Faire une promenade en famille ou avec des amis	64	58
			Promener les enfants	24	24
			Faire une promenade seul	16	16
Sports organisés	2,1	11	Faire du sport (vélo, jogging, randonnées, équitation)	22	22
			Faire des parcours aménagés dans les arbres (accrobranche)	4	3
Promenade du chien	1,8	10	Sortir le chien	14	20
Barbecue, pique-nique	0,9	5	Me reposer, jouer ou pique-niquer sur place	20	15
Chasse ou pêche	0,4	2	Chasser ou pêcher	6	7
Observation de faune ou flore	0,4	2	Observer les plantes ou les animaux	20	15
Cueillette	0,3	< 2	Cueillir des fleurs, des fruits ou des champignons	31	35
Autres activités	0,5	< 3	Couper ou ramasser du bois, simplement	3	5
			traverser la forêt en voiture	3	7
			Pratiquer une activité motorisée (moto verte, 4x4)	2	1
			Autre	0	1

\*Une seule réponse possible (totaux = 100)

\*\*Plusieurs réponses possibles (totaux>100)

<sup>110</sup> cf. § 8.3 « Autres biens » qui fait le point sur cette activité de cueillette.

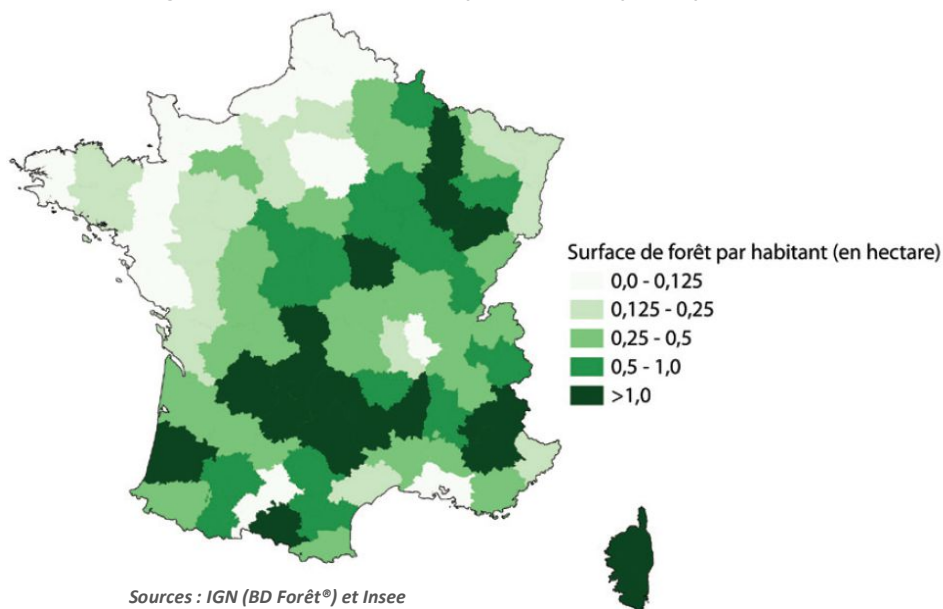
## 9.1.2 Caractérisation du service

### 9.1.2.1 Dimension biophysique

- **Localisation, étendue et accessibilité des forêts à forte qualité récréative**

322. En France métropolitaine, la surface moyenne de forêt par habitant est de 0,26 hectare en année moyenne 2010 (Figure 9.1). Cette valeur est stable depuis 1993 grâce à l'augmentation de la surface forestière en parallèle à l'augmentation de la population. Dans les zones peu peuplées et relativement bien boisées (ou très boisées comme dans les Landes et la Dordogne), la surface disponible par habitant est supérieure à un hectare. À l'inverse, elle est faible dans les zones très urbanisées comme l'Île-de-France. Enfin, dans des zones où la densité de population est moindre, même dans des régions moyennement boisées comme la Région Centre, on constate que la part de forêt accessible par habitant est souvent assez importante (supérieure à 0,25 ha, voire 0,5 ha).

Figure 9.1 : surface de forêt par habitant, par département

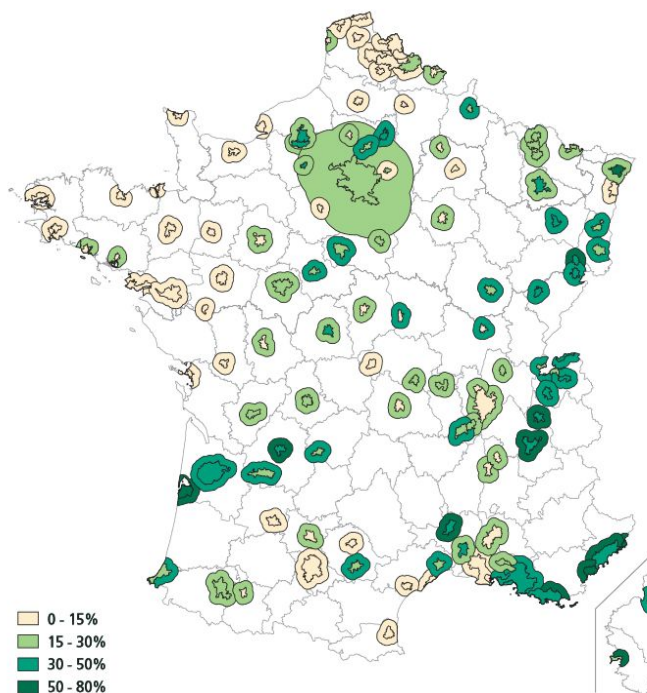


323. Selon l'INSEE (2011), 95 % de la population française vit désormais sous l'influence de la ville et 85 % y réside. Ainsi, les forêts situées aux portes des villes ou forêts dites sous influence urbaine concentrent des attentes fortes et parfois exacerbées vis-à-vis de l'offre de loisirs qui tend à s'étoffer, d'autant plus que de grandes forêts sont peu à peu intégrées aux aires urbaines qui ne cessent de s'étendre.

324. Dans le cadre de la publication des Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines (Maaf, IGN, 2010), les forêts sous influence urbaines ont été définies en croisant les données cartographiques des forêts françaises<sup>111</sup> (obtenues à partir de l'interprétation de photographies aériennes) avec les limites communales des unités urbaines de plus de 50 000 habitants et leurs zones d'extension : 10 km au-delà des limites communales de l'unité urbaine, 50 km pour Paris. Selon cette délimitation, un cinquième de la forêt française était sous influence urbaine en 2008.

<sup>111</sup> Contient tous les espaces boisés de plus de 2,25 ha et de plus de 75 m de large. L'IGN considère comme forêt toute zone ayant un couvert d'arbres forestiers supérieur à 10 % au moment de l'observation, ou pouvant atteindre ce seuil.

**Figure 9.2 : Forêts sous influence urbaine avec indication du taux de boisement local**



Source : IFN pour la surface de forêt et INSEE pour le nombre d'habitants (Recensement 2008 et délimitation 1999 des périmètres des unités urbaines).

325. La distance d'extension prise en compte par l'IGN correspond globalement à celle issue de l'enquête de Peyron *et al.* (2002) qui évalue la distance moyenne parcourue pour se rendre en forêt à 10 ou 15 km, tous moyens de transport confondus.
326. La fonction d'accueil du public est une mission d'intérêt général plus particulièrement associée à la forêt publique. Elle est inscrite dans le code forestier (Article L1, L 133.1 et L 380-1) et fait partie des priorités de gestion des 4 millions d'hectares de forêts publiques (équivalant à environ 25 % de la surface forestière totale). Contrairement à des pays comme l'Allemagne, la Norvège ou la Finlande, la législation forestière française n'autorise pas l'accès libre des visiteurs en forêt privée. Néanmoins, si aucun panneau ou clôture n'empêche l'accès, la présence du public y est tolérée.
327. Notre connaissance des forêts privées est moins importante que celles des forêts publiques. Pourtant, en France métropolitaine, elles représentent 75 % de la surface forestière totale, soit un peu plus de 12 millions d'hectares (§ 2.5). Fondée sur les déclarations des propriétaires forestiers (échantillon de 5 450 personnes), l'enquête nationale sur la structure de la forêt privée en 2012 montre néanmoins que 85 % des propriétés privées sont libres d'accès, ce qui correspond à 72 % des surfaces de forêts privées (Agreste, 2014). Elle montre également que 97 % des propriétaires forestiers privés considèrent que le public ne leur cause pas ou peu de désagréments (Tableau 9.3). Dans l'ensemble, ces derniers tolèrent notamment la récolte de champignons, de baies ou autres menus produits dans leur forêt (Maaf, IGN, 2010).

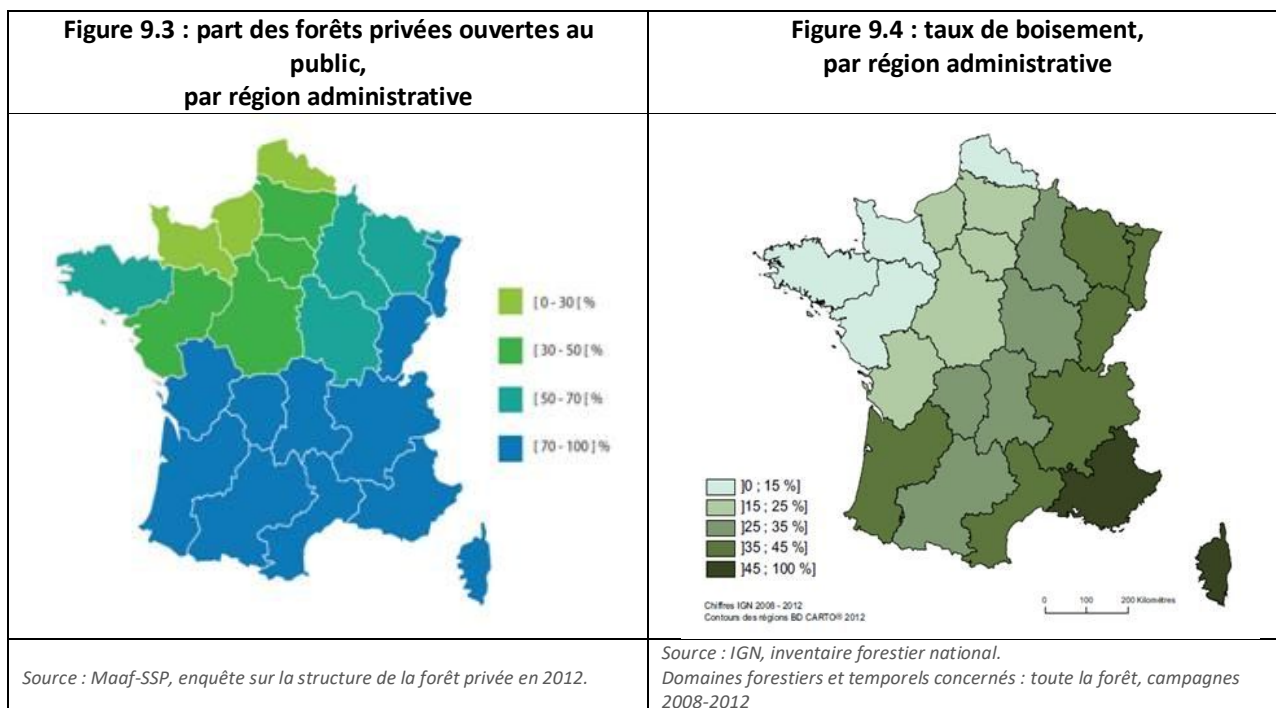
**Tableau 9.3**

<b>Propriétés privées ayant un accès libre ou interdit par pancarte*, Répartition (en %) selon les désagréments engendrés par la fréquentation du public</b>		
	Propriétés privées (%)	Superficie (%)
Aucun désagrément	80	62
Quelques	17	31
Beaucoup	3	7

\*équivalant à 94% des propriétés forestières privées (les forêts privées closes - env. 6% - ne sont pas indiquées dans le tableau car physiquement inaccessibles au public) et correspondant à 95% de la surface forestière privée totale.

Source : Enquête sur la structure de la forêt privée en 2012 (Agreste, 2014)

328. Cette enquête montre également que la proportion de forêts privées ouvertes au public varie selon les régions (Figure 9.3). L'ouverture au public est généralement d'autant plus importante (sauf pour la Bretagne) que le taux de boisement l'est aussi. On voit par exemple que les forêts privées les moins ouvertes au public sont celles de Normandie et du Nord-Pas-de-Calais, des régions peu boisées où la surface de forêt par habitant est faible (inférieure à 0,125 hectare par habitant) et la proportion de forêts privées bien plus élevée que dans le quart Nord-est de la France (Alsace, Lorraine, Franche-Comté, Champagne-Ardenne). Basée sur la déclaration des propriétaires, cette enquête montre donc que la majorité des forêts privées françaises sont ouvertes au public mais ne permet pas de conclure quant à leur fréquentation effective.



329. Par ailleurs, plusieurs enquêtes mettent en évidence la méconnaissance du statut foncier des forêts par les visiteurs. L'enquête nationale réalisée par l'ONF et l'université de Caen en 2010 rapporte ainsi que le statut public ou privé de la forêt visitée est accessoire pour 70 % des interviewés, qu'ils soient ou non allés en forêt durant l'année écoulée. Dès lors qu'elles sont accessibles, les forêts seraient considérées comme publiques (Focus Groups, 2005 à 2008). L'enquête de Peyron *et al.* (2002) semble montrer l'inverse mais aboutit en fait aux mêmes conclusions. Elle montre que 82 % des ménages interrogés répondent "oui" lorsqu'on leur demande s'ils connaissent le statut de la forêt qu'ils ont visité. Mais ce résultat est tempéré par une série d'arguments : de nombreuses personnes considèrent par exemple qu'un espace non clos est un espace public ; Par ailleurs, de nombreuses forêts privées jouxtent des forêts qui ne le sont pas. En outre, il est intéressant de constater que les

personnes qui déclarent se rendre uniquement en forêt publique sont celles qui fréquentent le moins la forêt. Le niveau de connaissance du statut de la forêt est probablement mieux connu de ceux qui s'y rendent plus régulièrement.

- **Caractéristiques spatiales et environnementales liées à la récréation**

330. Les caractéristiques spatiales et environnementales des forêts contribuent de différentes manières à l'acquisition des codes culturels d'appréciation de la nature (Papillon, 2014). Bien que l'on manque d'informations précises et à jour sur le sujet, les forêts métropolitaines « non perturbées par l'homme »<sup>112</sup> sont quasi-inexistantes : depuis longtemps, sur notre territoire, les hommes agissent sur la structure et la composition du couvert arboré. Comme nous le verrons ci-dessous, le paysage interne et les ambiances forestières dépendent ainsi largement des choix productifs et des aménagements paysagers. De ce fait, la perception d'une forêt par le public est intimement liée à l'action du sylviculteur sans que celui-là en ait toujours conscience.

331. À partir d'une vaste revue de la littérature menée à l'échelle européenne (330 études considérées) par Edwards *et al.* (2011), douze caractéristiques structurelles des peuplements sont supposées pouvoir refléter les préférences du public vis-à-vis de la forêt. Ces attributs ont été choisis de manière à pouvoir être mesurés dans toutes les forêts, indépendamment de leur mode de gestion ou de leur non gestion (Tableau 9.4).

332. Les auteurs ont ensuite mené auprès de plusieurs groupes d'experts<sup>113</sup> une enquête couvrant quatre grandes régions d'Europe selon la méthode Delphi (Grande-Bretagne, Région nordique, Europe centrale qui inclut la France et Région ibérique) afin de (i) tester le type de corrélation (positive, négative, en forme de cloche<sup>114</sup>) entre les caractéristiques structurelles des peuplements et la valeur récréative de ces derniers et (ii) estimer l'importance relative de chaque caractéristique. Les résultats sont assez homogènes dans les quatre grandes régions sélectionnées. Parmi les attributs jugés globalement les plus importants par les experts sollicités, l'étude montre notamment une forte corrélation positive entre la taille des arbres et la valeur récréative du peuplement. À l'inverse, elle montre une forte corrélation négative avec les coupes à blanc (Tableau ci-dessous).

---

<sup>112</sup> Elles sont définies par l'IGN par la présence d'une forêt depuis un temps immémorial, exclusivement composée d'essences indigènes et sans intervention humaine depuis au moins 50 ans.

<sup>113</sup> Les experts sont choisis en fonction de deux critères principaux : (i) leur capacité à remplir le questionnaire d'enquête pour une région donnée sur la base des informations qui leur sont fournies. Ils doivent être capables de conceptualiser les peuplements forestiers à partir d'une description verbale plutôt qu'à partir d'images, (ii) leur capacité à répondre au nom des visiteurs potentiels susceptibles de se rendre en forêt dans une région donnée, en prenant en compte par exemple les préférences culturelles et les attitudes négatives du public vis-à-vis de certaines pratiques sylvicoles. Ces deux critères sont susceptibles d'être trouvés en priorité chez des experts ayant eux-mêmes entrepris des recherches sur les préférences forestières du public dans leur région. Des chercheurs et gestionnaires travaillant dans le domaine de la récréation en forêt peuvent éventuellement venir compléter le panel.

<sup>114</sup> La valeur récréative est favorisée par l'attribut, sauf quand le niveau de ce dernier est très faible ou très élevé.

**Tableau 9.4**

	Corrélation globale avec la valeur récréative* (%**)	Classement selon l'importance moyenne accordée***				Classement global****
		Grande-Bretagne	Région Nordique	Europe Centrale	Région Ibérique	
1- Taille des arbres dans le peuplement	P(91%)	11	12	11,5	10	12
2- Variation de la taille des arbres dans le peuplement	P(63%)	12	2	6	2	5
3- Variation de l'espacement des arbres dans le peuplement	P(59%)	9	4	8	1	5
4- Nombre d'espèces d'arbres dans le peuplement	P(52)	4,5	5	2	8	3
5- Diversité des peuplements le long d'un sentier forestier de 5 km	P(59)	3	9	11,5	5,5	8
6- Naturalité des lisières forestières	P(93)	6	3	9	4	5
7- Taille des coupes à blanc	N(93)	10	10	10	9	11
8- Rémanents issus de la récolte et des éclaircies	N(69)	8	11	1	11	10
9- Etendue du couvert végétal arboré dans le peuplement	B(74%)	7	6	7	7	7
10- Densité de la végétation au sol jusqu'à 50 cm de hauteur dans le peuplement	B(59%)	1	1	3	5,5	1
11- Quantité de bois mort (sur pied et au sol)	B(59)	2	7	4	3	2
12- Pénétration visuelle à travers le peuplement	B(54%)	4,5	8	5	12	9

\*P=positive; N=négative; B=en forme de cloche

\*\*% = pourcentage des participants de tous les pays/régions ayant choisi la relation (P,N,B) la plus fréquemment identifiée

\*\*\*système de notation sur 10 points

\*\*\*\*12=premier; 1=dernier

333. Conduite dans le cadre de cette même enquête et toujours selon la même méthode, une étude publiée en 2012 par Edwards *et al.* s'intéresse aux préférences du public vis-à-vis de trois attributs particuliers de la forêt "naturels" et manufacturés, à savoir :

- l'intensité de la gestion qui est décomposée schématiquement en cinq degrés allant de la réserve naturelle pour le degré le moins intensif à la production de biomasse pour le plus intensif;
- l'âge des arbres, un attribut estimé à partir de quatre phases de développement : (i) la phase d'installation qui concerne les peuplements de 0 à 5 ans et de moins de 2 mètres de haut, (ii) celle des jeunes peuplements de 5 à 15 ans, de plus de 2 mètres de haut et plus de 7 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP), (iii) la phase des peuplements d'âge moyen de 15 à 50 ans qui s'étend jusqu'à ce que les peuplements aient atteint leur hauteur maximale et (iv) les peuplements dits matures de plus de 50 ans ayant dépassé ce stade;
- le type d'essence arborée : feuillu, résineux, mixte.

334. Cette étude laisse de côté certains attributs structurels des peuplements tels que la densité ou la surface terrière. Néanmoins, les résultats montrent une préférence très marquée des participants pour les stades de développement les plus avancés (phase mature en tête) et quoique plus modérée pour les degrés de gestion les moins intensifs (à égalité pour les stades 1 "réserves naturelles" et 2 "sylviculture proche de la nature" en Europe centrale et en Grande-Bretagne). Ces résultats

corroborent ceux de l'étude précédente montrant une forte corrélation positive entre la taille des arbres dans le peuplement et la valeur récréative de la forêt. À l'inverse, le type de peuplement (résineux, feuillu ou mixte) semble avoir un impact assez faible sur la valeur récréative (Tableau 9.5). Les auteurs concluent que la taille des arbres est l'attribut forestier le plus important et le plus généralisable pour expliquer les préférences du public vis-à-vis d'une forêt.

**Tableau 9.5 : importance moyenne selon les types de gestion forestière, les phases de développement et les types d'essences arborées. Données calculées à sur la base d'une échelle de notation allant de 1 à 10, par Pays/Région.**

Pays/Région	Importance moyenne (pourcentage)		
	Type de gestion forestière	Phase de développement	Type d'essence arborée
Grande-Bretagne(n=10)	37	41	23
Région Nordique (n=12)	28	65	8
Europe Centrale (n=13)	38	45	17
Région Ibérique (n=10)	35	50	15

Source : Edwards et al. (2012)

335. Une autre étude menée par Rappey et Michalland (2002) a permis d'étudier l'influence de quatre contextes forestiers français sur la fréquentation. Les quatre sites présentaient des similitudes de milieu (moyenne montagne) avec des différences fortes de caractéristiques forestières (âge et essence des arbres, diversité et morcellement de la propriété privée). Les accès et l'environnement étaient aussi divers (dessertes, populations environnantes). Les auteurs concluent que la présence et les caractéristiques forestières conditionnent en réalité peu les pratiques et les lieux de loisir de plein air, même si elles affectent la satisfaction du visiteur présent en forêt. La fréquence des visites en forêt ne révélerait ainsi pas directement les intérêts et attentes du public spécifiques à la forêt. Quel que soit le site, les critères de choix les plus fréquemment énoncés étaient les suivants :
- le panorama et la présence de sentiers, pour environ 3 visiteurs sur 5 ;
  - la présence de forêt, la densité de fréquentation et l'existence de guides, pour environ un visiteur sur trois ;
  - le type et le statut de la forêt sont les moins cités.
336. Cette enquête auprès de visiteurs montre combien l'intérêt pour le cadre de loisir forestier et ses caractéristiques paysagères sont subjectifs (Rappey et Michalland,2002). Elle invite à s'intéresser de plus près aux représentations de la forêt par le public qui donnent un éclairage complémentaire indispensable à la connaissance de la fréquentation (Granet, 2012).

### 9.1.2.2 Dimension socio-économique

#### • Nombre de visites

337. La fréquentation constitue la manifestation la plus évidente de l'existence d'un tel service. Par rapport à d'autres milieux naturels, la forêt a l'avantage d'être une entité bien identifiée et circonscrite. De ce fait, elle a fait l'objet d'assez nombreuses études de fréquentation très diversifiées au niveau local, départemental ou régional. En revanche, le suivi de cette fréquentation dans le temps fait presque toujours défaut (Granet, 2012). Ceci s'explique en partie du fait du caractère "libre" et informel de cette pratique (Dehez, 2012). En France, il n'existe pas de système de suivi organisé au niveau national sur la fréquentation des forêts (Dehez, 2012). Ainsi, on ne peut qu'estimer ponctuellement le nombre d'individus qui se rendent en forêt durant leur temps libre, alors que cette donnée constitue un indicateur clé suggéré par de nombreux rapports et traités internationaux (Dehez, 2012, p65).



338. En Europe, la dimension récréative des forêts a été abordée à travers le cycle de conférences ministérielles pour la protection des forêts (MCPFE, 2002). Le critère C6.10 ("accessibilité pour la récréation") s'attache aux aspects récréatifs à travers la mesure des surfaces de forêts et autres terres boisées accessibles au public à des fins de récréations et leur degré d'utilisation (nombre de visites). Le dernier rapport sur l'Etat des forêts en Europe (2011) montre que la plupart des pays (27 pays sur les 34 ayant répondu) offre au public la possibilité d'accéder au moins à 90 % de leurs forêts et autres terres boisées à des fins récréatives (données 2005), un chiffre en légère augmentation depuis les années 90. Mais en parallèle, seulement 10 % ou moins de ces espaces bénéficient d'une gestion principalement orientée vers cet objectif et le rapport souligne que peu de pays ont permis d'obtenir des informations pertinentes sur le nombre de visites en forêt.
339. En France, plusieurs enquêtes nationales ont été réalisées en 1996 (IFEN, DERF / CREDOC), en 2002 (Peyron *et al.*) ainsi qu'en 2004, 2010 et 2015 (enquêtes « Forêt et Société » de ONF et l'Université de Caen) qui permettent d'estimer le nombre de visites annuelles en forêt.

**Tableau 9.6 : Estimations diverses du nombre de visites en forêt**

	Part de la population qui déclare se rendre en forêt (%)	Nombre de visites par individu et par an	Nombre total de visites (millions)*
D'après IFEN, DERF/Credoc 1996	81	xxx	xxx
D'après Peyron <i>et al.</i> , 2002**	56	16	1010***
D'après ONF-Université de Caen, 2004	71	11-18	554-893
D'après ONF-Université de Caen, 2010	55	xxx	463-776
D'après ONF-Université de Caen, 2015	xxx	xxx	770- 1 180

\* hypothèse "basse"-hypothèse "haute"

\*\* enquête menée auprès de 4 504 ménages répartis sur l'ensemble du territoire français et interrogés par téléphone en 2001.

\*\*\* Ce résultat a été redressé pour tenir compte du fait que les non répondants ont moins d'intérêt pour la forêt que les répondants.

340. D'après ces enquêtes s'échelonnant entre 1996 et 2015, on peut raisonnablement penser que la fréquentation nationale récente s'établit **entre 700 millions et 1 milliard de visites annuelles**. Il faut noter que des études régionales ont également été menées ces dernières années pour évaluer le nombre de visites en forêt, notamment en Lorraine (Després et Normandin, 1998 ; Peyron, 2000 ; Abiltrup *et al.*, 2010), en Ile de France (Maresca, 2000), en Aquitaine (Dehez et Lyser, 2008) et sur le pourtour méditerranéen (Cazaly, 2002) (Dehez, 2012).
341. Les enquêtes nationales « Forêt et société » de l'ONF et de l'Université de Caen qui décrivent les pratiques de fréquentation de la forêt (publique et privée) ont été réalisées par le biais d'entretiens auprès d'un échantillon de 1000 personnes. L'identification des forêts visitées par les enquêtés permet de localiser les visites liées aux loisirs forestiers. Cependant, la taille limitée de l'échantillon ne permet pas de représenter ces données à l'échelle des régions administratives.
342. En ce qui concerne les forêts privées, l'enquête de 2012 sur la structure de la forêt privée est basée sur la déclaration des propriétaires et ne présage donc pas de la fréquentation effective de ces forêts par le public. Elle montre qu'environ 20 % des propriétés, équivalant à 28 % des surfaces de forêts privées, feraient l'objet d'une fréquentation moyenne à forte par le public.

**Tableau 9.7 : Fréquentation par le public des propriétés privées (basée sur la déclaration des propriétaires)\***

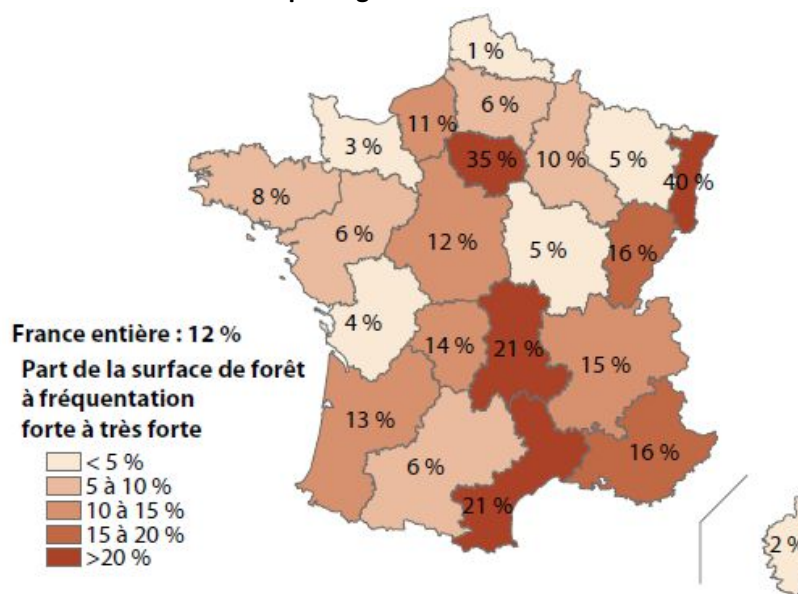
	Propriétés privées (millier)	Superficie (1000 ha)
<i>Ensemble</i>	1 070	9 289
Répartition (en %) de la fréquentation par le public		
Pas de fréquentation	11	8
Fréquentation faible	57	56
Fréquentation moyenne	16	22
Fréquentation forte	4	6
Ne sait pas	12	7

\* propriétés ayant un accès libre ou interdit par pancarte, équivalent à 94% des propriétés forestières privées (les forêts privées closes - env. 6% - ne sont pas indiquées dans le tableau car physiquement inaccessibles au public) et correspondant à 95% de la surface forestière privée totale.

Source : Enquête sur la structure de la forêt privée en 2012 (Agreste, 2014)

343. Cette enquête réalisée en 2012 ne fournit pas de carte permettant de régionaliser cette fréquentation supposée. Dans l'édition 2010 des indicateurs de gestion durable (Maaf, IGN, 2010), des cartes régionalisent cette fréquentation en se basant sur des données anciennes recueillies en 1999 dans le cadre de la précédente enquête sur la structure de la forêt privée (Figure 9.5).

**Figure 9.5: part de la surface forestière privée à fréquentation forte à très forte, par région administrative**



Source : service central des enquêtes statistiques (SCEES), aujourd'hui service de la statistique et de la prospective (SSP), 1999 (Maaf, IGN, 2010)

344. Les résultats apparaissent contrastés selon les régions et s'avèrent difficiles à mettre en relation avec la proportion de forêts privées ouvertes au public et la surface de forêt par habitant (cf. précédemment). Les forêts privées les plus fréquentées semblent se situer aux abords des grandes agglomérations (ex : Ile-de-France), dans des régions peuplées où la culture forestière est très ancrée et le taux de boisement élevé (ex : Alsace), ou encore dans des régions à la fois mitées par l'urbanisation et où l'activité touristique est très importante (ex : Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur).

- **Evolution de la fréquentation**

345. Les forêts se transforment à un rythme lent qui n'est ni celui des individus ni celui des sociétés contemporaines, au contraire marquées par l'instantanéité des pratiques et la rapidité de l'évolution des regards sociaux sur le milieu forestier. Ainsi, les interactions entre société et milieu forestier se modifient sans cesse avec l'émergence de nouveaux usages de l'espace (Papillon et Dodier, 2011). De ce fait, les évolutions de la fréquentation s'avèrent tout aussi intéressantes voire davantage que des résultats instantanés (Granet, 2012).
346. Entre 2004 et 2010, les enquêtes montraient un recul (-16 points) de la part des français déclarant s'être rendus au moins une fois en forêt durant l'année écoulée (Tableau 9.8). Cette tendance à la baisse n'est plus observée en 2015. Celle-ci montre au contraire que 87 % des Français se sont rendus en forêt au moins une fois par an cette année-là, soit une augmentation de 16 points par rapport à 2004 et de 32 points par rapport à 2010. Du fait de l'évolution récente de la méthode d'enquête qui se fait désormais en ligne et non plus en face à face, cette évolution est à considérer avec prudence. Malgré tout, on peut raisonnablement penser que la fréquentation des forêts reste stable, à un niveau élevé et que la sortie en forêt reste un loisir populaire touchant une très large part de la population française.

**Tableau 9.8 : Fréquence des visites en forêt par le public durant l'année écoulée (forêts publiques et privées)**

Fréquentation durant l'année écoulée	2015* %	2010* %	2004* %	Fréquentation durant l'année écoulée	1996** %
Au moins une fois par semaine	21	12	15	Très souvent	22
Au moins une fois par mois	51	33	42	Assez souvent	33
Au moins une fois par an	87	55	71	Rarement	26
Jamais (ou presque)	13	45	29	Jamais	19

\*Sources : Enquêtes "Forêt et société", ONF / Université de Caen, Années 2015 (enquête internet), 2010 et 2004 (enquête face à face)

\*\*Source : le opinions des français sur l'environnement et la forêt, IFEN, DERF/Credoc, 1996

347. L'évolution de la fréquentation n'apparaît par ailleurs pas homogène sur le territoire. Dans une interregion à fort taux de boisement telle que l'Est (Alsace, Lorraine et Franche-Comté), la fréquentation reste quasiment stable et à un niveau élevé. Il en est de même dans le Sud-Ouest (Aquitaine, Midi-Pyrénées et Limousin) où la fréquentation de la forêt concerne environ les deux tiers de la population. À l'inverse, la fréquentation des forêts du Nord (Nord et Pas-de-Calais) apparaît assez faible avec seulement un tiers de la population régionale ayant fréquenté la forêt en 2010 contre 56 % de visiteurs en 2004 (Granet, 2012).
348. Selon Papillon (2014), l'éloignement des espaces boisés par rapport aux zones urbaines détermine les principales variations d'usage des forêts situées en zone périurbaine (Papillon, 2014). L'enquête menée en 2010 par l'ONF et l'Université de Caen (Dobré et Cordellier, 2011) dans le prolongement de celle de 2004 confirmait déjà l'existence d'une corrélation nette entre la distance estimée à la forêt la plus proche et l'intensité de la fréquentation. Elle montre que la fréquentation intense (tous les jours à une fois par mois) a tendance à se maintenir chez ceux qui sont proches d'une forêt<sup>115</sup>. Cette structure de la fréquentation liée à la proximité déclarée restait stable entre 2004 et 2010. Inversement, plus on s'éloigne de la forêt, en particulier à plus d'une heure en voiture, et moins on y va (64 % n'y vont jamais).

<sup>115</sup> Avec une corrélation positive qui se manifeste sur toutes les fréquences et d'autant plus pour les fréquences les plus intenses.

349. Ces enquêtes montrent également que la voiture individuelle reste le moyen le plus répandu pour se rendre en forêt : elle représente 62 % des déplacements devant la marche à pied ( $\approx 1/3$  des visiteurs), les transports en commun et le vélo (4 %) (Dobré et Cordellier, 2011). Les distances parcourues sont en général inférieures à 15 km (aller) en moyenne (Peyron *et al.*, 2002 ; Dehez *et al.*, 2009). En 2001, 80 % des habitants d'île de France qui déclaraient se rendre en forêt habitaient à moins d'une demi-heure de celle-ci (Maresca, 2001).

## • **Bénéfices issus de la récréation en forêt sur la santé**

350. Les forêts exercent sur la santé un effet bénéfique qui repose à la fois sur la qualité de l'environnement et les activités que l'on y pratique. Peu d'études ont analysé les liens qui existent entre ces espaces de nature, les activités que l'on peut y pratiquer et leurs bienfaits sur la santé. Néanmoins, quelques travaux réalisés en Europe<sup>116</sup> montrent que les personnes fréquentant régulièrement ou se situant à proximité d'espaces vert et a fortiori de forêts sont en meilleure santé et présentent un meilleur niveau de bien-être<sup>117</sup>. Ces enquêtes basées sur l'expression des préférences permettent indirectement d'apprécier l'effet des forêts sur le niveau de bien-être et renforcent l'idée que les forêts sont un atout pour la santé de ceux qui la fréquentent, à savoir en priorité ceux qui se situent à proximité. D'autre part, une étude expérimentale réalisée au Japon a mis en évidence l'effet relaxant de la fréquentation de la forêt d'un point de vue physiologique : une réponse de l'organisme liée à une diminution du niveau de stress (diminution du rythme cardiaque, de la pression artérielle...) a été observée sur des individus invités à effectuer un parcours en forêt (15 minutes) puis à contempler le paysage (15 minutes) au sein de cette même zone (Park, 2009). Ces premiers résultats laissent entrevoir le potentiel des forêts pour la santé publique, tout particulièrement au sein de sociétés urbanisées dans lesquelles les maladies liées au stress prennent de l'ampleur.

## • **Bénéfices issus de la récréation en forêt sur l'économie**

351. La contribution économique de la filière forêt-bois s'établit bien sûr à travers les différentes activités de gestion, d'exploitation et de transformation du bois mais également à travers des activités associées à la récréation et qui ont évolué ces dernières années telles que le tourisme, la chasse et la cueillette. L'essor d'une économie de services basée sur les fonctions d'accueil du public en forêt comme l'écotourisme est notamment une source de recettes et d'emplois probablement importante mais aussi complexe à évaluer dans la mesure où ces activités sont à cheval sur plusieurs secteurs économiques.

## **9.1.3 Liens avec l'état, le fonctionnement et les pratiques de gestion**

### **9.1.3.1 Perception de la présence d'aménagements paysagers et d'équipements**

352. Les usagers apprécient de pouvoir évoluer au milieu d'un espace naturel calme et de proximité, même si celui-ci ne dispose pas des équipements qui existent dans une forêt domaniale ou dans un parc d'agglomération (Papillon, 2014). Des études régionales montrent cependant une corrélation significative entre la présence d'équipements ou d'aménagements paysagers et la fréquentation de la forêt par le public<sup>118</sup>.

---

<sup>116</sup> réalisées notamment au Danemark, aux Pays-Bas et en Suède

<sup>117</sup> diminution du niveau de stress, amélioration des capacités de concentration, atténuation de l'irritabilité

<sup>118</sup> Corrélation n'est pas causalité : il serait intéressant de savoir si les équipements présents en forêt y ont été installés du fait de leur fréquentation soutenue et si la présence de ces derniers a suscité un accroissement du nombre de visites régulières.

353. Une étude régionale réalisée en Aquitaine (Dehez *et al.*, 2009) montre notamment que (i) le cadre naturel dans son ensemble, (ii) les équipements et (iii) les éléments déplaisants aux yeux des visiteurs sont des éléments du cadre récréatif qui jouent un rôle déterminant sur la fréquentation. Cette étude et de nombreuses autres mettent néanmoins en évidence le caractère prépondérant du cadre naturel qui constitue définitivement l'attrait principal de la forêt : dans le Sud-Ouest par exemple, les parkings, buvettes et restaurants et pistes pour engins motorisés reçoivent une très faible adhésion (Dehez *et al.*, 2012).

**Tableau 9.9 : Les aménagements paysagers et équipements qui motivent une visite en forêt, en Aquitaine, d'après Dehez *et al.* (2012)**

Aménagements proposés	Taux de réponse favorable (%)
Endroits où il y a de l'eau	86,6
Réserves naturelles	86,2
Clairières et point de vue	86
Lieu propre	84,2
Sentiers balisés ou de découverte	80,7
Parcours de santé	67,4
Chemins non balisés	63,2
Pistes cyclables	57,7
Equipements de pique-nique	54,1
Parkings	37,8
Buvettes et restaurants	14,2
Pistes pour les engins motorisés	13,5
Aucun de ces équipements	0,8

*Total supérieur à 100%, plusieurs réponses possibles*

*Base : individus déclarant se rendre au moins une fois en forêt en 2006*

354. La tendance se confirme lorsque l'on examine les facteurs qui détournent les individus de la forêt : les rejets s'expriment en priorité sur les ordures, les très gros équipements, les activités motorisées ou, plus généralement, "le monde" (Dehez *et al.*, 2012).

**Tableau 9.10 : Éléments déplaisants au point de renoncer à une visite en forêt, en Aquitaine, d'après Dehez *et al.* (2012)**

Désagréments proposés	Part des usagers qui déclarent renoncer à la visite (%)
Ordures	97,2
Activités motorisées	80,5
Trop d'équipement d'accueil	70,2
Trop de monde	68,7
Chasseurs	53,8
Exploitation forestière	40,9
Présence d'arbres morts	32,3
Trop de résineux	12,7
Aucun de ces éléments	0,6

*Total supérieur à 100%, plusieurs réponses possibles*

*Base : individus déclarant se rendre au moins une fois en forêt en 2006*

*Lecture : 97,2% des usagers renonceraient à se rendre en forêt s'ils devaient y trouver des ordures*

355. En vue d'une évaluation par bouquets de services (§ 11), ces données donnent une première idée de l'existence de relations antagonistes entre services écosystémiques, par exemple entre la promenade et l'activité de chasse (et donc la fourniture de gibier - § 8.2). Il est intéressant de constater que l'exploitation forestière et la présence de bois mort sont perçues négativement par une proportion assez importante d'usagers (respectivement 40,9% et 32,3%) et qu'en même temps, la propreté du lieu constitue un facteur déterminant de la motivation à se rendre en forêt (84,2%). En ce qui concerne la présence de bois mort, ce résultat peut être nuancé au regard des résultats de l'étude menée par Edwards *et al.* (2011) qui montre l'importance relativement secondaire de la quantité de bois mort (sur pied et au sol) sur la valeur récréative des forêts. En revanche, ils confirment la perception globalement négative des activités de gestion par les visiteurs.
356. Les résultats d'une autre enquête régionale réalisée en 2010 sur l'usage récréatif des forêts en Lorraine<sup>119</sup> offre des résultats contrastés mais globalement concordants. Elle montre notamment que, dans les conditions locales, la forêt préférée des enquêtés est feuillue ou mixte avec plusieurs chemins de randonnées balisés, avec un parking ou un point de pique-nique et la présence d'eau (Abiltrup *et al.*, 2012)<sup>120</sup>.
357. À l'échelle nationale, l'enquête réalisée en 2004 par l'ONF et l'Université de Caen établissait un lien entre la fréquence des visites et la tendance à se montrer critique vis-à-vis de divers aspects de l'entretien et des équipements de la forêt. Les avis négatifs portaient en particulier sur la présence de bois mort ou sur l'état des équipements pour le public (Dobré et Cordellier, 2011). Néanmoins, ce lien entre la fréquence des visites et l'esprit critique ou la non satisfaction n'apparaît plus dans l'enquête réalisée en 2010. Par contre, la dernière enquête fait émerger plus clairement une corrélation entre des positions critiques et le fait d'aller en plein air le plus souvent possible.

### 9.1.3.2 Perception de la sylviculture par le public

358. La prise en compte des attentes du public en forêt ou autour d'elle - notamment en matière de paysage, de qualité de gestion, d'information,... - se concrétise en général par une adaptation de l'aménagement paysager mais aussi par une gestion sylvicole plus fine, plus complexe des forêts les plus fréquentées. Pour satisfaire les attentes du public, il revient ainsi aux gestionnaires forestiers de construire des paysages ayant le plus possible l'apparence de la naturalité (Fischesser, 2009). Le mode de traitement d'un peuplement ou d'une forêt constitue à cet égard un moyen important à la disposition du forestier pour répondre aux attentes du public en matière de récréation. Le traitement modifie en effet l'aspect de la forêt et détermine ainsi une partie des perceptions et des fréquentations récréatives.
359. Selon Papillon (2014), les forêts traitées en taillis, en futaie régulière ou irrégulière, n'ont pas les mêmes apparences et l'intérêt qu'elles suscitent auprès des usagers varie de ce fait sensiblement. La hauteur, la rectitude et le volume des arbres semblent attirer de nombreux usagers et touristes (*cf.* précédemment). Mais les traitements en futaies régulières impliquent aussi des coupes de régénération et des coupes à blanc qui sont devenues intolérables aux yeux des urbains. Les forêts bénéficiant d'un mode de traitement non régulier répondent de ce point de vue davantage à la demande de loisir en forêt dans la mesure où les travaux sylvicoles qui s'y déroulent sont peu envahissants. Ce mode de traitement requiert néanmoins une gestion plus fine et plus complexe pour le forestier (nécessite notamment une bonne technicité et des interventions plus fréquentes et plus douces).

---

<sup>119</sup> Une région caractérisée par un taux de boisement élevé et une fréquentation accrue des forêts par le public.

<sup>120</sup> Étude basée sur des choix hypothétiques qui seraient à confronter au comportement réel des personnes interrogées.

### 9.1.3.3 Perception de la valeur récréative des forêts selon les différents états forestiers

360. Les différents modes de traitement des peuplements (taillis, futaie régulière ou irrégulière) ont une influence sur les caractéristiques biophysiques des forêts (cf. plus haut) qui fait varier la satisfaction du visiteur et la valeur récréative des forêts. Comme on l'a vu, on observe généralement une nette préférence pour les degrés de gestion les moins intensifs allant de pair avec une forte corrélation négative entre la taille des coupes à blanc et la valeur récréative. Pour répondre au mieux aux attentes du public, les opérations sylvicoles doivent donc être les moins perceptibles possibles. Par ailleurs, la qualité des aménagements paysagers et des équipements influence aussi le nombre de visites, tantôt positivement (propreté, sentiers balisés, parcours sportifs, point d'eau,...), tantôt négativement (ordures, véhicules motorisés, forte fréquentation, exploitation,...).

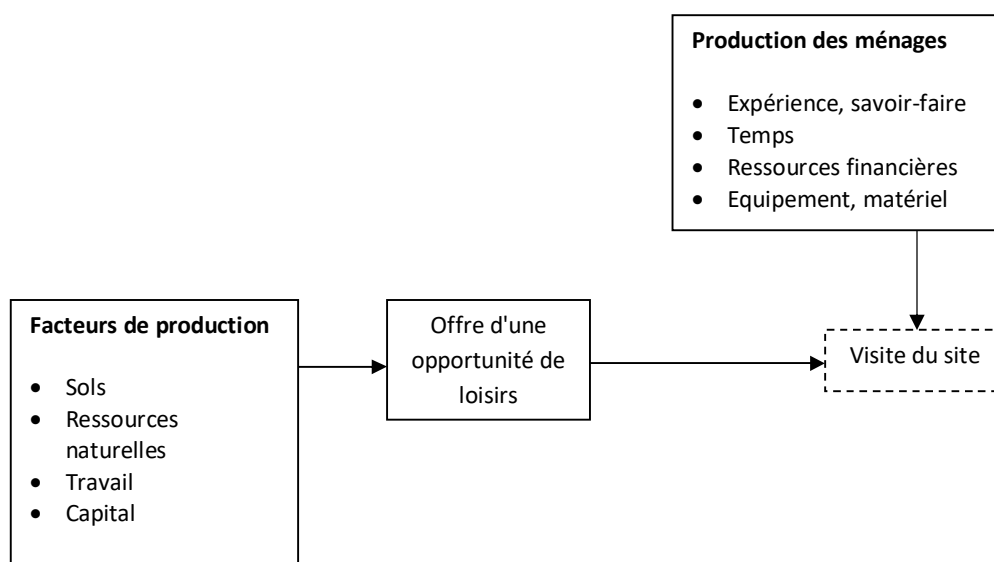
**Tableau 9.11 : valeur récréative des forêts selon les différents types de forêts de l'EFESE**

<p><b>E1- Milieux forestiers ouverts</b></p> <p>-</p> <p><i>L'espacement des arbres, la pénétration de lumière et la présence d'espèces de milieux ouverts (exemple : papillons) sont des facteurs pouvant être attractifs pour le public (varie selon le type et l'origine de l'ouverture du milieu).</i></p> <p><i>Cependant, les milieux ouverts succédant à des coupes de régénération, éventuellement rases (moins de 5% en surface de E1) sont perçues très négativement.</i></p>	<p><b>E2 – Plantations</b></p> <p>-</p> <p><i>La grande taille des arbres et leur rectitude sont perçues positivement, de même que la quasi-absence de bois mort. Mais la diversité des essences est généralement assez faible et le niveau de fermeture élevé, ce qui se traduit par une diversité végétale moindre.</i></p> <p><i>Les peupleraies sont associées à une faible valeur récréative.</i></p>	<p><b>E6 - Milieux forestiers matures</b></p> <p>+</p> <p><i>Dans les très vieilles futaies, la luminosité peut être excellente grâce à l'interruption du couvert et le promeneur y découvre ces jeux de l'ombre et de la lumière, auxquels il tient (Schadeffer, 1951). La grande dimension des arbres, la faune et les autres aspects exceptionnels de ces forêts suscitent aussi l'appréciation et la fréquentation.</i></p> <p><i>Par contre, les dangers et les difficultés d'accessibilité (physique et réglementaire) existantes pour une partie des forêts matures ainsi que l'absence d'aménagements limitent l'attrait du public.</i></p> <p><i>Des aspects exceptionnels mais des contraintes physiques ou réglementaires d'accès.</i></p>
	<p><b>E3-Taillis</b></p> <p>-</p> <p><i>Le taillis est associé à une faible valeur récréative (hors zone particulière) du fait de la forte densité d'arbres, de la difficulté d'y circuler et de leur faible diversité. Néanmoins, ils sont souvent liés à l'activité d'affouage</i></p>	
	<p><b>E4- Futaies semi-naturelles</b></p> <p>+ +</p> <p><i>Forêts gérées avec des arbres de plus ou moins grande dimension.</i></p> <p><i>Les futaies semi-naturelles, et davantage encore les futaies irrégulières, assurent une plus grande permanence de l'ambiance et du paysage forestier (travaux sylvicoles moins visibles, notamment en ce qui concerne la régénération, par rapport à E2 ET E3). (Voir Dubourdiou, 1990)</i></p>	
	<p><b>E5- Forêts naturelles</b></p> <p>--</p> <p><i>L'absence d'exploitation est source d'insécurité pour le promeneur.</i></p> <p><i>La présence de bois mort, la faible luminosité, l'absence d'équipement ou d'aménagement (sentiers balisés, parcours sportif,...) sont sources de désagrément.</i></p>	
<p>**Le niveau de service (régulation des températures diurnes estivales) est estimé à dire d'experts (système de notation à 4 niveaux : - - / - / + / + +)</p>		

## 9.1.4 Valeurs du service et discussion

361. Comme le montre le rapport du Centre d'analyse stratégique (Chevassus-au-Louis *et al.*, 2009), les estimations de la valeur économique des activités de loisir en forêt sont très dispersées dans le Monde, notamment du fait des écarts très importants du taux fréquentation selon les régions, très faible par exemple dans les grandes forêts boréales de pays peu peuplés (ex: Canada, Scandinavie) et très fort à l'opposé dans des forêts très exploitées par le tourisme ou périurbaines. À l'échelle européenne, il existe des travaux de recherche qui évaluent les coûts et les avantages liés à la récréation et au tourisme de nature mais ils sont fragmentaires (Simpson, 2008). En France, les premières évaluations économique dans les forêts françaises datent des années 90 (Bonnieux et Guerrier, 1992; Després et Normandin, 1998). Mais si les études estimant la valeur récréative à l'échelle d'un ou plusieurs sites forestiers ou d'une zone plus large sont nombreuses, celles réalisées à l'échelle de la France le sont beaucoup moins (Garcia et Jacob, 2010). Les principales études françaises régionales centrées sur l'évaluation économique des loisirs en forêt ont été recensées par le Laboratoire d'Economie Forestière<sup>121</sup>: leurs références sont données en Annexe 7.
362. La fourniture de ce service récréatif invite à distinguer l'offre et la demande. Dans cette perspective, Dehez (2012) reprend notamment les propos de Robinson (1967) qui explique que le propriétaire désireux d'offrir un tel service n'avance tout au plus qu'une "opportunité de loisirs" à laquelle le visiteur décide de répondre ou pas. Pour schématiser la coproduction de ce service par le forestier et l'utilisateur, il fait ensuite référence aux travaux de Loomis et Walsh (1997) (Figure 9.6).

**Figure 9.6 : coproduction d'un service récréatif par le forestier et l'utilisateur d'après Loomis et Walsh, 1997 (Dehez, 2012)**



363. Dans cette représentation, les facteurs de production tels que les sols ou les ressources naturelles constituent une opportunité de loisirs. Pour que celle-ci se transforme en consommation, les visiteurs doivent engager leurs propres ressources, qu'il s'agisse de temps, d'argent ou d'équipements. *In fine*, la décision de consommer s'exprime par les déplacements sur le site. Certains auteurs privilégient une vision centrée sur l'offre et les caractéristiques, c'est-à-dire les deux boîtes de gauche sur le schéma tandis que d'autres préfèrent l'approche par la demande et la fréquentation (Dehez, 2012).

<sup>121</sup> <http://www6.nancy.inra.fr/lef>



364. Les études strictement centrées sur l'évaluation économique de l'offre de loisirs en forêt sont assez rares. À l'échelle européenne, les travaux de Zandersen *et al.* (2009) et d'Edwards *et al.* (2011) présentés plus haut permettent d'identifier les attributs forestiers qui pourraient avoir une influence sur la valeur récréative des forêts mais aucune valeur économique n'est proposée. En revanche, quelques études nationales et de nombreuses études régionales se sont employées à évaluer la valeur récréative de la forêt en se basant sur les préférences des usagers. Ces études centrées sur la demande et les usagers ont recouru à des enquêtes qui intègrent parfois des attributs tels que les caractéristiques du site et évaluent leur impact sur le niveau de service rendu.
365. Les nombreuses estimations de la valeur récréative des écosystèmes qui sont recensées dans la publication de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA, 2005) sont fondées sur deux grands types de méthodes basées sur les préférences révélées<sup>122</sup> (prix hédonistes, coûts de transport, coûts de substitution, *etc.*) et les préférences déclarées (évaluations contingentes, analyse conjointe ou choice experiment, *etc.*)<sup>123</sup> (Stenger *et al.*, 2009). Une troisième catégorie de méthode, celle du transfert de bénéfices, a fait son apparition plus récemment dans le domaine forestier<sup>124</sup>. Liées à l'économie du bien-être, les méthodes d'évaluation dites des préférences révélées permettent de déceler des marchés de biens ou services dont la consommation est complémentaire à celle des services récréatifs alors que celles dites des préférences déclarées consistent à créer des marchés hypothétiques sur lesquels les usagers exprimeront leurs préférences (Dehez, 2012).

## Evaluation de la valeur récréative des forêts à partir de la méthode des coûts de transport

366. Dans cette partie, nous présenterons les résultats des principaux travaux d'évaluation réalisés à l'échelle de la France ou de l'Europe qui tentent d'appréhender la demande *via* des méthodes d'évaluation basées sur les préférences révélées, en particulier celle des coûts de transport qui consiste à estimer le consentement à payer des ménages pour accéder à la forêt.
367. Comme l'explique Dehez (2012), la méthode des coûts de déplacement est certainement la plus connue et la plus appliquée aux services récréatifs. Elle stipule que les dépenses engagées par un individu pour se rendre sur un site reflètent l'intensité de sa demande pour ce dernier. Toutes choses égales par ailleurs, elle suppose que plus le coût de déplacement croît, moins la fréquentation est élevée.
368. Comme on l'a vu précédemment, de nombreuses études montrent effectivement que la proximité de la forêt est un déterminant essentiel de la fréquentation, même si elle n'est pas suffisante pour l'appréhender totalement (*cf.* plus haut). À l'échelle nationale, une enquête de Peyron *et al.* (2002)<sup>125</sup> a été menée auprès de 4 500 ménages<sup>126</sup> répartis sur l'ensemble du territoire français métropolitain. Ces dépenses sont estimées à environ 2 milliards d'euros par an, soit à 83 €/ménage/an<sup>127</sup> ou encore à 126 €/ha/an.

<sup>122</sup> Méthode qui consiste à évaluer la valeur du service récréatif par le biais d'un marché lié à la consommation de service (coûts de déplacement, prix immobiliers, *etc.*)

<sup>123</sup> Méthode qui consiste à faire révéler par le moyen d'enquêtes les consentements à payer des individus pour une amélioration de la qualité de l'environnement (Brahic et Terreaux, 2010)

<sup>124</sup> Méthode qui consiste à utiliser une évaluation réalisée sur un premier site, dit site d'étude pour en déduire l'évaluation pour un second site, dit site d'application. Sa qualité principale est de permettre l'évaluation rapide et à moindre coût des bénéfices induits par une variation de la qualité d'un bien environnemental (Rozan et Stenger, 2000).

<sup>125</sup> Etude financée par EUROSTAT

<sup>126</sup> Le ménage a été choisi comme unité d'observation car la récréation est souvent considérée comme une activité familiale. De plus, elle nécessite souvent une voiture et engendre des coûts collectifs. Le comportement individuel ne peut donc pas être expliqué seulement par les caractéristiques individuelles mais aussi par les caractéristiques des ménages tel que le nombre d'individus les composant.

<sup>127</sup> Un ménage est composé en moyenne de 2,5 personnes.

369. Cette estimation part du principe que la valeur du service récréatif peut être déduite des dépenses de déplacement consentis par un ménage pour se rendre en forêt. L'étude prend en compte les dépenses liées à l'utilisation d'un véhicule que sont le carburant, la maintenance et les coûts fixes. Ces différentes dépenses sont évalués dans l'étude à 0,24 €/km en moyenne (en se basant sur des données récoltées en 2001). Les dépenses engendrées lors d'un trajet en transport en commun (prix du ticket) et celles induites par la durée du déplacement sont négligées (Tableau 9.12).

370. À raison de 23,810 millions de ménages se rendant en moyenne neuf fois par an en forêt avec un véhicule et parcourant en moyenne 38,4 km aller-retour (19, 2 km aller), les auteurs (Peyron *et al.*, 2002) évaluent à 8,229 millions le nombre de kilomètres parcourus par an par les ménages pour se rendre en forêt. Les dépenses associées à cette distance parcourue correspondent à environ 2 milliards d'euros par an. Dans cette étude, le surplus du visiteur - c'est à dire le coût d'entrée qu'un visiteur serait prêt à payer pour profiter de la forêt - est déduit de ces coûts de déplacement. Il n'est pas évalué en détail mais sa valeur est jugée très élevée, de l'ordre de quatre fois les dépenses de déplacement, correspondant à une valeur du service récréatif de l'ordre de 8 milliards d'euros par an.

**Tableau 9.12 : caractéristiques principales des visites en forêt en fonction des activités pratiquées ; le nombre de visite par ménage est donné pour tout l'échantillon, que celui-ci ait répondu ou non, qu'il se soit rendu en forêt ou non. Valeurs calculées à partir des réponses formulées par 2145 ménages.**

Moyen de transport	Nombre de visite (nb/foyer/an)	Personnes/visite (nb/visite)	Distance moyenne (km)	Durée moyenne (h/visite)
Voiture	<u>9,0</u>	<u>2,5</u>	<u>19,2</u>	<u>2,9</u>
Marche	7,6	2,1	1,1	1,8
Vélo	1,3	2,3	4,6	3,0
Transports en commun	0,2	1,1	19,5	3,8
Autre moyen de transport	0,2	1,1	2,9	2,6
Ensemble	18,6	2,3	10,5	2,5

Source : enquête Nationale sur la demande de récréation en forêt en France pour EUROSTAT (Peyron *et al.*, 2002)

371. Le rapport du Conseil d'analyse stratégique de Chevassus-au-Louis (2009) reprend les résultats de cette enquête en actualisant notamment le coût du kilomètre. Une valeur de référence moyenne d'environ 200 euros par hectare et par an est proposée - équivalent à environ 3 Milliard d'euros par an. Ces dépenses varient de 0 euro pour les forêts non accessibles (la surface « visitable » est considérée égale à environ 50 % de la surface forestière totale) à 2 000 euros par hectare et par an pour les forêts périurbaines les plus fréquentées<sup>128</sup>.

<sup>128</sup> Les visites effectuées par les ménages pour les activités de chasse, de cueillette et de pêche ne sont pas prises en compte dans cette évaluation de la valeur récréative de la forêt car elles sont traitées par ailleurs.

372. L'étude de Garcia et Jacob (2010) reprend aussi les données de l'enquête de Peyron *et al.* (2002) pour y appliquer à nouveau la méthode des coûts de transport. Elle permet en particulier :

- d'évaluer la valeur récréative de la forêt en passant par le calcul du surplus individuel, équivalent à la capacité à payer maximale d'un ménage pour se rendre en forêt (Garcia et Jacob, 2010);
- d'intégrer, entre autres, les caractéristiques biophysiques des forêts afin de mieux refléter l'hétérogénéité des forêts. L'échantillon est ainsi segmenté en neuf inter-régions formant des ensembles forestiers cohérents<sup>129</sup>.

373. Les surplus individuels sont calculés pour chacune de ces régions, montrant des variations assez nettes allant de 8,20 € par visite en Rhône-Alpes à 46,73 € par visite en Midi-Pyrénées<sup>130</sup> (Tableau 9.13). À partir de la proportion de visites faites dans chaque région forestière, les auteurs calculent ensuite une valeur récréative moyenne pour la France métropolitaine qu'ils évaluent à 22,61 € par ménage et par visite. Cette estimation leur permet enfin d'estimer en 2001 quelle était la valeur totale de la récréation en forêt en France métropolitaine, soit 8,528 milliards d'euros, un résultat tout à fait en accord avec l'estimation faite par Peyron *et al.* (2002).

**Tableau 9.13 : surplus du consommateur par visite par région forestière (Garcia et Jacob, 2010)**

	Régions côtières du Nord-Ouest	Ile-de-France Centre Poitou-Charentes	Champagne-Ardenne Bourgogne	Alsace Lorraine Franche-Comté	Aquitaine	Auvergne-Limousin	Rhône-Alpes	Midi-Pyrénées	Sud-Est
Surplus en euros*	24,04	21,55	34,25	76,34	-27,93	27,10	8,20	46,73	20,37
Ecart-type	(4,16)	(5,99)	(7,21)	(674,65)	(127,59)	(36,82)	(2,29)	(24,23)	(15,45)

\*Surplus significativement différents de zéro en gras

374. À l'échelle européenne, la méta-analyse de Zandersen *et al.* (2009), qui couvre 9 pays et s'appuie sur 26 études utilisant la méthode des coûts de transport, confirme que l'accessibilité et la proximité géographique d'un site forestier par rapport à une agglomération joue un rôle significatif sur la valeur du service récréatif. Cette étude évalue le surplus moyen du consommateur à 4,52 € par déplacement, avec des valeurs variant de 0,66 à 112 € (*cf.* tableau 9.14). Au-delà de ce résultat, l'étude permet surtout de formuler des conclusions intéressantes quant à l'influence de multiples paramètres d'ordre méthodologique sur la variabilité des estimations réalisées, qu'ils s'agisse de la mesure<sup>131</sup>, de la méthode d'évaluation<sup>132</sup>, de la définition des coûts<sup>133</sup>, de l'inclusion de sites de substitution ou non, d'enquêtes face à face ou postale,... Cette étude montre notamment que le coût d'opportunité du temps (variable qui n'est pas prise en compte dans les évaluations de Peyron *et al.*, 2002 et de Garcia et Jacob, 2010) a une influence significative sur le calcul du surplus du consommateur. Elle montre également que d'autres données exogènes telles que les caractéristiques et la localisation du site (taille des arbres, diversité en âge, surface ouverte,...) ont un impact sur l'estimation du bien-être associé à l'utilisation de ce service récréatif.

<sup>129</sup> Pour pallier l'absence de données au niveau national, une pratique commune est d'extrapoler ou d'agrèger les valeurs estimées de plusieurs sites forestiers relativement identiques et représentatifs, à l'ensemble du territoire national.

<sup>130</sup> Ces chiffres correspondent à des estimations préliminaires qui devraient être confirmées par de nouvelles études empiriques.

<sup>131</sup> Valeur par voyage, par jour, par saison,...

<sup>132</sup> Zonale versus individuelle,...

<sup>133</sup> Peut inclure ou non le coût d'opportunité du temps, composition des coûts liés à l'utilisation d'un véhicule, ...

**Tableau 9.14 : récapitulatif des études qui proposent une valeur nationale de la récréation en forêt**

	Région	Méthode utilisée	Coût / visite
Peyron <i>et al.</i> , 2002	France	Aucune. Peyron <i>et al.</i> propose d'approcher la valeur récréative par un calcul simplifié des dépenses engendrées lors d'un déplacement	≈ 9,2€ par ménage
Garcia et Jacob, 2010	France	Coûts de transport.	≈ 22,6 € par ménage

	Coût du véhicule	Nombre de ménages (millions)	Distance parcourue (Aller-retour)	Nombre de visites par ménage	Coût total du déplacement (G€)	Coût par ménage (€)	Coût par hectare et par an (€)	Calcul du surplus (G€)
Données issues de l'enquête de Peyron <i>et al.</i> (2002)	0,24 €/km	23,810	38,4 km	9	1,97	83	126	8
Données actualisées	0,25* €/km	27,806**	38,4 km	9	2,40	86	146	10

\*Source : évolution du budget automobile des ménages français depuis 1990 (Ministère de l'économie et des finances DGCCRF, 2013)

\*\*Source : Institut national d'études démographiques (2013)<sup>134</sup>

375. En reprenant le calcul simplifié de l'enquête de Peyron *et al.* (2002), il est possible d'actualiser la valeur du service récréatif en considérant que :

- **le nombre de ménages a augmenté** : en 2013, le nombre de ménages est estimé à environ 27,8 Millions (INED, 2013), soit une augmentation de l'ordre de 17 % depuis 2001 ;
- **le coût du véhicule a légèrement augmenté** : le coût de l'indemnité kilométrique serait plutôt de l'ordre de 0,25 euro par kilomètre (0,24 €/km en 2001) ;
- **la surface forestière totale a augmenté** : en moyenne, la surface forestière totale sur la période 2008-2012 s'élève à environ 16,4 Millions d'hectares, soit une progression de l'ordre de 4 % depuis 2001 ;
- **le nombre de visites annuelles par ménage est resté stable** : les données fournies par enquêtes « forêt et société » de 2004 et 2015 (ONF et Université de Caen) sont difficiles à exploiter du fait d'un changement de méthode. Si elles semblent indiquer une augmentation très importante du nombre de visites entre 2004 et 2015, notamment de ceux qui s'y rendent régulièrement, nous préférons néanmoins attendre que ces résultats soient consolidés pour en tenir compte ;
- **le nombre total de kilomètres effectués par les ménages pour se rendre en forêt est resté stable** : du fait de l'augmentation démographique, il est probable que de nombreux foyers se soient rapprochés des forêts. Or la distance à la forêt est un déterminant a priori assez fort de la visite en forêt. Cependant, sans données à ce stade pour quantifier cette évolution, nous ne la prendrons pas en compte.
- **la relation entre la distance à la forêt et le nombre de visites effectuées par les ménages est la même qu'en 2001** : plus la distance augmente et plus le nombre de visites par ménage diminue. Cette relation décrite dans l'enquête de Peyron *et al.* (2002) permet d'évaluer le surplus des visiteurs qui s'élève à environ 4 fois le coût de transport.

<sup>134</sup> <https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/chiffres/france/couples-menages-familles/menages/>

376. En tenant compte de ces valeurs actualisées, il est alors possible de déduire à nouveau le surplus des visiteurs, c'est à dire le coût d'entrée qu'un visiteur serait prêt à payer pour profiter de la forêt. Les coûts de transports s'élèvent désormais à 2,4 Milliards d'euros, soit 146 euros/hectare/an. Comme l'avait estimé Peyron *et al.* (2002), le surplus est de l'ordre de 4 fois les coûts de transport, ce qui correspond à une valeur totale d'environ 10 Milliards d'euros, une valeur probablement sous-estimée au vu des nombreuses simplifications effectuées.

---

## **CHAPITRE 10**

### **Le patrimoine naturel forestier**

---

## 10.1 Introduction

377. Dans son cadre conceptuel, L'EFESE limite l'évaluation des services écosystémiques aux valeurs d'usage, telles que celles du tourisme ou des usages récréatifs. Elle reconnaît néanmoins l'importance des valeurs non-utilitaires attribuées à certains éléments des écosystèmes<sup>135</sup> et leurs produits. Un objet, un lieu peut tout à fait être investi d'une valeur qui n'a rien d'économique ou d'évaluable quantitativement. Les espaces de nature sont tout particulièrement l'objet de ce type de valeur qu'on qualifie d'intrinsèque en la distinguant d'une valeur instrumentale (Wilson, 1988). La valeur instrumentale est attribuée à une chose « lorsqu'on la valorise en tant que moyen pour une autre fin qu'elle-même » (Maris, 2014). La valeur intrinsèque ou morale, elle, a été développée par les tenants de l'éthique environnementale pour qui l'homme a des devoirs vis-à-vis de la nature, en particulier celui de bien s'y conduire et de la protéger (Larrère 2013 ; Larrère et Larrère 1997).
378. Le patrimoine naturel résulte d'un processus de reconnaissance qui conduit à distinguer certains éléments des écosystèmes à travers, par exemple, un label ou une mesure de protection réglementaire, et à leur conférer un caractère remarquable au nom de valeurs esthétiques, spirituelles, identitaires, symboliques ou éthiques. Il L'évaluation du patrimoine naturel vise notamment à identifier les éléments des écosystèmes dont l'altération conduirait à remodeler en profondeur nos identités et nos valeurs.
379. L'évaluation présentée dans ce chapitre vise à caractériser des éléments patrimoniaux des forêts françaises à travers la description des processus de reconnaissance de ces éléments. Avant de conduire cette évaluation, il semble cependant utile de préciser la notion complexe de patrimoine naturel.

**Tableau 10.1- Déclinaison du concept de patrimoine naturel selon l'EFESE**

Division	Groupe	Classe	Exemples d'éléments de patrimoine naturel
<b>Autres formes d'interactions</b> avec les écosystèmes et les paysages	Sites, paysages et espèces remarquables	Eléments protégés des écosystèmes	Sites et paysages naturels protégés Espèces protégées
		Eléments labellisés des écosystèmes	Arbres remarquables Espèces rares Espèces et sites emblématiques
		Biens issus des écosystèmes à valeur patrimoniale	Produits labellisés Produits issus de pratiques traditionnelles
	Autres formes d'interaction	Culture, attachement et identité	Sites, paysages et espèces cités dans l'art ou la littérature
		Esthétique et spiritualité	Sites, paysages et espèces à caractère sacré

Source : MEEM, 2017

<sup>135</sup>Ecosystèmes (sites), éléments de structure (arbres), processus (migration d'espèces), etc.

380. Etymologiquement, le mot patrimoine fait référence à la notion de transmission. Le glissement du concept à une dimension collective et culturelle du patrimoine lui confère alors un statut de bien commun, dont la nation est collectivement dépositaire et responsable vis-à-vis des générations futures (Maitre d'Hôtel & Pelegrin, 2012). Les valeurs patrimoniales combinent des valeurs identitaires (historico-culturelles), mais aussi spirituelles et symboliques qui font d'un élément ou processus naturel un patrimoine à conserver pour le présent et les générations futures. On parle parfois de valeurs d'héritage ou de legs qui renvoient à une dimension altruiste envers les générations futures.

381. En résumé, la notion de patrimoine naturel :

- met l'accent sur le caractère hérité et transmissible de celui-ci ;
- insiste sur sa valeur collective (bien commun) ;
- se situe au carrefour des dimensions identitaires, spirituelles et symboliques ;
- renvoie, du point de vue de l'écologie, au caractère emblématique ou remarquable de certains éléments naturels au sein d'un territoire donné : rareté, vulnérabilité (espèces menacées...) ou endémisme d'espèces ou d'habitats particuliers.

382. Selon Alphandéry (2002), l'attention portée au patrimoine naturel est multiple: elle comporte à la fois une dimension écologique, mais aussi une préoccupation esthétique, une aspiration à un enracinement local, un attachement à un cadre de vie et la recherche d'activités proches de la nature. Comme le constatent Bénos & Milian (2013), la reconnaissance du patrimoine « naturel » est certes fondée sur les spécificités de leur naturalité, mais leur valeur patrimoniale tient aussi à leur caractère syncrétique associant à leurs particularités physiques des éléments culturels (Bénos & Milian, 2013). La valeur patrimoniale d'une forêt est ainsi souvent combinée à une valeur instrumentale (abordée comme service culturel : récréation, aménités paysagères, cf. chap. 10) mais aussi à une valeur intrinsèque (valeur d'existence d'un actif naturel pour lui-même, comme fin en soi, sans considération de son éventuelle utilité<sup>136</sup>). Ces trois notions sont bien définies mais ne constituent pas des catégories exclusives (Figure 10.1) d'où la difficulté de les distinguer totalement dans l'analyse.

383. En France, la notion de « patrimoine naturel » apparaît pour la première fois dans un texte de Loi au moment de la création des Parcs naturels régionaux (PNR) en 1967. Elle surgit à nouveau dans la loi relative à la protection de la nature (1976), désignant alors des espèces emblématiques dites « d'intérêt patrimonial » et leurs habitats naturels, au cœur des politiques de conservation de l'époque (listes nationales et régionales d'espèces menacées, inventaire des zones naturelles d'intérêt faunistique et floristique – ZNIEFF, etc.) (Alphandéry, 2002). Dès lors, la notion de patrimoine naturel n'a cessé de prendre de l'ampleur et se diffuse largement dans les années 90 : la nature fait l'objet d'un processus de « patrimonialisation » largement évoqué dans la littérature et défini par Alphandéry (2002) comme la production en abondance de lieux et objets patrimoniaux (porteurs de sens) qui structurent la mémoire collective et constituent des repères transmissibles aux générations futures (héritage).

**Figure 10.1 : les valeurs de la biodiversité**



Source : Maitre d'Hôtel E., Pelegrin F., 2012. Extrait de la Figure 3, p 21.

<sup>136</sup> La valeur patrimoniale est parfois présentée comme équivalente à la valeur intrinsèque (Maitre d'Hôtel & Pelegrin, 2012). C'est le cas dans le cadre conceptuel de l'EFESE qui distingue les valeurs instrumentales de la biodiversité abordées par la notion de biens et services écosystémiques et une vision large des valeurs patrimoniales qui incluent les dimensions éthiques et les valeurs intrinsèques de la biodiversité.



384. La production de patrimoine naturel est fortement liée à différentes formes d'intervention publique, qui identifient ce qu'il convient de conserver (Alphandéry, 2002). Pour autant, la démarche patrimoniale ne peut pas être envisagée uniquement au travers du filtre des institutions et des décisions de protection et zonages qui l'accompagnent : le patrimoine naturel peut être approprié par une population sans forcément passer par un processus de conservation (Pottier, 2012). Dans ce cas, la reconnaissance de ces valeurs patrimoniales se manifeste dans les différentes formes d'expression (labels, art, discours, etc.).
385. Le processus de construction du patrimoine suppose à la fois une sélection d'éléments particuliers des écosystèmes et une qualification du caractère remarquable de ces éléments (Bouisset *et al.*, 2012). Les processus de reconnaissance qui permettent de révéler les valeurs patrimoniales sont cependant multiformes : certains possèdent un caractère officiel (ils émanent d'acteurs et procédures institutionnels) et d'autres font intervenir des stratégies et revendications d'autres types d'acteurs. Au-delà de la protection réglementaire, il est par exemple reconnu que la labellisation a introduit de nouvelles normes et légitimités politiques. Elle met en évidence l'importance des logiques de distinction et de reconnaissance qui alimentent le processus de patrimonialisation (Bénos et Milian, 2013). D'autres encore, beaucoup moins tangibles, revêtent une dimension identitaire, spirituelle ou éthique qui se manifeste dans les discours ou les œuvres artistiques ou littéraires.
386. Ce chapitre propose ainsi d'évaluer la valeur patrimoniale des forêts françaises à travers la présentation de ces nombreuses formes de reconnaissance et des éléments auxquels cette reconnaissance s'attache. Il est organisé en trois temps. La première section s'intéresse à la dimension patrimoniale des forêts françaises métropolitaines telle que nous la révèlent la réglementation et les statuts de protection. La deuxième section s'intéresse à l'ensemble des labels, entendus au sens des distinctions<sup>137</sup> accordées à certains éléments forestiers, qui témoignent eux aussi de la dimension patrimoniale de la forêt. La troisième section, enfin, se penche sur les autres manifestations de ces valeurs patrimoniales telles que les évocations existant dans l'art, la littérature ou les discours des acteurs.

## 10.2 Protection réglementaire et valeurs patrimoniales des forêts françaises

387. De nombreux statuts de protection peuvent être attribués à la reconnaissance de services écosystémiques évalués dans les chapitres précédents. C'est par exemple le cas des statuts liés à la conservation et à la restauration des terrains en montagne ou de la protection des terres du littoral contre le mouvement des dunes (Liagre, 2016). A l'inverse, Devictor *et al.* (2010) soulignent les décalages existant entre la valeur objective d'un lieu du point de vue de sa diversité biologique (diversités taxonomique, phylogénétique ou fonctionnelle) et les zonages de protection (Parcs nationaux, Réserves naturelles, etc.). Ces différents niveaux de diversité ne sont pas pris en compte de la même manière par le réseau d'aires protégées métropolitain : la diversité taxonomique est relativement mieux représentée au sein des aires protégées, quand la diversité fonctionnelle est systématiquement sous-représentée, alors qu'elle joue un rôle primordial, notamment pour la production de biens et services (Devictor *et al.*, 2010). Cela n'est pas étonnant lorsque l'on considère, comme le soulignent Héritier et Laslaz (2008, in : Pottier, 2012) que *ce sont l'acte politique et les représentations du territoire concerné qui créent l'espace protégé et non sa "biodiversité", cette dernière ne constituant qu'un inventaire partiel et subjectif des "richesses" et "ressources" biologiques et un argument parmi d'autres retenus pour le classement de l'espace protégé.*

---

<sup>137</sup> Ces distinctions ne se limitent pas aux labels à caractère officiels mais peuvent plus largement comprendre des distinctions légitimes et témoignant de la valeur patrimoniale de certains éléments, tel que celui de « vieille forêt ».

388. Ainsi, la protection institutionnalisée de certains espaces relève souvent d'éléments plus ou moins tangibles et est caractéristique du processus de patrimonialisation des éléments naturels (Bouisset *et al.*, 2012). L'étude de la place attribuée à la forêt au sein de ces périmètres protégés permet ainsi de révéler (au moins en partie) leur valeur patrimoniale (Pottier, 2012). Cette section s'intéresse à ce que ces statuts de protection révèlent de la dimension patrimoniale de la forêt française (*cf.* Annexe 8).

## 10.2.1 Sites protégés

389. Depuis une quarantaine d'années, le nombre et la superficie des espaces forestiers protégés n'ont cessés de croître, témoignant certainement de l'intérêt croissant de la société (en particulier des pays développés) pour les questions environnementales mais aussi de son attachement aux éléments spécifiques de son territoire (à ses forêts, à ses paysages, aux espèces remarquables qui y vivent, *etc.*).

390. Les forêts qui bénéficient d'**une protection forte au titre de la biodiversité** sont les cœurs des parcs nationaux, les réserves naturelles, les réserves biologiques dirigées et intégrales et les sites protégés par arrêtés préfectoraux de protection de biotope<sup>138</sup>. La gestion qui s'y applique est essentiellement de nature conservatoire. En 2018, sur le territoire métropolitain, cette première catégorie concerne 305 000 hectares de forêts, soit 1,7 % de la surface forestière métropolitaine<sup>139</sup>. Un parc national dédié aux forêts feuillues de plaine est en cours de préfiguration (Parc national des forêts de Champagne et Bourgogne), ce qui conduira prochainement à augmenter cette surface de plusieurs dizaines de milliers d'hectares<sup>140</sup>.

391. **Les unités conservatoires des ressources génétiques forestières** (UC) *in situ* (en forêt) constituent un réseau national de gestion et de conservation dynamique des ressources génétiques des principales espèces d'arbres forestiers (cette approche est complétée par la conservation *ex situ* et des collections). La conservation *in situ* de ressources génétiques forestières d'intérêt national porte actuellement sur neuf espèces d'arbres (chêne sessile, épicéa commun, hêtre, orme lisse, orme de montagne, peuplier noir, pin maritime, sapin pectiné, pin sylvestre) et comprend 96 UC en 2018 (Figure 10.2)<sup>141</sup>. Certaines UC sont aussi des espaces protégés par d'autres statuts, notamment des Réserves Naturelles<sup>142</sup>.

392. **La protection des paysages** correspond quant à elle à des aires protégées habitées, où l'interaction des hommes et de la nature a produit, au fil du temps, un territoire qui possède un caractère distinct, avec des valeurs écologiques, biologiques, culturelles et panoramiques considérables. Cela concerne les Parcs naturels régionaux, les zones périphériques des parcs nationaux et les zones tampons des Réserves de biosphère soit environ 4,8 millions d'hectares de forêts (Maaf, IGN, 2016).

---

<sup>138</sup> Classification proposée par la Stratégie nationale de création d'aires protégées (SCAP) qui correspond aux catégories I, II et IV de l'UICN, à l'exception des Arrêtés de Protection de Biotope (APB) ;

<sup>139</sup> ONB, <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/indicateurs/surfaces-forestieres-protegees-en-metropole>

<sup>140</sup> La protection intégrale (réserve biologique intégrale, réserve intégrale de parcs nationaux et zones intégrales des réserves naturelles) couvre quant à elle 0,15 % des massifs (RNF, 2015, communication personnelle)

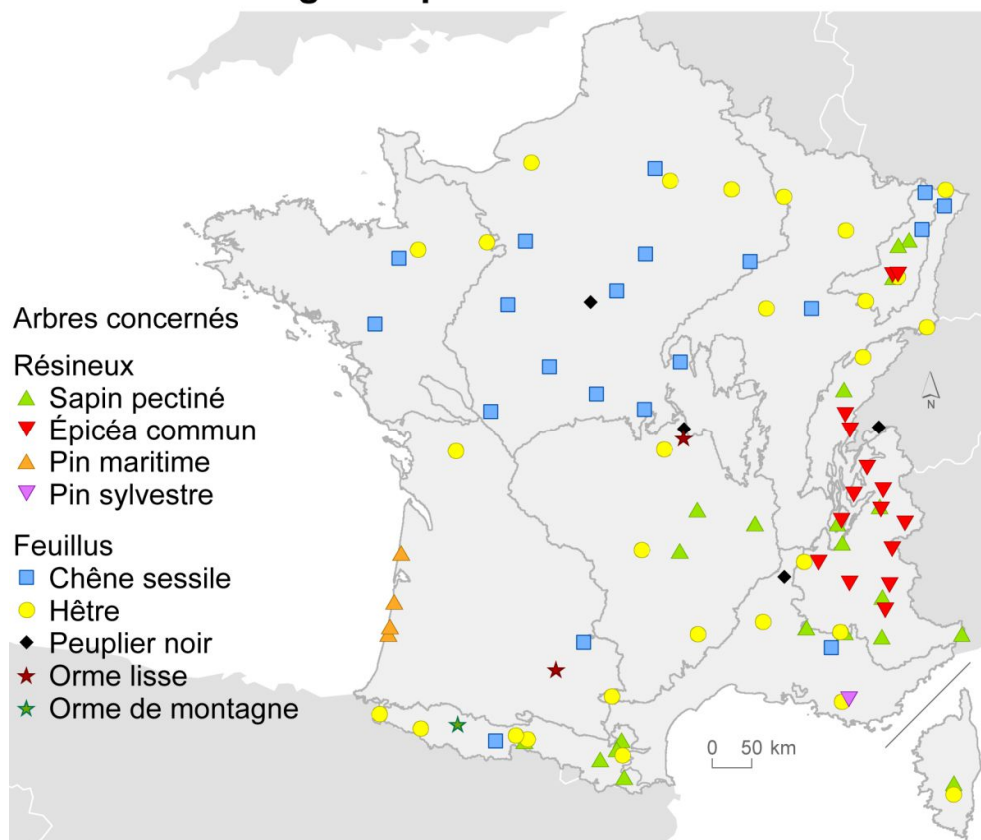
<sup>141</sup> Ce statut est suivi dans le cadre des indicateurs de gestion durable des forêts (Maaf-IGN, 2016, indicateur 4.6) et de l'Observatoire national des forêts (en ligne : <https://naturefrance.fr/indicateurs/conservation-du-patrimoine-genetique-des-arbres-en-foret>)

<sup>142</sup> Cela va se généraliser car, en septembre 2016, le congrès mondial de la nature a adopté une résolution initialement proposée conjointement par l'UICN-France et la Commission des Ressources Génétiques Forestières (CRGF) qui vise à faire reconnaître aux UC le statut de protection de type IV des catégories UICN. Cette double labellisation se met en place au niveau national à travers la CRGF et UICN-France et au niveau européen à travers EUFORGEN. Pour en savoir plus : <http://www.euforgen.org/about-us/news/news-detail/iucn-on-track-to-give-protected-status-to-forest-genetic-conservation-units/>

393. **Les sites inscrits et classés** constituent un autre statut réglementaire manifestant des valeurs patrimoniales. Les sites classés sont définis par la loi comme des espaces dont la conservation ou la préservation présente, au point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, un intérêt général<sup>143</sup>. Ils possèdent ainsi une valeur symbolique aux yeux de la société justifiant une protection de niveau national : leur évolution est placée sous le contrôle et la responsabilité de l'Etat<sup>144</sup>. Le classement d'un site est une protection forte qui correspond à la volonté de maintien en l'état du site désigné, ce qui n'exclut ni la gestion ni la valorisation. En 2004, on dénombrait environ 275 sites classés comportant une partie boisée (dont 6 sites labellisés « Grand Site de France », cf. Annexe 12), représentant au total 74 000 ha (MAAPRAT-IFN, 2011)<sup>145</sup>.
394. En outre, les 4,8 millions d'hectares relevant du **régime forestier** bénéficient d'une protection foncière contre les changements d'usage et d'une gestion agréée par l'Etat.

Figure 10.2

### Localisation des unités de conservation des ressources génétiques des arbres en 2018



**ONB** Visuel ONB, d'après :  
 Origine des données : CRGF – Irstea, UR EFNO – Fond GRECO, IGN  
 Traitements : Irstea, UR EFNO, avril 2018

<sup>143</sup> Code de l'environnement - art. L341-1 (V)

<sup>144</sup> Les sites classés ne peuvent être ni détruits ni modifiés dans leur état ou leur aspect sauf autorisation spéciale; celle-ci est soit de niveau préfectoral ou soit de niveau ministériel, selon la nature des travaux.

<sup>145</sup> Derniers chiffres disponibles fournis par Ministère chargé de l'Environnement dans le cadre des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines.

## 10.2.2 Espèces forestières protégées

395. Une espèce est dite « protégée » lorsqu'elle fait l'objet d'une protection légale (selon une réglementation internationale, nationale ou locale). En France, les espèces concernées sont inscrites sur des listes (nationale, régionales et parfois départementales) établies par arrêtés ministériels. Cet outil réglementaire prévu par le Code de l'environnement (Article 411) vise à préserver les espèces sauvages (animaux non domestiques et végétaux non-cultivés) lorsqu'elles présentent un intérêt scientifique ou patrimonial. Il est notamment interdit de les capturer, de les transporter, de les perturber intentionnellement ou les commercialiser. Ces interdictions peuvent s'étendre aux habitats des espèces protégées pour lesquelles la réglementation peut prévoir des interdictions de destruction, de dégradation et d'altération<sup>146</sup>. Ces décisions de protection qui concernent des espèces emblématiques, rares ou menacées renvoient avant tout à des choix de société et sont révélatrices de la valeur (instrumentale, intrinsèque ou patrimoniale) attribuée par tout ou partie de la société à une espèce en particulier.
396. Il existe une multitude de statuts de protection, de textes de loi et d'espèces concernées<sup>147</sup> et aucune étude de synthèse récente distinguant les particularités de la forêt en ce domaine n'a pu être identifiée. Galland (1991) analyse les espèces forestières végétales parmi lesquelles on trouve quelques espèces ligneuses mais surtout des espèces herbacées. Celles-ci sont trop nombreuses pour être citées ici. On mentionnera néanmoins quelques espèces forestières protégées à caractère emblématique, à savoir des fleurs forestières telles que des orchidées qui sont strictement protégées (Sabot de Vénus, Orchis de Spitzel) et des espèces partiellement protégées (soumises à autorisation) telles que l'Œillet magnifique ou la Pivoine officinale. Cinq espèces d'arbres forestiers bénéficient d'une protection de niveau national : quatre essences sont strictement protégées (Alisier de Fontainebleau, Faux chêne-liège, Pin mugu, Prunier du Portugal) ; le ramassage ou la récolte du Caroubier (la cinquième essence) sont quant à elles soumises à l'autorisation du ministre (Maaf, 2014).
397. Les forêts françaises abritent aussi des espèces animales protégées. Il s'agit principalement d'oiseaux forestiers (cigogne noire, le Grand tétras, la Chevêchette d'Europe, le Bouvreuil pivoine, etc.) et de mammifères parmi lesquels on compte des chauves-souris (Murin de Bechstein, Murin de Brandt, Grand Murin, etc.) des grands prédateurs (Ours, Lynx, Loup) et l'écureuil roux.

## 10.2.3 Le réseau Natura 2000

398. La politique Natura 2000 impulsée par l'Europe constitue un outil au service de deux directives (« Habitat » et « Oiseaux ») visant la (i) protection de la biodiversité remarquable tout en tenant compte des activités de gestion des écosystèmes ; (ii) la valorisation du patrimoine naturel des territoires. Pour atteindre ces objectifs, les États membres peuvent librement utiliser des mesures réglementaires, administratives ou contractuelles selon le principe général de subsidiarité : la France a opté pour une politique contractuelle basée sur l'adhésion volontaire des acteurs locaux pour la mise en œuvre de mesures de gestion. Les territoires délimités font ainsi l'objet d'un processus d'appropriation par les acteurs qui met en jeu à la fois leur valeur symbolique et leurs qualités écologiques (Alphandéry, 2002).
399. Plus concrètement, Natura 2000 est un réseau européen d'espaces naturels et semi-naturels possédant une valeur patrimoniale pour la faune et la flore qu'ils contiennent (UICN, 2013). Les sites sont identifiés en fonction de la rareté ou de la fragilité (i) des espèces (flore et faune sauvage) et (ii) des milieux naturels qu'ils abritent. Basée sur une approche scientifique privilégiant le recours à

---

<sup>146</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-differents-textes-en-vigueur.html>;

<sup>147</sup> La base de données sur les espèces réglementées de l'INPN recense plus de 60000 taxons protégés ou réglementés (tous écosystèmes confondus) et 142 textes juridiques ;

l'expertise naturaliste, la désignation des sites labellisés Natura 2000 a largement reposé sur l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) dont il est question plus bas (§ 10.3.1.). Le Muséum, en tant que Centre national de référence pour la nature, intervient et accompagne l'ensemble du processus de mise en œuvre du réseau Natura 2000. Les habitats visés par la Directive font notamment l'objet d'un suivi permettant d'évaluer leur état de conservation tous les 6 ans<sup>148</sup>.

400. Dans l'édition 2015 des indicateurs de gestion durable des forêts métropolitaines (Maaf, IGN, 2016), les surfaces forestières concernées sont estimées à 4,1 millions d'hectares, soit environ 25% de la superficie forestière métropolitaine (en augmentation par rapport aux chiffres publiés dans l'édition 2010). Considérant que le réseau de sites terrestres Natura 2000 couvre au total 6,9 millions d'hectares en France métropolitaine (tous milieux confondus)<sup>149</sup>, la forêt y est particulièrement bien représentée puisqu'elle représente près de 60% de la surface labellisée.

**Tableau 10.2 : surfaces forestières labellisées Natura 2000**

	Surface labellisée Natura 2000 (x 1 000 ha)	
	2010	2015
Zones de protection spéciale	1 878	1 901
Zones spéciales de conservation	2 182	2 231
<b>Total forêt</b>	<b>4 061</b>	<b>4 134</b>

Source : à partir de Maaf, IGN, 2016

## 10.3 Labellisation et valeurs patrimoniales des forêts françaises

401. Si les dispositifs de protection réglementaires permettent d'identifier des éléments des écosystèmes à forte valeur patrimoniale, ils demeurent d'une utilité limitée tant pour comprendre les valeurs sous-jacentes, que pour juger de l'exhaustivité de ces protections. Ce chapitre est consacré à la labellisation de sites ou d'éléments remarquables des forêts métropolitaines. Si la labellisation peut témoigner de la reconnaissance du caractère utilitaire de certains éléments des écosystèmes (sites touristique, *etc.*), ils témoignent le plus souvent de valeurs non-utilitaires de ce patrimoine. La labellisation est entendue ici comme la qualification formelle de certains éléments des écosystèmes forestiers par des organisations ou des groupes qui leur confèrent un caractère remarquable (*cf.* Annexe 9).

<sup>148</sup> cf. § 5.2.4

<sup>149</sup> Au total, le réseau Natura 2000 couvre 12,6 % du territoire terrestre métropolitain et comprend 1758 sites. Pour plus de chiffres : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Natura-2000-en-quelques-chiffres.html>;

### 10.3.1 À la frontière de la protection réglementaire : les zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique

402. Il s'agit d'un inventaire scientifique des secteurs de nature remarquable qui concerne progressivement l'ensemble du territoire français (y compris l'Outre-mer)<sup>150</sup>. Mené sous la responsabilité du MNHN depuis 1983, l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) a pour objectif d'identifier, de spatialiser et de décrire des « sites d'intérêt patrimonial » concernant les espèces et les habitats (secteurs possédant un intérêt biologique ou écologique). Les forêts métropolitaines considérées comme remarquables au titre de l'inventaire ZNIEFF représentent 39,7 % de la surface forestière métropolitaine (UICN, 2013).
403. Ce programme n'a pas de valeur juridique, mais dans la pratique il sert de base à la définition d'aires protégées et de support aux politiques de la biodiversité (Natura 2000, la Trame Verte et Bleue, etc.) et aux documents d'urbanisme (Plan locaux d'urbanisme, etc.). Un indicateur publié par l'Observatoire national de la biodiversité aborde justement la question des chevauchements existants entre les ZNIEFF et différents statuts de protection ou de gestion : sur le territoire métropolitain en 2015, 4 % des sites d'intérêt patrimonial ZNIEFF bénéficient d'un statut de protection fort<sup>151</sup> ; 31 % sont intégrés à d'autres catégories d'espaces protégés<sup>152</sup> et 34 % au réseau Natura 2000<sup>153</sup>. A l'inverse, parmi les espaces bénéficiant d'une protection forte au titre de la biodiversité (§ 10.2.1) 79% sont situées dans des secteurs identifiés par l'inventaire scientifique indépendant des ZNIEFF<sup>154</sup>.

### 10.3.2 Sites et paysages forestiers labellisés

#### La reconnaissance internationale de l'UNESCO

404. La convention sur la protection du patrimoine mondial de l'humanité a été adoptée par l'UNESCO en 1972. L'attribution du label a pour but d'encourager, partout dans le monde, l'identification, la protection et la préservation du patrimoine culturel et/ou naturel considéré comme ayant une valeur exceptionnelle pour l'humanité. Les sites considérés comme "patrimoine naturel" doivent posséder une valeur exceptionnelle du point de vue de la science, de la conservation ou de la beauté naturelle. Parmi les 43 sites de la liste des sites français classés au patrimoine mondial de l'UNESCO<sup>155</sup>, 4 sites possèdent un lien avec la forêt métropolitaine modéré ou fort : le golfe de Porto en Corse, le Mont Perdu dans les Pyrénées, le Val de Loire, répertorié en tant que patrimoine culturel mais qui comprend le domaine forestier de Chambord, et dans une moindre mesure le site culturel du Pont du Gard et ses paysages méditerranéens environnants)<sup>156</sup>.
405. Par ailleurs, l'UNESCO a lancé le programme scientifique "l'homme et la biosphère" (MAB<sup>157</sup>) en 1971 dans le but de mieux comprendre les relations entre l'homme et son environnement. Ce programme a conduit l'UNESCO à élaborer le label de « réserve de biosphère », décerné à des territoires de démonstration et d'application d'un développement humain respectueux des ressources naturelles.

---

<sup>150</sup> L'inventaire est achevé ou en cours dans 6 territoires ultramarins : St Pierre et Miquelon, Guadeloupe, Martinique, Guyane, Mayotte et La Réunion.

<sup>151</sup> Cœur de parc national, réserves naturelles, arrêtés de protection de biotope et réserves biologiques.

<sup>152</sup> Parcs Naturels Régionaux, aires d'adhésion des parcs nationaux, Réserves de biosphère, Réserves Nationales de Chasse et de Faune Sauvage, Ramsar, Conservatoires d'Espaces Naturels, Conservatoire du Littoral

<sup>153</sup> <https://naturefrance.fr/indicateurs/effort-de-conservation-des-secteurs-de-nature-remarquable>

<sup>154</sup> <https://naturefrance.fr/indicateurs/espaces-protoges-egalement-recenses-dans-linventaire-de-la-nature-remarquable>

<sup>155</sup> <http://whc.unesco.org/fr/list/>;

<sup>156</sup> Cf. Annexe 10

<sup>157</sup> « Man and the Biosphere » : [www.mab-france.org](http://www.mab-france.org)

En d'autres termes, les réserves de biosphères sont des sites exemplaires sur lesquels se combinent harmonieusement le développement économique et social des populations humaines avec la conservation de la biodiversité. Du point de vue de la gestion forestière, cela signifie assurer une production soutenue de bois tout en assurant la préservation d'habitats naturels favorables à certains éléments de biodiversité : mise en place d'une trame de vieux bois<sup>158</sup> par exemple ou de périmètres de quiétude pour les rapaces. Cela passe également par le maintien d'une bonne résilience des peuplements forestiers : entretien d'un pool génétique suffisamment diversifié et utilisation d'essences adaptées aux caractéristiques socio-environnementales. Ainsi, l'objet « forêt », archétype d'une nature à conserver et porteur des marques des activités humaines actuelles et passées, se situe au carrefour entre nature et culture et s'intègre parfaitement au concept de réserve de biosphère tel qu'il a été pensé par l'UNESCO. **Ainsi, sur 12 réserves de biosphère en France métropolitaine, dix possèdent un lien avec la forêt modéré ou fort**<sup>159</sup>, témoignant d'une forte représentation de la forêt au sein des réserves de biosphères. Néanmoins la place de la forêt est différente selon les sites et reflète la diversité des représentations de la forêt.

406. La forêt est souvent perçue comme un haut lieu de la biodiversité qui comprend une multitude d'habitats hébergeant de nombreuses espèces remarquables (rares, endémiques, menacées, *etc.*) au cœur d'enjeux de conservation importants. C'est notamment le cas de la forêt méditerranéenne (Vallée du Fango). Dans d'autres cas, la forêt est façonnée par l'Homme, témoigne d'une culture, d'une histoire, participant à l'identité territoriale (son occupation, les usages et savoir-faire de sa population, *etc.*). C'est le cas par exemple des plantations forestières du XIX<sup>ème</sup> qui couvrent en partie le Mont Ventoux et participent pleinement aujourd'hui aux paysages caractéristiques de cette région. C'est également le cas de l'emblématique forêt de Fontainebleau. À l'inverse, dans les Réserves des Cévennes et des Gorges du Gardon par exemple, la forêt semble perçue comme une contrainte vis-à-vis du paysage car elle ferme les milieux et homogénéise le paysage.

## **Au niveau national, une forte mise en valeur de la forêt publique**

407. Au niveau national la forêt fait aussi l'objet de démarche de labellisation. Le label « Grand Site de France » par exemple permet de distinguer certains sites de grande renommée parmi les sites classés qui subissent une fréquentation importante et pour lesquels une gestion particulièrement attentive doit être mise en œuvre (travaux d'entretien, de restauration...)<sup>160</sup>. En 2017, 17 sites étaient labellisés « Grands sites de France », dont dix possèdent une partie forestière valorisée<sup>161</sup>.
408. Les forêts publiques françaises font l'objet d'une forte mise en valeur à travers un ensemble de labels tels que celui d'arboretums, ou de forêt publique d'exception. Les arboretums en forêt publique sont composés d'une très grande diversité (taxonomique et génétique) d'espèces arborées ou d'essences ligneuses rares (en danger, vulnérables ou symboliques) et d'écosystèmes très particuliers. Trois critères sont considérés comme déterminants pour l'identification en tant que sites d'intérêt national : leur intérêt conservatoire (déterminé à partir des listes rouge de l'UICN), leur intérêt scientifique (notamment vis-à-vis de l'étude des évolutions climatiques) et leur intérêt strictement patrimonial (variété de la collection, histoire, présence d'individus remarquables, attrait paysager) (MAAPRAT-IFN, 2011). En forêt publique on dénombre 150 arboretums dont 15 sont considérés comme des sites d'intérêt national (Maaf, IGN, 2016).

---

<sup>158</sup> Les trames de vieux bois en forêt sont des réseaux d'îlots qu'on laisse évoluer librement plus ou moins longtemps (les travaux sont interrompus ou retardés par rapport à l'itinéraire technique conventionnel. Ces pratiques sont favorables aux cortèges d'espèces qui dépendent du bois mort ou sénescent : champignons, bactéries, insectes, *etc.*

<sup>159</sup> Dans huit cas sur dix, le lien avec la forêt a été considéré comme fort. Cf. Annexe 11.

<sup>160</sup> Code de l'environnement, article L. 341-15-1.

<sup>161</sup> Cf. Annexe 12.

409. Par ailleurs, l'ONF mène, depuis 2007, une politique de mise en valeur de certaines forêts domaniales parmi les plus remarquables, auxquelles est attribué un signe de reconnaissance : le label Forêt d'Exception. Selon la Chartre nationale Forêt d'Exception, la désignation des sites repose sur « des valeurs affirmées et partagées du patrimoine forestier : biodiversité, paysages, éléments culturels et sylvicoles, patrimoine social ». La finalité de cette politique est la valorisation de sites emblématiques, constituant un « patrimoine naturel » à transmettre aux générations futures. Le réseau de massifs forestiers se veut « exemplaire » du point de vue de la gestion et de la gouvernance qui tiennent compte de la multiplicité des acteurs et de la diversité des enjeux auxquels la forêt française doit faire face : biodiversité, production de bois, accueil du public, conservation du patrimoine archéologique, etc.<sup>162</sup>. **A ce jour, 17 territoires (dont 1 à l'Outre-mer) sont officiellement engagés dans la démarche Forêt d'Exception et 7 d'entre eux ont reçu le label depuis 2012** (Figure 10.3). Ce sont des massifs emblématiques bénéficiant d'une renommée internationale (par exemple la forêt de Fontainebleau). Souvent anciennes forêts royales ou ecclésiastiques, ces massifs constituent un véritable héritage historique et témoignent d'un rapport marqué et continu entre l'homme et la forêt au fil des siècles (Gernigon & Meignien, 2012). Ces massifs forestiers sont par ailleurs largement dotés en statuts réglementaires, contractuels ou de reconnaissance des patrimoines naturels et culturels, aussi bien au niveau régional ou national qu'international : Parc national, Réserve naturelle, PNR, Sites classés ou inscrits, Réserve de biosphère, Site Natura 2000... A titre d'exemple, 60% de leur surface appartenaient au réseau Natura 2000 et 18% à un site classé en 2012 (Gernigon & Meignien, 2012). Ils cumulent ainsi des valeurs reconnues en termes de paysages, d'histoire et d'écologie, et le label Forêt d'exception vient consacrer une fois encore leur valeur patrimoniale.

**Figure 10.3 : Les 17 territoires engagés dans la démarche Forêt d'Exception**

Source : ONF (site internet)



<sup>162</sup> <http://www.onf.fr/foret-exception/>



## Forêts anciennes et des vieilles forêts

410. La définition des notions de forêts anciennes et vieilles forêts, et leur importance du point de vue de la biodiversité, a été abordée précédemment (§ 5.2.2). Nous rappelons en guise d'introduction qu'une forêt est considérée comme ancienne si elle existe depuis au moins le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle (son fonctionnement n'a pas été interrompu par un défrichement ou un labour depuis cette date) et que certaines d'entre elles (beaucoup plus rares) sont également de vieilles forêts caractérisées par des peuplements particulièrement âgés et des phases terminales de la sylvigénèse.
411. Souvent méconnues par les décideurs et le public en général, les forêts anciennes possèdent une valeur patrimoniale indéniable :
- D'un point de vue écologique, les forêts anciennes joueraient notamment un rôle de refuge pour des espèces forestières à faible capacité de dispersion. C'est par exemple le cas du Muguet (*Convallaria majalis*), une espèce emblématique bien connue du public et inféodée aux forêts anciennes (Dupouey *et al.*, 2002) (valeurs patrimoniales mais aussi scientifiques et éducationnelles) ;
  - Certaines forêts anciennes possèdent un caractère emblématique évident : les grandes forêts royales et du clergé, pour une grande part devenues domaniales après la Révolution, constituent souvent la base des noyaux forestiers anciens (forêts de Tronçais, d'Orléans, de Fontainebleau, Rambouillet, de Compiègne, etc.) (Vallauri *et al.*, 2012) ;
  - De manière générale, elles sont aussi des témoins de notre histoire, portant les marques de nos activités actuelles et passées. Elles permettent de mieux appréhender notre histoire et de consolider notre lien avec les sociétés et cultures passées, contribuant ainsi à la mémoire collective et au développement (valeurs historiques et culturelles contribuant à la construction de notre identité). Elles sont notamment reconnues pour leur intérêt archéologique (vestiges de l'occupation gallo-romaine notamment) : les sites sont potentiellement bien conservés en lien avec des perturbations anthropiques moins importantes par rapport à d'autres terres (Rotherham *et al.*, 2008, in : Quine, 2011). En témoignent par exemple les traces révélées d'une occupation antique au cœur de la forêt domaniale de Tronçais où une centaine de sites gallo-romains ont été répertoriés, dont certains sont particulièrement bien préservés et font l'objet de fouilles archéologiques (site des Petits Jardins à Isle-et-Bardais par exemple<sup>163</sup>).
412. Les vieilles forêts, parfois appelées forêts « subnaturelles », ne font pas l'objet d'un processus de reconnaissance formel (absence de label ou de protection réglementaire) mais suscitent néanmoins un intérêt important de la part de la communauté scientifique, des politiques publiques (manifesté par le biais de financements alloués à l'identification et la cartographie des vieilles forêts par exemple, voir exemples plus bas) mais aussi de la société civile et du grand public en général. Ainsi, de multiples manifestations d'intérêt plus ou moins formelles peuvent être relevées. En voici des exemples :
- Le Groupe d'Etudes des Vieilles Forêts Pyrénéennes » (GEVFP) : structure informelle et pluridisciplinaire qui regroupe une quinzaine de professionnels (experts, naturalistes, forestiers...) et existe depuis plus de 15 ans ;
  - Des associations : REFORA (Réseau écologique forestier en Rhône-Alpes<sup>164</sup>) s'intéresse (entre autres) aux vieilles forêts ; Association Forêts sauvages<sup>165</sup> ;
  - Le site web CARTOFORA est dédié à la cartographie des forêts et usages anciens des sols.

---

<sup>163</sup> Il s'agit d'un important sanctuaire comprenant deux temples aménagés dès le 1<sup>er</sup> s. de notre ère, dont les constructions ont fait l'objet de réoccupations tardives aux 6<sup>ème</sup>/7<sup>ème</sup>, selon l'archéologue L. Laüt (<http://www.archeo.ens.fr/spip.php?article349>);

<sup>164</sup> <http://refora.online.fr/>

<sup>165</sup> <http://www.forets-sauvages.fr/>

413. Les vieilles forêts possèdent (i) une valeur pour les usagers de la forêt en tant que lieu de contemplation et d'observation de la nature, en lien avec la hauteur et la taille des arbres, la présence d'espèces remarquables et l'absence de traces d'exploitation (valeurs récréatives, aménités paysagères) : en cela elles suscitent un fort « sentiment de nature », constituent une expérience sensorielle<sup>166</sup> ; (ii) une valeur scientifique et éducative, en lien avec leur importante naturalité (forte biodiversité forestière, intégrité des processus écologiques) ; (iii) une valeur intrinsèque et patrimoniale, en tant que « relique » et (iv) une valeur spirituelle, comme sanctuaire ou espace de recueillement pour certains<sup>167</sup>.

### 10.3.3 Eléments labellisés des forêts françaises

414. La labellisation ne porte pas uniquement sur les écosystèmes mais aussi sur leurs éléments. Ainsi, si certains sites ne sont pas reconnus en tant que tels, ils abritent de nombreux éléments à forte valeur patrimoniale (espèces, biens issus de l'écosystème).

#### Espèces remarquables en forêt

415. La notion de patrimoine naturel renvoie, en écologie, à la rareté, l'endémisme ou la vulnérabilité d'espèces ou d'habitats particuliers, souvent associés au caractère « emblématique » ou « remarquable » d'un élément au sein d'un territoire donné (Maitre d'Hôtel & Pelegrin, 2012).

416. Certaines espèces forestières, considérées comme des « *raretés absolues* » (endémiques ou possédant une aire de répartition plus vaste mais comptant peu de populations isolées les unes des autres) ont un intérêt patrimonial évident puisqu'elles n'existent nulle part ailleurs ou presque (Rameau et Olivier, 1991). Celles strictement inféodées aux milieux forestiers fermés sont peu nombreuses sur le territoire métropolitain. Par contre, on en rencontre davantage dans les milieux associés appartenant aux séries dynamiques forestières (pelouses, lisières, manteaux arbustifs) et les milieux intra-forestiers de type éboulis, marais, tourbières, etc. A titre d'exemple, citons deux espèces végétales : *Androsace chaixii* (endémique des hêtraies et hêtraies-sapinières de Haute-Provence) et *Laser trilobum* (rareté des lisières et des bois clairs en Lorraine) (Rameau et Olivier, 1991).

417. D'autre part le classement des espèces en fonction de leur statut de vulnérabilité témoigne d'une hiérarchie des valeurs accordées à ces espèces en fonction de leur rareté et des menaces qui pèsent sur elles (Maitre d'Hôtel & Pelegrin, 2012). En cela les Listes rouges de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) sont révélatrices (§ 5.2.1)

418. Plus globalement, de nombreuses espèces forestières végétales et animales concourent à la valeur patrimoniale des forêts métropolitaines. Elles pourraient être regroupées en trois compartiments, identifiés par ailleurs dans les travaux de Terasson et Le Floch (2012) comme participant plus particulièrement aux représentations sociales de la forêt :

- Des espèces animales emblématiques et rares (naturellement en effectif très faible) et dont l'existence à une valeur même en l'absence de manifestations de leur présence (Ex : l'Ours, le Grand Tétras, le Lynx, le Loup, etc.) ;
- Des animaux ordinaires (connus du public) identifiables au moins par leur trace ou leur chant : en forêt ce sont les grands ongulés sauvages (cerfs, chevreuils, sanglier) mais aussi d'autres mammifères (écureuils, lapins, blaireaux, etc.) et certains oiseaux forestiers (le coucou par exemple) ;

---

<sup>166</sup> D'aucuns trouveraient probablement ces lieux peu propices à la promenade (enchevêtrement de branches, bois mort au sol, absence de sentier, pente...) ;

<sup>167</sup> Interview de Thomas Friedrich (garde moniteur) dans la vidéo « Eloge des vieilles forêts », mise en ligne sur le site internet du parc national des Pyrénées : <http://www.parc-pyrenees.com/les-news/1244-leloge-des-vieilles-forets-en-images.html>;

- Des espèces de cueillette muguet, jonquille, champignons (moins d'une dizaine d'espèces pour la quasi-totalité des cueilleurs).

419. Ces trois catégories sont envisagées par les auteurs vis-à-vis de ce que l'on peut appeler le « grand public », mais il existe une grande diversité de représentations et « ce qui fait patrimoine » différent en réalité selon les groupes sociaux et les activités pratiquées par ces derniers en forêt (chasseurs, naturalistes, promeneurs, etc.).

#### **Encadré 10.1 : Zoom sur – Le chêne, une essence emblématique des forêts françaises**

Près du quart des surfaces forestières inventoriées en métropole sont constituées par des peuplements dont l'essence principale est le chêne rouvre (ou sessile) ou pédonculé (Maaf, IGN, 2016). Ils constituent par ailleurs une part importante des éléments arborés des écosystèmes agricoles.

En plus de leurs nombreuses valeurs utilitaires (bois d'œuvre de qualité, etc.), ces essences revêtent une forte dimension patrimoniale qui se manifeste à travers la reconnaissance marquée des chênes (Chêne sessile surtout) dans l'inventaire des arbres remarquables en forêt publique et la place des Chênaies dans les forêts remarquables (forêts d'exception de Bercé et de Tronçais).

Il est aussi intéressant de relever que le chêne tient une part importante dans notre culture et notre imaginaire. Cela se manifeste dans la littérature et la poésie où il représente la force et le pouvoir (*Le chêne et le roseau*, Jean de la Fontaine), la divinité (*Aux arbres*, Victor Hugo ; *Le chêne – suite de Jéhova*, Alphonse de Lamartine), l'ancestralité (*Le chêne abandonné*, Anatole France), ou l'*alter ego* (*Auprès de mon arbre*, Georges Brassens). Cela apparaît aussi dans l'iconographie officielle où la feuille de chêne décore les képis d'apparat des officiers généraux de l'armée française depuis le XIXe siècle.

Tout au long de l'histoire, le chêne a aussi fourni des biens à forte dimension patrimoniale. Ainsi, c'est à partir de galls du chêne que l'encre ferro-gallique, une encre indélébile qui a largement été utilisée au cours du Moyen Âge et jusqu'en 1850, était fabriquée. Elle a notamment servi à la rédaction de la Déclaration des droits de l'Homme. L'usage du bois de chêne est aussi central à l'activité de tonnellerie où l'origine des bois, souvent de forêts domaniales, est choisie avec soin et reflétée sur les produits finaux.

Cependant, la présence de ces essences dans nos paysages pourrait être très réduite d'ici la fin du siècle. Alors que les surfaces occupées par ces peuplements semblent stables (Maaf, IGN, 2016, p. 52), les conditions inédites induites par le réchauffement climatique pourraient conduire à une réduction drastique des conditions favorables à ces deux essences (Hanewinkel, 2013).

### **Arbres remarquables en forêt**

420. Les arbres remarquables sont des arbres forestiers exceptionnels par leur âge, leur dimension ou leur forme. Ils éveillent en nous des sentiments esthétiques, des liens entre générations et acquièrent une importance historico-culturelle, religieuse ou symbolique, en plus de leur valeur fonctionnelle (e.g. hôte pour de nombreuses espèces) et de leur valeur utilitaire (e.g. intérêt paysager). Ils bénéficient ainsi d'un attachement particulier de la part de la société (les forestiers, habitants, associations, scientifiques, etc.). L'ONF les qualifie de « monuments naturels » ou encore de « grands ancêtres », expressions marquant le respect et l'admiration. Vieux de plusieurs siècles, ce sont des témoins de l'Histoire. Ils sont remarquables pour le forestier, le propriétaire ou le riverain, le naturaliste ou le public, chacun possédant sa grille de lecture (selon sa sensibilité, son imaginaire...). Ainsi, ils sont reconnus comme des éléments patrimoniaux à part entière (valeurs historico-culturelles, symboliques). En outre, ils contribuent à la notoriété des forêts, à leur attractivité (valeurs récréatives) et à la beauté des paysages forestiers (aménités paysagères)<sup>168</sup>.

<sup>168</sup> [http://www.onf.fr/gestion\\_durable/sommaire/action\\_onf/patrimoine/20080625-104100-172665/@@index.html](http://www.onf.fr/gestion_durable/sommaire/action_onf/patrimoine/20080625-104100-172665/@@index.html)

421. Les arbres remarquables font l'objet, en forêt publique, de différents processus de reconnaissance : (i) ils sont inventoriés depuis près d'un siècle dans les forêts publiques françaises et bénéficient ainsi d'une attention privilégiée de la part des forestiers et (ii) ils peuvent faire l'objet d'un label « *Arbre remarquable de France* » décerné par l'association A.R.B.R.E.S.<sup>169</sup> dans le cadre d'un partenariat avec l'ONF depuis 2002. Ils sont pris en compte dans l'aménagement et la gestion forestière mais ne bénéficient d'aucune protection réglementaire.

**Figure 10.4 : Les hêtres tortillards en forêt domaniale de Verzy (Faux de Verzy) ont reçu le label *Arbre Remarquable de France* en 2002**



Photo: A.M. Granet

422. Un premier inventaire des arbres remarquables a été réalisé en forêt domaniale en 1911, complété en 1935 puis finalement réitéré au niveau national par l'ONF en 1996. Quatre niveaux d'intérêt sont différenciés : local, départemental, régional et national. L'inventaire des arbres et peuplements remarquables en forêts publiques comprend 2100 arbres et groupes d'arbres dont 290 considérés d'intérêt national, auxquels s'ajoutent 280 peuplements et alignements remarquables (MAAPRAT-IFN, 2011)<sup>170</sup>. Les chênes (Chêne sessile surtout) sont de loin les plus représentés (ONF, 2011). Les plus hauts arbres (des résineux comme le douglas, l'épicéa ou le sapin) atteignent les 60 m. L'inventaire compte également une dizaine d'arbres de plus de 600 ans d'âge. Parmi eux, le "Chêne des sorcières" (forêt domaniale de Saint-Avoid en Moselle), doyen des arbres remarquables, dont l'âge est estimé à 850 ans. Son nom est lié à une légende qui raconte que des sorcières s'y réunissaient<sup>171</sup>.

423. Il n'est pas inutile de rappeler que la forêt publique n'a pas l'apanage des arbres remarquables : beaucoup se trouvent en forêt privée ou hors forêt, en milieu rural ou urbain. Nombreux sont ceux qui leur manifestent intérêt et attachement : habitants, associations, petites ou grandes communes relayées par les départements et régions, etc. Des chercheurs suédois (Blicharska & Mikusinski, 2014) proposent d'incorporer les grands et vieux arbres dans les politiques de conservation<sup>172</sup> pour leur valeur patrimoniale (au moins en partie) : ils font notamment référence à des bénéfices symboliques, religieux et historiques.

## Labellisation des biens issus des forêts françaises

424. Certains biens issus des forêts françaises font l'objet d'une labellisation qui permet de conserver et mettre en valeur un lien avec un territoire forestier particulier.

425. Un certain nombre de produits font ainsi l'objet de signes d'identification de la qualité et de l'origine (SIQO) attestant de leurs liens avec des terroirs forestiers dont la spécificité est reconnue. Le miel de sapin des Vosges (pastilles, etc.) provient exclusivement de miellats butinés par des abeilles sur le sapin des Vosges (*Abies Pectinata*). Ces miellats sont élaborés par des pucerons à partir de la sève des sapins, et sont ensuite butinés par les abeilles. Il est reconnu pour ces caractéristiques propres :

<sup>169</sup> Depuis 1994, l'association ARBRES œuvre au plan national en faveur des arbres remarquables (en milieux forestier et non-forestier) : <http://www.arbres.org/association.html>;

<sup>170</sup> Ils sont 195 arbres et peuplements remarquables en forêt domaniale, dont 15 sont également reconnus comme « Arbre remarquable de France » (label décerné par l'association A.R.B.R.E.S.)

<sup>171</sup> [http://www.onf.fr/gestion\\_durable/sommaire/coeur\\_societe/espace\\_imagine/elements\\_remarquables/20080205-175042-615838/@@index.html](http://www.onf.fr/gestion_durable/sommaire/coeur_societe/espace_imagine/elements_remarquables/20080205-175042-615838/@@index.html);

<sup>172</sup> En tant qu'Habitat d'intérêt communautaire

couleur plus sombre, reflets verdâtres typiques, cristallisation très lente voire absente, arômes balsamiques et saveur maltée très caractéristique<sup>173</sup>. La châtaigne de l'Ardèche est issue exclusivement des variétés locales anciennes de « *Castanea sativa* Miller » des terroirs ardéchois. Elle se distingue par ses qualités gustatives et fait partie des produits culinaires emblématiques<sup>174</sup>.

426. Plus récemment, on note l'émergence de démarches de labellisation AOC des bois à travers les labels « Bois de Chartreuse » et « Bois du Jura » en cours d'instruction au moment de la rédaction de ce rapport. Cette labellisation des origines des bois concrétise une reconnaissance qui faisait déjà l'objet de mentions en tonnellerie ou dans certains usages particuliers.

## **10.4 Autres manifestations de reconnaissance des valeurs patrimoniales de la forêt française**

427. Au-delà de statuts de protection et de labellisation formels, la forêt française constitue une source d'inspiration pour l'art et la littérature. Par ailleurs, de nombreux massifs forestiers jouent un rôle essentiel dans la construction de nos identités collectives. Enfin, et à un niveau plus individuel, la forêt française possède une dimension spirituelle et fait l'objet d'un attachement fort de la part des Français. L'ensemble de ces éléments, s'il reste encore à préciser, nous suggèrent ainsi que le caractère remarquable de la biodiversité forestière française dépasse certainement les processus de reconnaissance les plus visibles et formalisés.

### **10.4.1 Interactions esthétiques et artistiques avec les forêts métropolitaines**

428. Les mentions à la forêt française sont présentes dans la littérature<sup>175</sup>, les contes, la poésie, la peinture et le cinéma. À travers ces mentions, certaines forêts deviennent ainsi porteuses de sens pour toute une société. De ce point de vue, le cas de la forêt de Fontainebleau est emblématique. La valeur esthétique de ce massif de 25 000 hectares localisé au sud-est de Paris s'est développée dès le début du XIX<sup>ème</sup> siècle, en lien direct avec sa proximité de la capitale. Sa valorisation artistique débute à la faveur de peintres opposés à l'art académique et qui en font une source d'inspiration pour la réalisation d'œuvres considérées alors comme « hérétiques ». Théodore Rousseau, Jean-Baptiste Corot ou encore Jean-François Millet restent parmi les plus célèbres de ces peintres qui vont s'intéresser aux chênes centenaires, aux gorges, aux rochers et à la lumière « forestière » (Walter, 2004, in : Pottier, 2012). En parallèle, des auteurs romantiques fameux tels que George Sand ou Chateaubriand font, dès 1840, référence à la forêt de Fontainebleau ce qui contribue à accroître sa renommée. Peinture et littérature s'associent pour faire de ce massif « une œuvre d'art » en soi, immortalisée dans les œuvres picturales (Pottier, 2012). Parmi les forêts périurbaines, on peut aussi relever le cas de la forêt de Saint-Germain-en-Laye au sein de laquelle Rousseau se rend pour imaginer l'état de nature (Harrison, 1992).

---

<sup>173</sup> Cahier des charges de l'appellation d'origine « miel de sapin des Vosges ».

<sup>174</sup> Cahier des charges de l'appellation d'origine « châtaigne d'Ardèche ».

<sup>175</sup> C'est par exemple le cas de la forêt de Sologne qui constitue le lieu de l'intrigue du roman *Raboliot* de Maurice Genevoix.

## 10.4.2 Interactions identitaires et spirituelles avec les forêts métropolitaines

429. Nous l'avons vu, les forêts témoignent des activités passées et nous permettent de mieux appréhender notre histoire (e.g. forêts anciennes). D'autre part, elles participent à la construction de notre culture et de notre identité. La forêt est pourvue d'une charge symbolique qui pèse d'un poids important et complexe sur l'imaginaire des individus et des groupes : en témoigne la prégnance de la forêt dans les religions, les récits mythiques et les légendes, mais aussi dans la littérature, l'art et le cinéma. Ces formes d'interactions avec les forêts contribuent au développement identitaire et spirituel des individus et des communautés.

### Forêts et identités territoriales en France métropolitaine

430. Sur de nombreux territoires, le patrimoine naturel est utilisé pour donner à voir le territoire et promouvoir ses particularités, mettant en avant (par la labellisation notamment) les caractéristiques rares ou remarquables de ses paysages, milieux ou espèces. Ainsi revendiqué, le patrimoine naturel permet au territoire de se distinguer et aux populations locales de s'identifier collectivement aux éléments patrimonialisés. C'est par exemple le cas (pour n'en citer qu'un seul) de l'identité landaise fondée sur une symbolique collective construite autour de la forêt de résineux. La tempête Klaus (2009) a levé le voile sur l'attachement identitaire et sensible de la population « au plus grand massif forestier d'Europe », la mobilisation ayant dépassé de loin les acteurs de la forêt privée (Pottier, 2012 ; Bouisset *et al.*, 2012).

### Les dimensions spirituelles

431. De tout temps les forêts ont été associées à des formes de spiritualité très diverses. Les bois sacrés, propres aux cultures animistes africaines notamment, sont considérés comme les plus anciens sanctuaires existants (Pottier, 2012) et constituent un exemple marquant de cette spiritualité. Au Bénin par exemple, la prise de conscience nationale et internationale de l'intérêt patrimonial de ces sanctuaires boisés, en lien avec la reconnaissance officielle des cultes des religions traditionnelles, se manifeste par une multitude de projets et d'acteurs (État, communes, ONG, populations riveraines,...) impliqués à différents niveaux dans la mise en place de réserves communautaires (Dominique Juhé-Beaulaton, 2009). Certains récits mythologiques montrent que les sociétés d'Europe ont également attribué une dimension sacrée à certaines forêts au cours des âges (Pottier, 2012). L'exemple le plus connu en France métropolitaine est probablement la Forêt de Paimpont (Brocéliande) en Bretagne<sup>176</sup>, haut lieu de la légende Arthurienne et réputée pour les mythes et légendes qu'elle renferme. Elle serait notamment ensorcelée par la fée Morgane, engloutissant les guerriers infidèles qui s'y aventurent. Cette forêt mythique est aujourd'hui revendiquée par certains habitants comme une part essentielle du patrimoine identitaire et symbolique de la région Bretagne<sup>177</sup>. Les massifs « artificiels » (plantés par l'Homme) ne sont pas exclus pour autant. Dans les Landes, la résine était utilisée localement en lieu et place d'encens dans les rituels liturgiques, et le pin gemmé (celui que l'on entaille pour en récolter la résine) est souvent, dans l'iconographie et la poésie landaise, identifié au corps du Christ (Ribereau-Gayon, 1999).

432. Dans son roman *les racines du ciel*, à travers le personnage jésuite Saint-Denis pour qui « il y avait longtemps que l'arbre était son signe préféré, avant celui de la croix », Romain Gary suggère que l'arbre peut revêtir une signification spirituelle ou religieuse forte. C'est en effet le cas dans de

---

<sup>176</sup> Aucune certitude scientifique ne permet de situer la forêt de Brocéliande avec certitude ; il est cependant communément admis de la situer sur la commune de Paimpont (Ribereau-Gayon, 2012, Communication personnelle) ;

<sup>177</sup> Sur ces fondements est née l'association de sauvegarde de la forêt de Brocéliande : <http://www.sauvegarde-broceliande.org/>

nombreuses cultures : il est l'objet de vénération, parfois même considéré comme une manifestation de la présence divine (ONF, 2015). En Europe, la culture populaire contemporaine utilise l'image de l'arbre comme être doté de sensibilité et relie encore aujourd'hui les gros et vieux arbres à des mythes anciens leur attribuant des pouvoirs particuliers (Blicharska & Mikusinski, 2014). Ainsi, certains arbres (« remarquables ») sont traités avec déférence et font l'objet de différents processus de reconnaissance décrits précédemment<sup>178</sup>.

### 10.4.3 Attachement des propriétaires forestiers à leur forêt<sup>179</sup>

433. Une récente enquête du CREDOC (Maresca *et al.*, 2010) portant sur les attitudes des propriétaires de forêt de plus d'un hectare montrait que 84 % des personnes interrogées se déclaraient attachés à leur bois ; un attachement qui se manifeste par la régularité avec laquelle ces propriétaires vont dans leur forêt et les travaux d'entretien qu'ils y réalisent. Si pour beaucoup (35 % des réponses), l'autoconsommation de bois reste ce qui les intéresse principalement, arrivaient juste derrière un certain nombre de dimensions immatérielles comme bénéfices principaux tirés de ces propriétés : le cadre paysagé, l'espace de promenade, le patrimoine à transmettre et les ressources récréatives telles la chasse, le loisir, la cueillette, etc. (35 % également compté ensemble). Il semble donc que plus que la valeur accordée à l'objet forêt en soi, ce qui compte véritablement pour ces propriétaires est le lien qu'ils entretiennent avec l'espace boisé dont ils sont propriétaires.
434. Le plus souvent pour un propriétaire privé, sa forêt n'a pas ou pas en premier lieu, de valeur d'usage ou d'échange, ni de valeur instrumentale. La valeur qu'il lui accorde repose souvent sur des souvenirs marquants, une mémoire (une personne qui a compté, le dur labeur des générations précédentes, le signe d'un passé et d'une origine rurale centrale à la définition de qui l'on est) qui l'attachent à ces lieux dont la valeur est intrinsèque c'est-à-dire indépendante des bénéfices et utilités sociales qu'il peut en tirer (Larrère, 2013 ; Maris 2006, 2014).
435. Une enquête socio-anthropologique en cours<sup>180</sup> montre à quel point les propriétaires de forêt, même s'ils ne font pas grand-chose de leur bois, démontre une volonté farouche de transmettre leur bien et les symboles attachés à leurs descendants, et ce, même si ces derniers habitent à plusieurs centaines de kilomètres. Les propriétés des personnes interrogées variaient de très petites parcelles (moins d'un ha) et de plus grandes propriétés (les plus importantes faisant plus d'une centaine d'ha) et étaient des forêts de tous types (feuillus, mélange feuillus-résineux, anciennes plantations de résineux). Malgré ces disparités, quasi tous les propriétaires, à de rares exceptions près, exprimèrent cet attachement profond pour leur forêt ; peu d'ailleurs employant les termes de « propriété » ou de « patrimoine ».
436. Les propriétaires privés de forêt consultés pendant cette enquête ont exprimé la valeur de leur forêt à leurs yeux et ce qui les y attache de plusieurs manières. Le plus souvent les raisons économiques n'étaient pas mentionnées ou venaient bien après d'autres aspects plus significatifs pour ces personnes. Dans un premier temps leurs forêts sont des lieux porteurs de souvenirs marquants qui attachent. Par exemple les enquêtés expliquaient que les bois dont ils sont propriétaires sont ceux qui restent d'anciennes fermes d'altitude où, pour certains propriétaires les plus âgés, ils ont grandi. Ces espaces revêtent donc une valeur toute sentimentale qui attache ces personnes à ces espaces. En cela la forêt, c'est les racines, les origines, « *c'est les ancêtres !* » La forêt rappelle donc l'esprit et le travail des générations précédentes. Les garder c'est montrer du respect pour ce que les parents et grands-parents ont fait, ont bâti. Ainsi un enquêté disait être lié à sa forêt du fait du « *labeur de mes*

---

<sup>178</sup> § 10.3.3 sur les arbres remarquables.

<sup>179</sup>Contribution originale de Marieke Blondet, AgroParisTech.

<sup>180</sup>Projet AMII – Articuler motivation, incitation et institution pour inciter les propriétaires privés de forêt à intégrer davantage la biodiversité à leur gestion ; projet financé par le programme BGF – Biodiversité, gestion forestière et politique publique du MEEM.

*grands-parents, de ma mère et mes oncles et tantes qui ont passé beaucoup de temps et ont pris beaucoup de peine pour nous transmettre ce bois.* » Une autre personne allant dans le même sens ajoutait : *« C'est un petit peu pour eux aussi qu'on maintient tout ça en état quoi, par respect pour leur travail. »* Au-delà, les propriétaires de forêts sont aussi attachés à ce lieu qui leur rappelle d'où ils sont originaires, d'une certaine façon ça ancre les personnes dans un lieu, un territoire. Par conséquent, l'attachement à ses forêts est aussi en lien avec l'identité des personnes. Enfin, beaucoup de ces propriétaires sont particulièrement attachés à leur forêt car ils l'ont arpenté dans leur jeunesse avec une ou des personnes qui ont tout spécialement comptées dans leur vie : un père, un grand-père, un conjoint, un oncle, etc. qui leur ont transmis les savoirs et l'attachement pour ces espaces. Il est donc aussi question de souvenirs associés à ces personnes marquantes.

437. Au-delà, de très nombreux propriétaires aiment simplement aller s'y promener pour le bien-être que ces forêts procurent et pour se retrouver dans un cadre encore « sauvage » à leurs yeux ou un lieu calme et retiré. Ils aiment aussi y cueillir des champignons ou des fleurs et y voir passer le gibier, par exemple certains déclaraient : *« Moi ce que j'aime bien c'est le cadre. Le cadre avec le ruisseau, le pont, les anciennes retenues d'eau (...) les vieux murs parce qu'il y en a encore. »* Ou alors : *« Ça détend, le chant des oiseaux, une bête qui passe de temps en temps, un craquement. »* C'est aussi un lieu de ressourcement, « un endroit poétique ». Cet attachement prend une forme encore plus sensible chez certains propriétaires qui sont tout particulièrement attachés aux éléments de la nature et montrent un respect marqué pour ces espaces boisés et les arbres qui les composent, comme cette personne disant : *« Je peux contempler un arbre pendant une heure, je vois jamais la même chose (...). C'est peut-être bête mais moi, je me mets contre un arbre, ben je me sens bien ! (...) J'aime bien les arbres, au printemps ça se réveille, puis en été ça vit, en automne ça prend plein de couleurs et puis en hiver ça... »*

438. Pour d'autres propriétaires encore, être en forêts, aller s'y promener et parfois aussi y faire de la sylviculture répond à un besoin quasi physique, tel ce propriétaire expliquant : *« C'est un virus ! (...) Si j'y suis pas pendant une semaine, j'suis pas bien »*. Avoir « le virus » de la forêt, ou ressentir un besoin viscéral d'y aller sont revenus plusieurs fois chez les personnes interrogées, surtout celles qui géraient leur bois de manière régulière. Par exemple : *« Au fur et à mesure, je me suis laissé bouffer par la forêt, c'est devenu une passion »*. Pour ces personnes, la forêt est un mode de vie, une « thérapie » qu'on ne peut pas définir. Ce sentiment est très souvent accompagné de la volonté de faire « une belle forêt », sans que cela soit clairement défini. On rencontre aussi la volonté de transmettre une forêt en bon état, voire en meilleur état que lorsque la forêt a été héritée ou acquise. Un enquêté expliquait qu'il éprouve une vraie satisfaction de savoir qu'il a fait pousser sa forêt : quelque chose qui vit et qui s'embellie. Il ajoutait : *« Les arbres soignés me le rendent d'une certaine façon, c'est comme si on arrivait à se comprendre. »* Il terminait en disant de sa forêt : *« C'est ma danseuse donc on ne compte pas. »* Ces propriétaires font montre d'une forme d'écologie sentimentale à travers la fierté qui est la leur à l'idée d'embellir par la gestion quelque chose de vivant et de transmettre un lieu qu'on a contribué à préserver et à améliorer pour les générations futures ; un patrimoine au sens « journée du patrimoine » disait l'un des enquêtés.

439. Les sociologues ont montré que l'attachement, pour se construire, s'appuie sur une armature minimale : un ou des objets non humains, un collectif humain, des équipements et l'engagement des corps et des esprits (Hennion 2015b). Dans le cas des propriétaires privés de forêt, on vient de le voir, ce lien repose sur un objet, la forêt, sur un groupe familial ou une personne marquante dans la vie du propriétaire et sur un certain nombre de pratiques particulières associées au lieu (chasse, cueillette, promenade, gestion forestière).

440. On le voit avec cette enquête, l'attachement est donc un construit sensible. L'anthropologue Le Breton montre que le rapport au monde des personnes n'est pas uniquement une question de pensée mais aussi de sens (Le Breton, 2006) : les individus font l'expérience de leur milieu par les sens, les odeurs, les sons, les images, les saveurs, le touché. Les propriétaires privés de forêt qui arpentent régulièrement leur bois ont mieux que quiconque cette expérience sensible. Leur compréhension du monde dépend pleinement de ce ressenti. Dans la même ligne, Ingold (2000)



parle de « sentiment ecology », d'écologie sentimentale pour décrire la relation que les personnes entretiennent avec les composants de leur environnement naturel (animales et végétales) ; une relation qui reposerait donc sur l'expérience sensible procurée par la pratique longue et régulière de cet écosystème et des savoirs constitués au cours d'une longue expérience et interaction avec cet environnement particulier. L'auteur propose ainsi de parler de « poétique de l'habiter » (poetics of dwelling) (Ingold 2000). Au final les perceptions sensorielles dessinent un monde de signification et de valeurs qui attache par la familiarité créée les hommes à leur milieu d'expérience. Les forêts des propriétaires privés sont ainsi investies sensoriellement, par l'expérience physique vécue par leur propriétaire, les souvenirs, la mémoire attachée à ce milieu forestier ; du fait, enfin, du bien-être que ces lieux leur procurent. On est bien là dans un rapport sensible au monde qui attache tel que les auteurs cités précédemment l'ont décrit.

441. Pour conclure, cet attachement reposant sur une valeur intrinsèque pourrait aussi expliquer les observations de récentes enquêtes ethnographiques (Petit, 2016) qui décrivent une tendance générale des gestionnaires et des exploitants à reprocher aux propriétaires de ne pas assez faire de gestion et d'exploitation dans leur forêt ; ces derniers donnant la primeur à la valeur patrimoniale, à la qualité paysagère et au bien-être que les écosystèmes forestiers dont ils sont les possesseurs procure. Une conclusion qui apparaissait déjà dans l'enquête du CREDOC citée plus haut montrant que peu de propriétaires étaient motivés par l'exploitation commerciale. On peut dès lors se demander si ces propriétaires ne seraient pas, à l'image de la société civile, plus attirés par la conservation d'un cadre de vie forestier de qualité, muent en cela par la valeur intrinsèque qu'ils accordent à leur forêt et l'attachement qu'ils lui portent.

---

## **CHAPITRE 11**

# **Bouquets de services et interactions entre services écosystémiques**

---

## 11.1 Différents bouquets de services écosystémiques pour différents états de la forêt

442. Nous avons montré dans les chap. 7 à 9 de quelle manière les états forestiers E1 à E6 (ou types de forêt de l'EFESE) déterminaient le niveau du service écosystémique ou du bien étudié. Ce niveau a été caractérisé à dire d'expert en se basant sur des données quantitatives lorsqu'elles étaient disponibles et en utilisant un système de notation. L'ensemble des notes attribuées et leurs justifications sont synthétisées en Annexe 13. Elles sont l'expression d'une moyenne pour les différentes catégories constituées qui sont elles-mêmes hétérogènes : elles sont donc imparfaites et en partie subjectives mais présentent le mérite d'initier une réflexion sur les liens entre états de la forêt et bouquets de biens et services attendus.
443. La matrice ainsi obtenue permet de représenter les différents bouquets de services fournis pour chaque type de forêt (Figure 11.1). Ces diagrammes en radar présentent les divers services que l'on peut regrouper de la manière suivante :
- les services de régulation du climat avec deux niveaux : au niveau global, la séquestration de carbone d'origine écosystémique (seq\_C) et les émissions de carbone évitées par une substitution anthropique et judicieuse de bois à des produits concurrents (subst\_C) ; au niveau local, la température locale (temp\_loc) ;
  - d'autres services de régulation qui concernent la protection des eaux et des sols : protection de l'eau en termes de qualité (qual\_eau) et vis-à-vis des crues (crues) ; protection des sols en matière d'érosion (erosion) ainsi que d'avalanches, chutes de pierres et glissements de terrain en montagne (avalanches blocs ...) ;
  - la fourniture de bois (bois)
  - les activités récréatives en forêt (loisirs), au titre des services culturels, certaines se doublant d'une fourniture de biens, comme la chasse qui fournit de la venaison (gibier) et la cueillette qui fournit diverses ressources matérielles, alimentaires ou ornementales (champignons, fleurs, châtaignes, etc.).
444. Chaque état est susceptible d'être commenté d'abord indépendamment des autres :
- les milieux forestiers ouverts supportent en moyenne surtout des services récréatifs pourvoyeurs de biens tels que la chasse de gibier et la cueillette de baies, plantes aromatiques et champignons ;
  - les plantations sont de deux natures différentes dont le diagramme radar rend compte : la majeure partie d'entre elles a une vocation affirmée de production qui contribue à la fois à fournir du bois, à séquestrer du carbone, notamment à travers une forte productivité, et à éviter des émissions notamment dans le secteur de la construction ; mais on a par ailleurs aussi des plantations dont la vocation est de lutter contre les érosions en montagne ou sur le littoral, qui assurent donc un ensemble de services de régulation ; un bémol doit toutefois être apporté ici, notamment pour ce qui concerne la restauration des terrains en montagne dont les reboisements datent souvent du 19<sup>e</sup> siècle et voient leur rôle affaibli par ce vieillissement ;
  - le taillis apparaît avoir un impact limité sur la plupart des biens et services forestiers, avec cependant un rôle affirmé de lutte contre l'érosion dans les endroits qui y sont sensibles ;
  - les futaies semi-naturelles assurent une grande multifonctionnalité avec cependant un rôle de fourniture de bois et de régulation du climat qui n'est pas forcément à l'optimum et présente un potentiel de progrès ; c'est particulièrement le cas pour tout un ensemble de forêts récentes issues d'une reconquête naturelle de terrains autrefois agricoles et où les coupes ont pour principale vocation de fournir du bois de chauffage ;
  - les forêts naturelles ne sont pas inventoriées par l'inventaire forestier national en raison de leur inaccessibilité et jouent de ce fait principalement un rôle de régulation et de protection des sols ;

- enfin, les milieux matures sont particulièrement indispensables à une expression large de la biodiversité et procurent un ensemble varié de services à un niveau qui cependant, du point de vue des services considérés, n'est pas forcément optimal : c'est évidemment le cas pour la production de bois et les services associés de régulation du climat mais aussi, dans une moindre mesure, pour tous les autres services en raison des restrictions d'accès et d'activités qui sont imposées à certains de ces espaces, et des dangers que les gros arbres représentent dans les forêts peu voire pas gérées pour les éventuels promeneurs, cueilleurs ou chasseurs (chutes de branches ou d'arbres morts) et pour les sols (risques de déstabilisation).

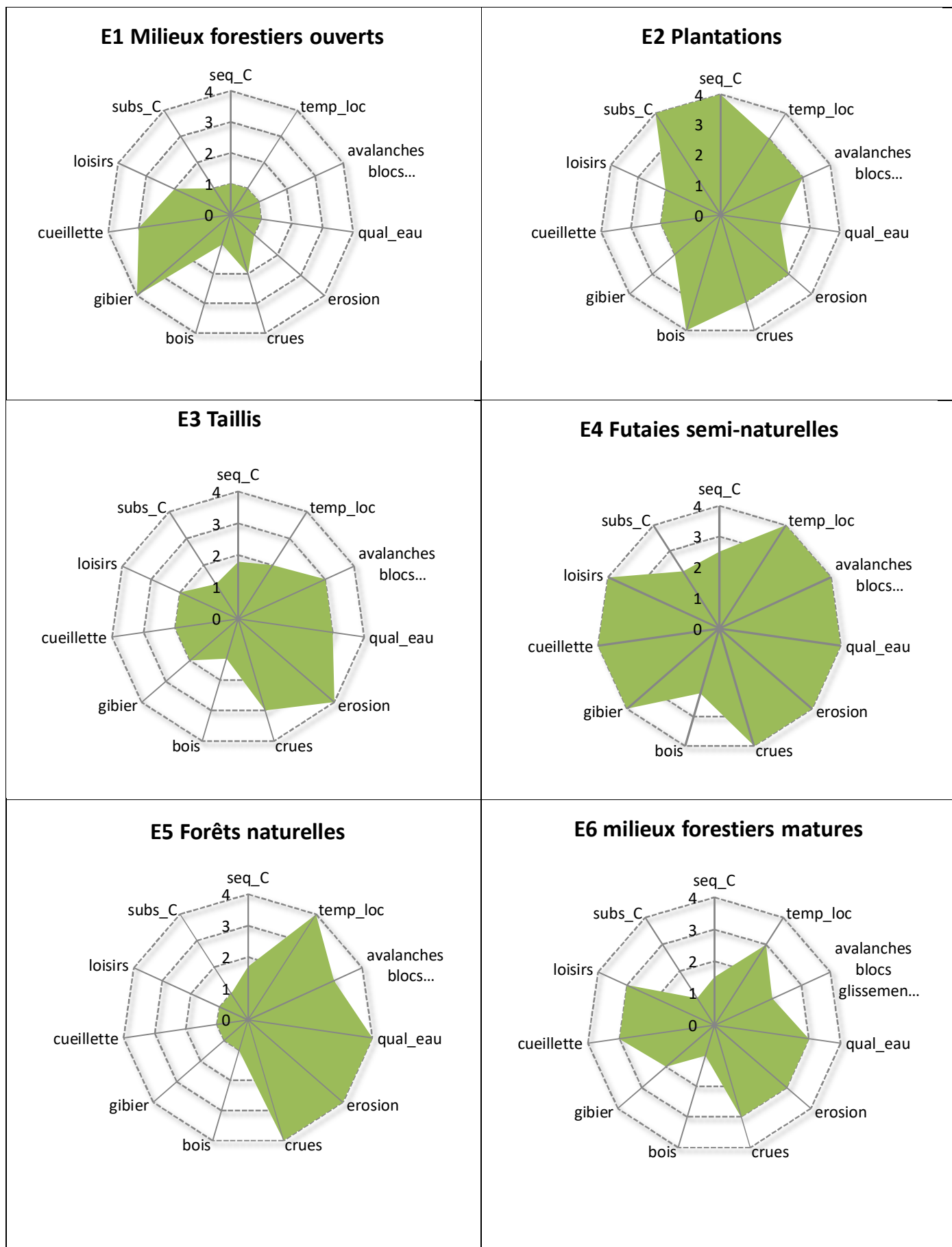
445. Certaines parcelles peuvent rester constamment dans le même état, par exemple celui de futaies semi-naturelles lorsqu'il s'agit notamment de peuplements traités en futaie irrégulière (transition T8). Cependant la plupart des peuplements évoluent en général d'un état à l'autre et à l'intérieur d'un même état par vieillissement. On peut ainsi s'intéresser au cas de la régénération naturelle contrôlée d'une futaie semi-naturelle qui constitue, après coupe définitive du peuplement précédent, un milieu ouvert évoluant vers une futaie semi-naturelle fermée puis éventuellement vers un milieu mature si la décision de régénération est reportée dans le temps. La parcelle passe alors de l'état E1 à l'état E4 en se fermant puis évolue par vieillissement à l'intérieur de l'état E4 avant de terminer dans un état E6 si elle n'est pas régénérée lorsque son peuplement atteint l'âge d'exploitabilité. En passant d'un milieu ouvert à une futaie semi-naturelle fermée, on note un développement de l'ensemble des services qui peut ultérieurement subir une légère contraction au-delà du seuil d'exploitabilité, notamment en matière de production de bois et de régulation du climat global. Ce genre d'évolution relative aux trois états E1, E4 puis E6 illustre également de façon exacerbée l'évolution à l'intérieur de l'état E4 par vieillissement d'une futaie semi-naturelle depuis sa fermeture dans le jeune âge jusqu'à l'âge où les bois pourraient éventuellement être récoltés.

446. Les états E2 à E5 traduisent quant à eux un gradient allant de l'artificiel (plantations et, dans une certaine mesure, taillis) vers le naturel (futaies semi-naturelles et forêts naturelles). L'analyse qui a été faite montre des différences mais pas de gradation globale entre les bouquets de services relatifs à ces différents états. Le rôle social apparaît essentiellement rempli par les futaies semi-naturelles et beaucoup moins par les plantations et le taillis (pour des raisons esthétiques ou une difficulté d'entrée) et par les futaies naturelles (pour des raisons d'accessibilité). La fourniture de bois est essentiellement l'apanage des plantations qui, avec moins de 13% des surfaces de forêts représentent près d'un tiers des prélèvements. Cette contribution est directement liée à la productivité de ces plantations qui est le double de la productivité moyenne, représente 26% de la production biologique nette des forêts hexagonales et, en même temps, un fort potentiel de séquestration. Elle explique aussi un rôle important de substitution et donc l'évitement d'émissions de gaz à effet de serre. Quant aux forêts naturelles, elles jouent principalement un rôle de protection, à un niveau similaire aux futaies semi-naturelles mais en des endroits clés du fait de leur accessibilité difficile.

447. Ce genre d'analyse permet finalement de répondre à un certain de questions posées par les parties prenantes (Annexe 1, Compte-rendu de réunion n°7) qui sont successivement abordées ci-après sous les formulations suivantes :

- La régulation du climat est-elle compatible avec la fourniture de bois ?
- Les activités récréatives s'accommodent-elles de l'exploitation forestière ?
- La fourniture de bois soutient-elle la protection des eaux et des sols ?

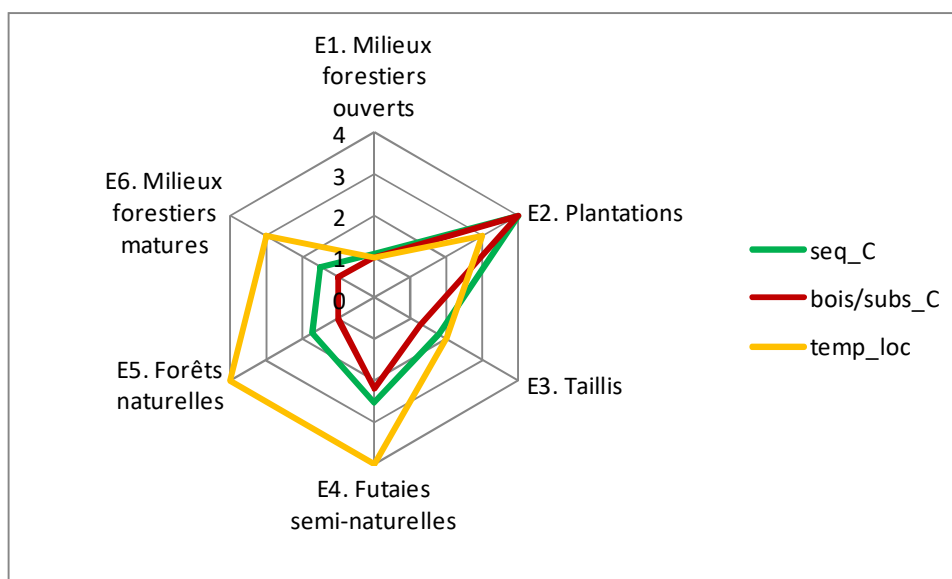
Figure 11.1 : Les différents bouquets de biens et services délivrés par les états forestiers E1 à E6



## 11.2 La régulation du climat est-elle compatible avec la fourniture de bois ?

448. Les liens entre fourniture de bois et régulation du climat peuvent faire l'objet d'une analyse sur l'ensemble des six états et pour le climat tant local que global. Dans la mesure où les prélèvements de bois représentent aussi bien la capacité des forêts à satisfaire les besoins en bois qu'à éviter des émissions de gaz à effet de serre, on se réfère ici à cette caractéristique (en rouge) complétée par la capacité de séquestration de carbone (représentée par la production biologique nette des arbres à l'hectare, en vert) et la température locale (en jaune) (Figure 11.2). On note sur les six états une bonne corrélation entre les deux indicateurs de régulation du climat global (séquestration de carbone in situ et émissions évitées de gaz à effet de serre liées à la fourniture de bois). En ce qui concerne le climat local, on remarque que les états pourvoyeurs de bois régulent également les températures, mais que c'est aussi le cas d'états fournissant peu de bois comme les milieux forestiers matures, les forêts naturelles et les futaies semi-naturelles (E4 à E6). En d'autres termes, la régulation des températures dépend plus du stock de bois à l'hectare que de la récolte de bois et s'avère donc surtout faible pour les milieux ouverts et les taillis. Finalement, hormis lorsqu'elle se tourne vers le seul débouché énergétique (cas du taillis), la fourniture de bois ne contraint guère la régulation du climat, ni au niveau local où elle favorise des matériels sur pied relativement élevés, ni au niveau global où elle encourage une certaine productivité et participe à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

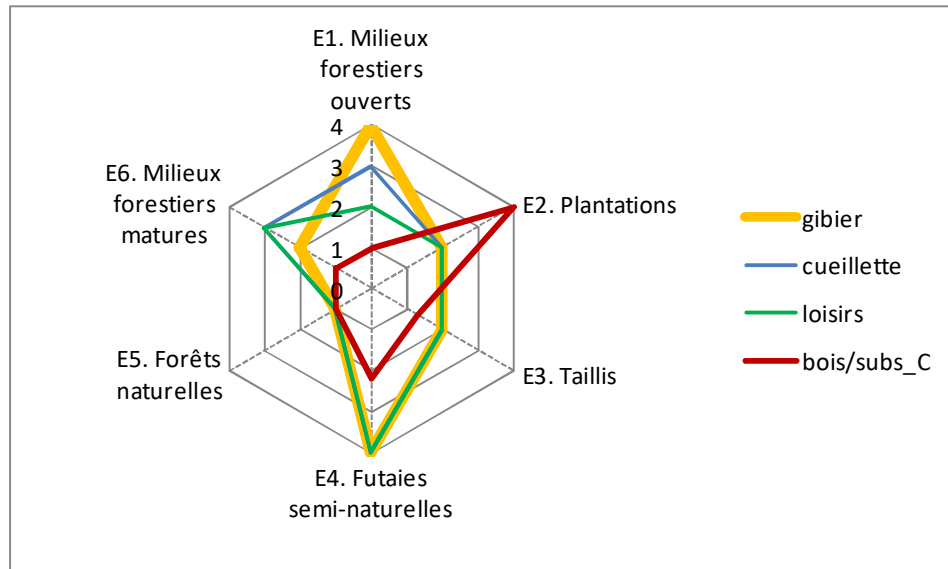
Figure 11.2 Services de régulation du climat et de fourniture de bois



## 11.3 Les activités récréatives s'accommodent-elles de l'exploitation forestière ?

449. Comme cela a été fait plus haut pour le climat, on peut aussi comparer la propension des différents états forestiers à fournir du bois avec leur capacité à supporter les activités récréatives, y compris la collecte de produits forestiers non ligneux (venaison, fruits et champignons) auxquelles celles-ci sont susceptibles de donner lieu (figure 11.3). Les milieux ouverts et matures peuvent être le support d'activités récréatives non négligeables même s'ils ne fournissent pas de grandes quantités de bois. Par ailleurs, les plantations et futaies semi-naturelles laissent apparaître la réalisation d'un compromis entre activités de production et d'accueil. Ce compromis se fait au détriment de l'accueil dans les plantations et à son bénéfice dans les futaies semi-naturelles.

Figure 11.3 Services récréatifs et fourniture de bois



## 11.4 La fourniture de bois soutient-elle la protection des eaux et des sols ?

450. Une analyse analogue peut être conduite sur la protection des eaux et des sols, en distinguant les services de régulation de la qualité des eaux et des crues, d'une part (figure 11.4), ceux de protection contre les avalanches ou chutes de blocs et contre les érosions, d'autre part (figure 11.5). On se trouve dans les deux cas en présence de situations analogues à celle qui a été constatée pour les loisirs : des états ne fournissant pas de bois ou bien en fournissant peu jouent un rôle important dans la protection des eaux et des sols. Les plantations et futaies semi-naturelles qui en fournissent semblent le faire de manière inversement proportionnelle à l'intensité de la protection qu'elles exercent.

Figure 11.4 Services de protection des eaux et de fourniture de bois

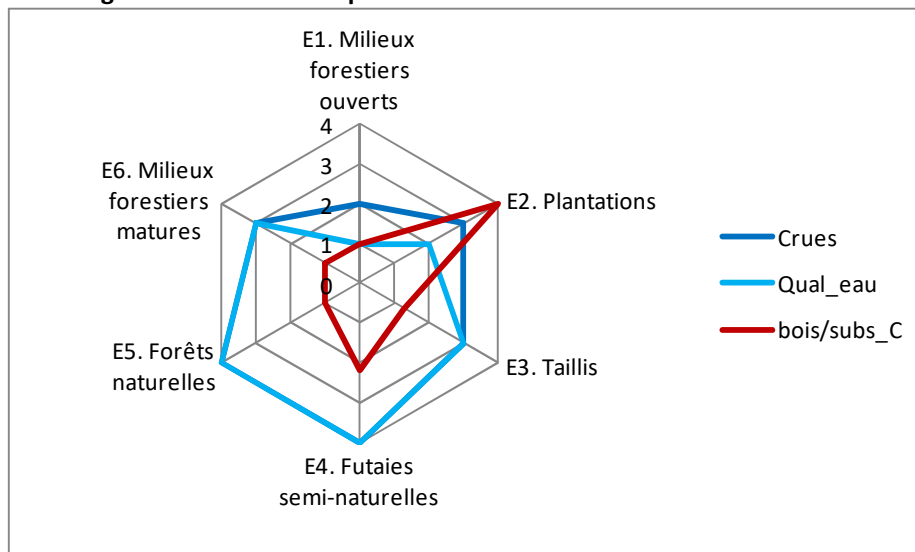
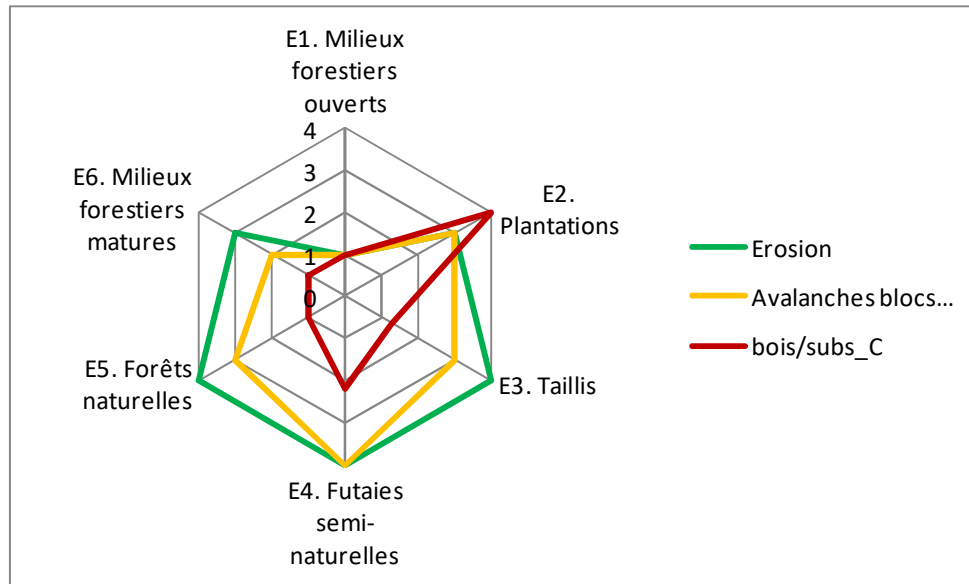


Figure 11.5 Services de protection des sols et de fourniture de bois



## 11.5 Conclusions sur les services retirés des différents états forestiers

451. Entre les états forestiers qui ont été distingués ici en nombre limité (six), il existe évidemment des différences marquées en matière de fourniture de services forestiers.
452. Mais, au faible niveau de détail considéré et dans le cadre d'une approche en moyenne, il n'apparaît pas clairement d'opposition entre services écosystémiques. Certes, des services émanent préférentiellement de certains états plutôt que d'autres, mais cela n'exclut pas que, dans un état donné, ils puissent coexister à un niveau élevé : les plantations et les futaies semi-naturelles sont les états qui fournissent le plus de bois, ce qui ne les empêche pas de réguler le climat tant local que global, d'accueillir du public, et d'assurer une protection pour les sols et les eaux. On observe notamment que :
- les futaies semi-naturelles apparaissent les plus à même de procurer l'ensemble des services considérés ; aucun service n'est noté en dessous de 2, trois services sont notés au niveau 2 ou 3 et huit services sur onze sont notés 4 ;
  - les plantations fournissent également la plupart des services à un niveau significatif : là encore, il n'y a pas de service noté en dessous de 2 mais 8 services sont notés entre 2 et 3 et seulement 3 sont notés 4.
453. Les états qui apparaissent moins « multifonctionnels » n'en sont pas moins indispensables pour les services qu'ils rendent de manière importante ou différente. Ils ne doivent d'ailleurs pas être considérés isolément lorsqu'ils s'insèrent dans une succession sylvigénétique permettant de passer des milieux ouverts à des milieux matures via les milieux intermédiaires des états E2 à E5.
454. Les états considérés sont très hétérogènes selon l'âge des peuplements qu'ils contiennent, leur situation, leur structure précise... L'analyse qui a été conduite ici à un niveau très agrégé reste donc liminaire.



---

## **CHAPITRE 12**

### **Synthèse et discussion des résultats**

---

## 12. 1 Les grands enjeux socio-économiques

455. L'analyse précédente a montré que les écosystèmes forestiers fournissent une grande diversité de biens et services (cf. §7, 8, 9), et génèrent des contraintes (cf. Encadré page 97), qui influencent le bien-être des sociétés humaines via un ensemble de dimensions déterminantes pour les individus :
- *les besoins économiques*, à travers la production de biens matériels, la contribution à l'emploi et à l'économie nationale et, dans une moindre mesure, la régulation de contraintes préjudiciables à d'autres activités (dommages à l'agriculture liés aux ongulés sauvages) ;
  - *la santé humaine*, via l'amélioration de la qualité sanitaire de l'environnement et les bénéfices de la fréquentation des forêts sur le stress, les risques sanitaires liés à la forêt (maladies, allergies, intoxication) sont quant à eux minimes hormis le cas particulier de la maladie de Lyme ;
  - *les relations sociales*, les forêts fournissant un cadre pour le développement et l'épanouissement des liens entre les individus, renforçant de ce fait la cohésion sociale ;
  - *la qualité du cadre de vie*, via la contribution des forêts aux paysages, la régulation locale de certaines nuisances sonores, visuelles ou olfactives et les possibilités de récréation qu'elles procurent aux habitants de proximité ;
  - *la sécurité physique*, améliorée par le rôle reconnu des peuplements forestiers vis-à-vis de la protection des intérêts humains contre divers aléas naturels (avalanches, chutes de pierres, érosion, tempêtes côtières, crues..) hormis les incendies qui représentent un risque supplémentaire pour les personnes et les biens situés à l'intérieur ou à proximité.

### La contribution économique de la filière forêt bois est importante et pourrait encore être développée

456. L'ensemble de la société bénéficie des activités économiques engendrées par la récolte de bois, principal bien marchand issu des forêts métropolitaines. Le bois commercialisé alimente toute une filière depuis sa mobilisation (gestion et exploitation forestière, transport) jusqu'à son utilisation dans l'ameublement, des objets divers en bois, la construction, l'emballage, les papiers et cartons, la chimie et l'énergie, en passant éventuellement par différentes activités de transformation (sciage, placage, trituration...) <sup>181</sup>. Dans son ensemble, la valeur ajoutée de la filière a été évaluée à environ 12 milliards d'euros : elle contribue ainsi au produit intérieur brut (PIB) de la France à hauteur de 0,5 à 0,6 %. Toutes ces activités ont des retombées en termes d'emplois, d'abord au sein de la filière forêt-bois « traditionnelle » <sup>182</sup> - qui employait 230 000 personnes en 2010, soit 0.9 % de la population active – et aussi au-delà, le chiffre de 440 000 emplois au total étant parfois avancé dans les documents officiels <sup>183</sup>.
457. La filière forêt-bois souffre néanmoins d'un déficit du commerce extérieur assez stable qui oscille entre 4 et 6 milliards d'euros par an. La France ne satisfait pas complètement ses besoins à partir de ses propres ressources et importe l'équivalent de 6,8 millions de m<sup>3</sup> de bois ronds supplémentaires en 2014. En outre, les postes exportateurs nets concernent largement des produits bruts (bois ronds, récupération de vieux papiers), tandis que les postes importateurs majeurs concernent des produits élaborés (papiers cartons, ameublement) à plus forte valeur ajoutée <sup>184</sup>. Ce déficit chronique et direct de la filière forêt-bois se trouve néanmoins compensé par la réduction indirecte de la facture énergétique de la France grâce aux économies que représente l'utilisation de bois par rapport à

---

<sup>181</sup> § 8.1.1

<sup>182</sup> Sylviculture, exploitation forestière, travail du bois, ameublement, secteur papetier.

<sup>183</sup> § 8.1.2.2

<sup>184</sup> Ce en dépit des fluctuations dépendant du contexte économique général et du contexte forestier (accidents climatiques notamment). Cf. § 8.1.2.2

d'autres sources d'énergies. En outre, une part importante (un tiers) du bois est auto-consommée<sup>185</sup>: du fait de son caractère informel, cette récolte non commercialisée est difficile à évaluer<sup>186</sup>. De plus, d'autres secteurs d'activités économiques liés à la forêt et en pleine expansion, comme le tourisme ou les loisirs (l'économie de la chasse par exemple), ne sont pas intégrés dans les statistiques publiques<sup>187</sup>. L'inclusion de ces différents champs d'activité montrerait une plus grande contribution du secteur forestier à la richesse nationale.

458. Un ensemble de facteurs laissent présager une amélioration durable de la croissance de la filière forêt-bois de ses performances économiques.

- Il existe un potentiel de récolte supplémentaire : en moyenne la moitié de l'accroissement annuel des arbres est prélevée pour les différents usages évoqués plus haut (y compris auto-consommation)<sup>188</sup>. Si ce taux cache de grandes disparités selon les régions (plus faible en montagne et en méditerranée), les essences (plus important pour les résineux que les feuillus) et le statut des forêts (plus élevé en forêt publique qu'en forêt privée sans plan simple de gestion), il témoigne cependant de possibilités de développement, au moins sur une partie du territoire. En outre, la forêt métropolitaine se développe de façon importante à la fois en surface<sup>189</sup>, en volume de bois<sup>190</sup>, voire de production biologique nette - ce qui permet déjà, à taux de prélèvement inchangé, une récolte supplémentaire ;
- Des outils se développent afin d'améliorer l'adéquation entre la ressource forestière (hétérogène, principalement feuillue, morcelée entre de nombreux propriétaires) et les besoins de l'industrie (principalement de grands lots de résineux homogènes en qualité). La politique forestière actuelle met justement l'accent sur le développement industriel (contrat stratégique de filière) et une meilleure valorisation des ressources en bois (Programme national de la forêt et du bois, Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse, Stratégie nationale bas-carbone).
- La bioéconomie est en plein essor : le bois, matière première exceptionnelle de par la diversité et la variabilité de ses propriétés mécaniques, physiques et chimiques, alimente déjà de nouveaux marchés tels que ceux des emballages intelligents, de la chimie verte ou des nouveaux tissus (par exemple en remplacement du coton). Mais son utilisation se développe aussi dans les secteurs de la construction, de l'énergie et de l'alimentation (humaine et animale) ainsi que dans les secteurs moins connus de l'électronique, des transports et des produits d'hygiène.

459. La contribution des forêts à l'économie dépasse largement la seule production de bois et les activités qui y sont liées : elles fournissent aussi une multitude de produits non ligneux (dont une partie seulement est commercialisée<sup>191</sup>) et de substances exploitées (notamment par les industries pharmaceutique, nutraceutique et cosmétique) ; en protégeant les sols (en montagne, sur le littoral) elles évitent des dommages matériels et humains et représentent parfois une alternative naturelle à de coûteuses techniques de génie civil<sup>192</sup> ; en régulant la qualité de l'air<sup>193</sup> et de l'eau, elles évitent des coûts de dépollution et de traitement (et réduisent notamment la facture d'eau des ménages), etc.

---

<sup>185</sup> Approvisionnement en bois de chauffage des propriétaires forestiers et des affouagistes (habitants disposant du droit de récolter du bois dans des lots expressément désignés de la forêt de leur commune, selon des modalités précises).

<sup>186</sup> Cette récolte non commercialisée ne s'évalue pas facilement mais est estimée à 24,6 millions de mètres cubes pour l'année 2014

<sup>187</sup> Pour ces secteurs en particulier, il est difficile de distinguer ce qui relève de la forêt et du bois de ce qui relève d'autres environnements ou matériaux.

<sup>188</sup> § 8.1.2.1

<sup>189</sup> § 5.1.1

<sup>190</sup> § 5.1.2

<sup>191</sup> Truffes, liège, plants et graines, « sapins de Noël » et miel forestier – cf. § 8.3

<sup>192</sup> § 7.3 (régulation des aléas naturels en région de montagne), 7.4 (régulation de l'érosion) et 7.6 (régulation des crues)

<sup>193</sup> § 7.2 (régulation du climat local) et 7.5 (régulation de la qualité de l'eau)

460. A l'inverse, des contraintes liées à la forêt peuvent s'exercer sur d'autres activités économiques, notamment agricoles : largement inféodés à la forêt, les ongulés sauvages (dont les populations sont en hausse sur tout le territoire)<sup>194</sup> causent des dommages aux cultures dont le coût pourrait s'élever à environ 50 millions d'euros / an (indemnités des agriculteurs et coûts des dispositifs de protection)<sup>195</sup>.

## **La forêt améliore la qualité sanitaire de l'environnement et diminue le stress des personnes qui la fréquentent**

461. Les forêts exercent sur la santé un effet bénéfique ? Celui-ci repose d'abord sur des services de régulation, étroitement liés à la nature et au fonctionnement de l'écosystème, qui viennent améliorer la qualité de l'environnement au niveau local (températures, qualité de l'air, qualité de l'eau). De ce point de vue, la contribution des forêts est particulièrement intéressante pour les zones urbaines : l'atténuation des grandes vagues de chaleur en ville (par échanges thermiques avec les forêts alentours) ainsi que la filtration de l'air par le feuillage des arbres (interception et absorption des particules polluantes) ont été mises en évidence dans différentes études<sup>196</sup>. En outre, et de manière généralisée sur l'ensemble du territoire, les forêts semblent contribuer à la réduction des quantités de divers polluants d'origine humaine (nitrates, phosphates, pesticides, etc.). De ce fait, elles participent au bon état des écosystèmes aquatiques et à la qualité sanitaire des biens (eau potable) ou services (baignade) qui y sont attachés<sup>197</sup>. Les formations arborées riveraines des cours d'eau sont particulièrement importantes (épuration active des eaux) et doivent faire l'objet d'une attention particulière dans un contexte où leur état de conservation est souvent jugé mauvais<sup>198</sup>.

462. Indépendamment de ce premier aspect, il existe un effet probable sur la santé lié à la fréquentation des forêts ou à leur proximité, mais peu d'études ont analysé les liens qui existent entre ces espaces de nature, leur présence dans le paysage, les activités que l'on peut y pratiquer et leurs bienfaits sur la santé (diminution du niveau de stress notamment). Néanmoins, des travaux expérimentaux réalisés au Japon ont mis en évidence l'effet relaxant de la fréquentation de la forêt : une réponse physiologique de l'organisme (diminution du rythme cardiaque, de la pression artérielle...) a été observée sur des individus invités à effectuer un parcours en forêt puis à y contempler le paysage<sup>199</sup>. Ces premiers résultats laissent entrevoir le potentiel de la récréation en forêt pour la santé publique, tout particulièrement dans un contexte d'urbanisation de la société et de hausse des maladies liées au stress.

463. Notons encore que la forêt constitue un réservoir de substances naturelles et de molécules potentiellement utiles à la santé. Les substances bioactives contenues dans les arbres et les plantes alimentent l'industrie pharmaceutique et le secteur de la gemmothérapie (médecine non conventionnelle qui utilise les bourgeons). Ces exploitations commerciales concernent près de 70 espèces forestières métropolitaines auxquelles s'ajoutent certaines substances d'intérêt nutraceutique extraites des écorces des arbres<sup>200</sup>. Ce premier aperçu reste à compléter, notamment en recensant les usages traditionnels (non-commerciaux) des plantes forestières pour leurs vertus supposées ou réelles, puis en l'étendant aux forêts ultramarines.

464. Enfin, la présence, en forêts métropolitaines, de divers organismes pouvant affecter la santé humaine sous forme de maladies, allergies, intolérances, irritations ou urtications n'atténue que légèrement les bienfaits sur la santé physique et mentale reconnus précédemment. Néanmoins, la

---

<sup>194</sup> § 6.4.1

<sup>195</sup> Cf. Encadré sur les contraintes p 97.

<sup>196</sup> § 7.2.2.1

<sup>197</sup> § 7.5.2

<sup>198</sup> § 5.2.4

<sup>199</sup> § 9.1.2.2

<sup>200</sup> § 8.3.2

maladie de Lyme (ou borréliose, portée par certaines tiques et transmise par morsure) en pleine expansion pose une nouvelle problématique de santé publique, notamment dans les espaces forestiers périurbains souvent très fréquentés.

## **La forêt est un espace de sociabilité et de partage**

465. En France métropolitaine, les forêts sont souvent les seuls espaces de nature accessibles gratuitement à un public de proximité. La fonction d'accueil du public est une mission d'intérêt général plus particulièrement associée à la forêt publique (25% des forêts) mais les propriétés privées sont également libres d'accès pour 85 % d'entre elles selon les déclarations de leur propriétaire<sup>201</sup>. Les forêts font partie des espaces récréatifs préférés des Français métropolitains et sont les espaces naturels les plus fréquentés après la campagne : elles totalisent entre 700 millions et 1 milliard de visites annuelles. La moitié de la population française métropolitaine déclare s'y rendre au moins une fois par mois pour y pratiquer des activités diverses, souvent à caractère social, qui correspondent à des publics variés (promeneurs, chasseurs, sportifs, naturalistes, etc.)<sup>202</sup>. L'envie de partager un moment agréable avec la famille et les amis est souvent un déterminant majeur du déplacement<sup>203</sup>. La forêt permet ainsi de se retrouver ou de se rencontrer tout en s'affranchissant de la promiscuité inhérente au mode de vie urbain, ce qui contribue à renforcer le lien social.
466. La plupart du temps, les grandes forêts peuvent accueillir beaucoup de visiteurs sans pour autant générer un sentiment d'oppression ou d'encombrement. Néanmoins, dans certains cas et notamment dans les zones très urbanisées comme en Île-de-France, la pression de fréquentation peut s'accroître : les forêts sous influence urbaine (1/5<sup>ème</sup> des forêts en 2008) concentrent des attentes fortes et parfois exacerbées vis-à-vis de l'offre de loisirs, d'autant plus que certaines sont peu à peu intégrées aux aires urbaines qui ne cessent de s'étendre<sup>204</sup>. La recherche de calme, de tranquillité étant centrale, le sentiment qu'il y a « *trop de monde* » est source de dérangement et peut conduire une partie des usagers à renoncer à leur visite en forêt<sup>205</sup>. Des conflits d'usage entre les activités pratiquées peuvent aussi survenir : la chasse, notamment, est perçue comme une source de contraintes par les autres usagers (3<sup>ème</sup> gêne mentionnée après la présence d'ordures et de véhicules motorisés)<sup>206</sup>. D'autre part, l'analyse des bouquets de services laisse apparaître les compromis réalisés, pour certains types de forêts, entre activités d'accueil du public et exploitation forestière<sup>207</sup>. L'enjeu est donc de permettre à l'ensemble de ces activités sociales et économiques d'exister ou de cohabiter, tout en confortant certaines forêts aux portes des villes dans leur fonction prioritaire d'accueil du public pour la pratique d'activités douces ou sportives, bénéfiques à la santé humaine et à la cohésion sociale.

## **La forêt est appréciée et participe à la qualité du cadre de vie**

467. Le cadre de vie influence grandement la qualité de vie et le sentiment de bien-être et des individus. Il est entendu ici comme la valorisation d'un certain nombre d'éléments naturels (proches du lieu de vie) qui contribuent aux pratiques récréatives, à la régulation de certaines nuisances liées ou non à l'activité humaine (bruit, mauvaises odeurs, pollution, vent, etc.) ou à la beauté des paysages. La qualité du cadre de vie est un élément particulièrement subjectif et donc assez difficile à évaluer.
468. De manière assez triviale, la présence de forêts participe à la qualité du cadre de vie : elle conditionne d'abord largement le paysage par la grande dimension et l'esthétisme de ses arbres (cet aspect mériterait une analyse plus détaillée qu'il n'a été possible de le faire dans le cadre de ce

---

<sup>201</sup> Donnée issue d'une enquête auprès des propriétaires privées. Cf. § 9.1.2.1

<sup>202</sup> § 9.1.2.2

<sup>203</sup> § 9.1.1

<sup>204</sup> § 9.1.2.1

<sup>205</sup> § 9.1.3.1

<sup>206</sup> § Enquête « Forêt et Société », cf. chap. 8.2.1

<sup>207</sup> § 11.3

rapport) ; elle accueille ensuite une variété d'activités récréatives (promenades, sorties sportives ou naturalistes, etc.) ; elle régule enfin le climat local (atténuation des grandes vagues de chaleurs en été, effet brise-vents du peuplement, réduction de la pollution de l'air ou de l'eau)..

469. Au niveau du cadre de vie, les aménités environnementales sont généralement évaluées par l'analyse du prix des biens immobiliers en lien avec la présence dans l'environnement immédiat de différents éléments ou espaces naturels (méthode dite des prix hédoniques). Ainsi, en Angleterre, une étude réalisée sur l'ensemble du territoire a confirmé que la présence de forêts de feuillus ou de résineux avait des conséquences significatives et importantes sur les prix de l'immobilier, faisant valoir l'importance accordée par la population à la proximité avec ces espaces<sup>208</sup>. A notre connaissance, il n'y a pas eu de travaux similaires à l'échelle de la France métropolitaine : il serait intéressant de l'envisager dans un prolongement de l'EFESE, de manière transversale à tous les types de milieux.

## **Certains territoires sont protégés des risques naturels par la présence de forêts**

470. Certaines forêts, de par leur localisation et leurs caractéristiques, protègent les territoires vis-à-vis des dangers liés aux aléas naturels. En évitant des dommages matériels et des accidents humains, leur présence a ainsi des conséquences sur le bien-être des populations et leur besoin de sécurité. Par exemple, les forêts installées sur les versants des montagnes et issues, pour certaines, des grands travaux de reboisement entrepris à partir de 1860, limitent l'érosion et les glissements de terrain superficiels, interceptent les chutes de pierres ou de blocs, réduisent l'intensité et la fréquence des avalanches, atténuent l'amplitude des crues torrentielles par rétention d'eau<sup>209</sup>. Le long des cours d'eau, ripisylves et forêts alluviales sont des zones naturelles d'expansion de grands volumes d'eau permettant également de limiter le risque d'inondation. Sur le littoral métropolitain, les forêts présentes sur environ 1200 km de systèmes dunaires permettent de lutter contre l'envahissement des terres par le sable ou les eaux<sup>210</sup>. Enfin, Outre-mer, les mangroves jouent un rôle majeur et constituent une barrière physique contre la houle et le vent lors des tempêtes<sup>211</sup>.
471. Ces forêts (publiques ou privées) sont partiellement prises en compte par la législation forestière française, soit par l'intermédiaire de la Politique de restauration des terrains en montagne (qui couvre 240 000 hectares de forêt, dont 130 000 hectares joueraient un rôle effectif de protection) soit dans le cadre de la loi Chauveau (1922) qui a permis la création d'un statut juridique de forêt de protection reconnaissant le service rendu de ce point de vue (en 2015 : 50 000 hectares de forêt de montagne, 13 000 hectares de dunes boisées bénéficient de ce statut)<sup>212</sup>. D'autres forêts jouent un rôle de protection sans pour autant bénéficier de moyens spécifiques, alors même qu'une sylviculture adaptée est souvent indispensable au maintien d'une protection efficace<sup>213</sup>. En outre, certaines plantations de montagne connaissent des problèmes d'instabilité dus à leur âge avancé, leur manque d'entretien (difficultés d'accès et coûts), leur densité trop forte, leur monospécificité et leur état sanitaire dégradé par les attaques parasitaires : leur renouvellement est un enjeu important. La cartographie du service de régulation des risques naturels semble un préalable indispensable à une protection adéquate par la loi des forêts concernées et à l'affectation des moyens nécessaires à leur gestion.
472. Les incendies de forêts représentent toutefois un risque supplémentaire pour les personnes et les biens situés à l'intérieur ou à proximité des espaces boisés : risque vital ou d'intoxication pour les

---

<sup>208</sup> Gibbons, Stephen, Mourato, Susana and Resende, Guilherme Mendes (2014) *The amenity value of English nature: a hedonic price approach*. Environmental and Resource Economics, 57 (2). pp. 175-196. ISSN 0924-6460

<sup>209</sup> § 7.3 (avalanches, chutes de blocs et glissements de terrain), 7.4 (érosion) et 7.5 (crues)

<sup>210</sup> § 7.4 ; une évaluation du service de régulation de l'érosion côtière en Aquitaine a été produite par l'UICN dans le cadre de l'EFESE (voir Collection Théma du MTEs, Avril 2018)

<sup>211</sup> Encadré 2.5 ; voir étude zones humides

<sup>212</sup> § 7.3.1

<sup>213</sup> § 7.3.3.2

populations au contact du feu, risque de destruction pour les infrastructures ou constructions, etc. Cette contrainte concerne surtout la zone méditerranéenne où sont recensés plus des deux tiers des surfaces forestières annuelles brûlées. Les feux de forêts sont aujourd'hui relativement bien maîtrisés en France (à l'exception des années de sécheresse) et les surfaces incendiées ont tendance à diminuer depuis les années 1990 en lien avec les efforts de prévention et de lutte contre les incendies<sup>214</sup>, néanmoins, dans le contexte du changement climatique, on peut craindre une recrudescence des feux de forêts et leur extension à des zones jusqu'alors relativement épargnées<sup>215</sup>.

## 12.2 Enjeux pour les politiques publiques

473. Les politiques publiques de développement durable constituent un moyen essentiel pour aller vers un équilibre entre les attentes sociales et la capacité des écosystèmes forestiers à y répondre durablement. Elles se concrétisent dans un nombre important de stratégies élaborées aux niveaux mondial, européen et national (tableau 12.1), déclinées également pour certaines d'entre elles à l'échelle régionale. Elles abordent le développement durable soit sous un angle très large, soit de manière plus ciblée, mais se recoupent largement entre elles. Elles mettent globalement l'accent sur un certain nombre d'enjeux que l'on peut regrouper en quatre volets ; l'un, sur la connaissance, fait l'objet de la partie 12.3 tandis que les trois autres sont listés ci-après avant d'être successivement commentés plus bas :

- Capacité des territoires à fournir des services écosystémiques et à en bénéficier
- Résilience des écosystèmes et de leur gestion par rapport aux risques
- Contribution à une bioéconomie sobre, circulaire, durable et innovante

**Tableau 12.1 : principales politiques publiques relatives à la forêt**

Echelle →	Monde	Europe/EU	France
↓ Thèmes			
Développement durable	➤ Objectifs de développement durable (2016-30)	➤ Action européenne en faveur de la durabilité (2016-30)	➤ Stratégie nationale de transition écologique pour le développement durable (2015-20)
Biodiversité	➤ Convention sur la diversité biologique (1992 et au-delà) ➤ IPBES (2012 et au-delà)	➤ Stratégie de l'Union européenne pour la biodiversité (2011-20) ➤ Natura 2000 (2000 et au-delà)	➤ Stratégie nationale pour la biodiversité (2013-23) ➤ Stratégie de création d'aires protégées (2010-19...) ➤ Plan biodiversité (2018 et au-delà)
Climat et énergie	➤ GIEC (1988 et au-delà) ➤ Convention sur le changement climatique (1994 et au-delà) ➤ Accord de Paris 2015 et au-delà)	➤ Cadre européen pour le climat et l'énergie (2014-30)	➤ Plan pour le climat et la transition écologique (2017-50) ➤ Plan national d'adaptation au changement climatique (2011-18-28) ➤ Stratégie nationale bas carbone (2015-18 -50) ➤ Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse (2018-19-24-29...) ➤ Programmation pluriannuelle de l'énergie (2016-18-23-28...)
Bioéconomie		➤ Stratégie européenne en bioéconomie (2012 et au-delà)	➤ Stratégie nationale pour la bioéconomie (2017 et au-delà)
Forêts	➤ Principes forestiers (1992)	➤ Forest Europe (1990 et au-delà) ➤ Stratégie forestière européenne (1998-2013 et au-delà)	➤ Programme national de la forêt et du bois (2016-26) ➤ Contrat stratégique de la filière forêt-bois (2014 et au-delà) ➤ Plan recherche et innovation pour la filière forêt-bois (2016-25)

<sup>214</sup> Les dépenses de protection et de lutte contre les incendies de forêts s'élèvent en France entre 100 et 200 millions par an mais ne représentent qu'une partie des préjudices subis (cf. Encadré sur les contraintes)

<sup>215</sup> § 6.2

## Capacité des territoires à fournir des services écosystémiques et à en bénéficier

474. Les écosystèmes forestiers ont une capacité à fournir des services qui repose en premier lieu sur leur place dans le territoire. Or, en Métropole, celle-ci a considérablement crû au cours des deux derniers siècles et continue à croître aujourd'hui à un rythme élevé<sup>216</sup>. Cette extension globale en surface, qui se réalise le plus souvent après déprise agricole et éventuel enrichissement, n'empêche pas que des défrichements soient localement pratiqués et qu'il en résulte des pertes d'habitats naturels, couramment dans le cadre d'une artificialisation des terres. Ces phénomènes sont limités en Métropole, notamment devant l'extension par ailleurs des forêts. Ils sont un peu plus marqués Outre-mer où les surfaces boisées apparaissent en légère réduction du fait non seulement de l'artificialisation mais aussi du besoin de terres agricoles supplémentaires.
475. Si l'extension des forêts métropolitaines offre plus de place à la biodiversité inféodée aux écosystèmes forestiers, elle crée aussi une dynamique d'agrégation des massifs : 80% des forêts françaises métropolitaines appartiennent désormais à des massifs de plus de 10 000 ha<sup>217</sup>. Ce phénomène d'agrégation s'oppose à la fragmentation due notamment aux infrastructures linéaires dont les atteintes à la biodiversité peuvent être bien plus fortes que leur seule emprise.
476. La biodiversité des forêts ne dépend évidemment pas que de leurs extension et structure spatiales mais encore de la nature des écosystèmes concernés. Or, les peuplements forestiers métropolitains sont largement d'origine naturelle puisque les plantations ne représentent que 13% de la surface, proportion assez stable dans le temps, et que les surfaces occupées par des essences non indigènes restent inférieures à 10%<sup>218</sup>. Par ailleurs, à l'extension des forêts métropolitaines s'ajoute un vieillissement progressif d'une forêt recelant, certes, encore beaucoup de jeunes peuplements, mais voyant aussi augmenter rapidement son volume de bois sur pied<sup>219</sup>, celui des très gros bois et celui des bois morts sur pied<sup>220</sup>. On note aussi une augmentation graduelle de la diversité des essences d'arbres, à la fois au niveau local et à l'échelle nationale<sup>221</sup>. Globalement, la biodiversité apparaît donc moins menacée que dans d'autres milieux, même si sa situation pourrait être meilleure<sup>222</sup>.
477. Les écosystèmes forestiers ont une capacité à fournir des services qui repose en second lieu sur le niveau de leur préservation. Les surfaces sous protection forte de la biodiversité sont en augmentation et représentent environ 1,7% de l'ensemble des surfaces forestières<sup>223</sup>, soit un peu moins du seuil de 2% que la stratégie de création d'aires protégées s'est fixée comme objectif à atteindre en 2019 pour l'intégralité du territoire terrestre métropolitain ; ce chiffre ne prend pas en compte le parc national des forêts de Champagne et Bourgogne en cours de création.
478. Dans les forêts susceptibles d'être gérées, la biodiversité s'exprime non pas seulement à travers sa valeur intrinsèque et sous contrainte de protection forte mais également par la possibilité pour la société de bénéficier des biens et services écosystémiques que cette biodiversité engendre. Au regard de la décomposition des forêts françaises métropolitaines qui a été réalisée dans la présente étude en six états forestiers distincts mais entre lesquels peuvent s'opérer des transitions, l'état forestier le plus répandu est la futaie semi-naturelle qui occupe 63% de la surface totale des forêts. Or, c'est l'état qui apparaît le plus à même de procurer l'ensemble des services qui ont été considérés et concernent la régulation du climat global ou local, la protection des eaux et des sols, la fourniture de bois et la pratique d'activités récréatives dont certaines se doublent d'une fourniture

---

<sup>216</sup> § 5.1.1

<sup>217</sup> § 6.3

<sup>218</sup> § 5.2.2

<sup>219</sup> § 5.1.2

<sup>220</sup> § 5.2.2

<sup>221</sup> § 5.2.1

<sup>222</sup> § 5.2.4

<sup>223</sup> Observatoire national de la biodiversité (chiffre sans double compte).



de biens non ligneux (gibier, produits de cueillette)<sup>224</sup>. Dans le même temps, les états autres que la futaie semi-naturelle contribuent plus spécifiquement à certains services : les milieux ouverts engendrent surtout des produits forestiers non ligneux ; les plantations jouent un rôle fort en matière de production de bois, de séquestration de carbone et de réduction des émissions de gaz à effet de serre ; les taillis et forêts naturelles préviennent l'érosion et assurent de façon générale une protection des eaux et des sols ; quant aux milieux matures, ils ont une forte valeur écologique résultant de leur grand intérêt du point de vue du fonctionnement le plus abouti des écosystèmes et des options qu'ils procurent pour l'avenir.

479. Au final, les écosystèmes forestiers métropolitains ne sont évidemment pas dans un état de conservation parfait, compte tenu des pressions qu'ils subissent parfois et surtout de l'intensité de leur exploitation passée, mais certains de leurs caractères montrent bien qu'ils constituent un capital écologique à même de répondre assez largement aux nombreuses attentes dont ils font l'objet et qui seront commentées plus longuement ci-après dans le paragraphe relatif à la bioéconomie.

## Résilience des écosystèmes et de leur gestion par rapport aux risques

480. Au-delà des changements d'utilisation des sols, les écosystèmes forestiers sont soumis à des risques multiples parmi lesquels la pollution atmosphérique, les risques climatiques, les risques biotiques (représentés par des insectes ou pathogènes, les grands ongulés et les espèces exotiques envahissantes), enfin la surexploitation<sup>225</sup>. Au cours des dernières années, les dépôts atmosphériques de composés soufrés et azotés ont été réduits sans toutefois stopper complètement l'acidification des sols. La santé des forêts a par ailleurs été éprouvée par de fortes tempêtes (1999, 2009), la sécheresse de 2003, des dommages causés par des champignons pathogènes et insectes xylophages, peut-être aussi l'augmentation de la compétition entre arbres : le déficit foliaire et la mortalité des arbres ont eu tendance à augmenter. Les grands ongulés font peser un risque fort sur la réalisation des objectifs sylvicoles qui se trouvent renchérissés (par la pose de protections), contrariés (par les dégâts occasionnés à la régénération ou aux jeunes tiges) ou restreints (en termes de palette des options futures)<sup>226</sup>. Les espèces exotiques envahissantes exercent un faible niveau de pression sur les forêts métropolitaines (il est plus fort outre-mer), qui pourrait cependant s'exacerber dans un contexte où se conjuguent mondialisation et changement climatique<sup>227</sup>. Dans la mesure où seule une moitié de la production biologique est prélevée dans les forêts françaises métropolitaines, la surexploitation n'est pas une réelle préoccupation<sup>228</sup>. Des points d'attention portent plus sur les éventuels excès locaux de certaines coupes (en matière de taille des coupes rases, tassement des sols, exportation des éléments minéraux), auxquels s'ajoutent des craintes associées au développement du bois énergie prôné par les politiques publiques relatives au climat, à l'énergie et à la bioéconomie. La santé des forêts mérite donc d'être particulièrement surveillée même si une certaine résilience se manifeste sur chacun de ces sujets qui viennent d'être passés en revue ; les risques encourus modifient, certes, le fonctionnement des écosystèmes, mais impactent souvent plus l'économie de la gestion forestière.

481. Le changement climatique apparaît comme un risque majeur pour la forêt, une menace dont l'intensité dépend cependant de l'ampleur et de la rapidité du réchauffement futur, ainsi que des espèces considérées et des sols sur lesquels elles se trouvent<sup>229</sup>. En modifiant les équilibres écologiques, il vient également renforcer les autres risques biotiques ou abiotiques qui, inversement, sont susceptibles de compliquer l'adaptation de la forêt et de sa gestion. Il affecte en outre la capacité qu'a la filière forêt-bois de l'atténuer, ouvrant la porte à un possible emballement. Sa

---

<sup>224</sup> § 11 et Figure 11.1

<sup>225</sup> § 6.1

<sup>226</sup> § 6.4

<sup>227</sup> § 6.1

<sup>228</sup> § 6.1

<sup>229</sup> § 6.1 et 6.2

temporalité et celle de la forêt se conjuguent pour faire que bon nombre d'espèces aujourd'hui présentes en forêt auront à subir les conditions climatiques de la fin du siècle. Or, même si les engagements collectifs (Accord de Paris) portent à limiter la hausse des températures à 1,5 ou 2°C d'ici le milieu ou la fin du siècle, la somme des intentions des principaux acteurs sous l'égide des pays s'avère aujourd'hui insuffisante et aucune garantie ne vient la sécuriser. Tous les scénarios climatiques restent donc ouverts à l'horizon 2100 et la gestion forestière d'aujourd'hui en dépend fortement. Par conséquent, la résilience du système forestier est sujette à une forte incertitude qui induit l'expectative dans laquelle se trouvent les acteurs, explique les débats sur la conduite à tenir, justifie des besoins importants de connaissance et de formation.

482. Les réflexions actuelles sur l'adaptation des forêts au changement climatique portent schématiquement sur les incendies de forêts, la gestion forestière et sa capacité à développer la bioéconomie<sup>230</sup>. En matière d'incendie de forêts, l'enjeu consiste à anticiper une intensification et une extension de ce risque qui dépend fortement de l'aménagement du territoire et pèse à la fois sur le devenir des forêts et sur les émissions de gaz à effet de serre. En matière de gestion forestière, il s'agit d'assurer le bon fonctionnement des écosystèmes, de diversifier les pratiques de gestion en réponse à l'incertitude à laquelle on doit faire face, de prendre en compte les liens entre préservation et usages des écosystèmes ; au-delà de sa réactivité à l'évolution des conditions climatiques au cours du temps, la gestion adaptative à mettre en place doit être capable de se projeter dans l'avenir et de gérer l'incertitude qui le caractérise. La relation entre adaptation au changement climatique et atténuation de celui-ci est fondamentale pour le climat comme pour la filière forêt-bois qui a la capacité de contribuer plus fortement qu'elle ne le fait actuellement à la bioéconomie et à la sobriété des activités humaines.
483. Assurer la résilience des forêts et de leur gestion face aux risques en général et au changement climatique en particulier apparaît donc comme un formidable défi à relever dès aujourd'hui.

## **Contribution à une bioéconomie sobre, circulaire, durable et innovante**

484. Source renouvelable de fibres et matériaux, de molécules et énergie, la forêt constitue une base fondamentale de la bioéconomie et du développement durable dont elle a d'ailleurs initié la formulation, il y a plus de 300 ans<sup>231</sup>. Il a cependant été noté depuis plusieurs décennies qu'une fraction seulement de la production biologique nette de bois (après déduction de la mortalité naturelle) était utilisée et que la différence ne pouvait pas, ou plus, être imputable à la relative jeunesse de la forêt qui justifierait de capitaliser de la biomasse avant exploitation<sup>232</sup>. Il existe donc un potentiel de prélèvement de bois encore inexploité dont l'exploitation concourrait directement au développement de la bioéconomie. De fait, la programmation pluriannuelle de l'énergie, les stratégies nationales de mobilisation de la biomasse, bas carbone, pour la bioéconomie, ou encore le programme national de la forêt et du bois préconisent tous une augmentation des prélèvements en forêt.
485. Plusieurs questions se posent cependant sur une telle augmentation des prélèvements : à quelles conditions est-elle réellement durable ? Quelles conséquences porte-t-elle pour la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes ? Ne contrarie-t-elle pas l'atténuation du changement climatique ? De manière plus générale, est-elle compatible avec l'utilisation qui est faite des autres services écosystémiques forestiers ?

---

<sup>230</sup> Éléments préparatoires à l'élaboration du Plan national d'adaptation au changement climatique.

<sup>231</sup> Hans Carl von Carlowitz, 1713 : *Sylvicultura oeconomica, oder haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht*.

<sup>232</sup> § 5.1.2 et § 8.1.2.1

486. En matière de bois comme de toute autre ressource naturelle renouvelable, il est établi depuis longtemps qu'une gestion soutenue prélève à long terme 100% de l'accroissement net ou, en d'autres termes forestiers, de la production biologique nette. Cette référence signifie que le stock de ressource reste inchangé à long terme, son augmentation sous l'effet de la production brute étant alors exactement compensée par sa diminution imputable à la mortalité naturelle et aux prélèvements anthropiques. Elle fonctionne parfaitement même si la zone considérée englobe une réserve dans laquelle toute coupe est prohibée. En effet, la stabilité à long terme du stock est assurée, dans la réserve, par la mortalité naturelle et, à l'extérieur, par la mortalité naturelle et les prélèvements anthropiques : les prélèvements à l'extérieur de la réserve n'en sont donc pas accrus pour autant. Viser un prélèvement à long terme de 100% de la production biologique nette d'une forêt ouverte, en partie ou en totalité, à la récolte de bois constitue par conséquent une référence à la fois commode et tout à fait conforme à la gestion des ressources naturelles renouvelables. Dans la mesure où le taux de prélèvement actuel est de l'ordre de 50% et en tous cas très inférieur à 100%, une augmentation progressive (pour respecter le fait que la référence ne vaut qu'à long terme) des prélèvements s'avère donc légitime.
487. L'application de la référence ci-dessus appelle cependant des précautions et suscite des craintes qu'il importe évidemment d'apaiser en précisant les modalités d'application. Il y a tout d'abord plusieurs manières de prélever 100% de la production biologique selon l'âge *in fine* des arbres qu'on récolte. Une méthode, physique, est de s'approcher de l'âge qui assure le maximum de production moyenne en volume ; une autre, économique, consiste à valoriser au mieux l'immobilisation du fonds. Elle conduit elle-même à plusieurs résultats différents selon les aspects pris en compte : l'âge d'exploitation sera allongé si on incorpore le coût de l'exportation des éléments minéraux qui diminue, en général à l'unité de biomasse, avec l'âge de récolte des arbres. Les choix sylvicoles impactent donc la fertilité des sols et, au-delà, la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes. Les techniques utilisées importent aussi énormément, selon que l'on provoque ou évite un tassement des sols, qu'on exploite l'arbre entier ou laisse le feuillage et les menus bois, riches en éléments minéraux, sur le parterre de la coupe, ou encore selon la taille des coupes rases éventuellement réalisées. On peut en conclure que, si la référence elle-même est peu contestable, la façon dont elle est appliquée s'avère cruciale. Il apparaît en tous cas important de bien distinguer ces deux appréciations.
488. Une augmentation des prélèvements peut sembler susceptible d'aller à l'encontre de l'atténuation du changement climatique dans la mesure où elle tend à réduire le puits de carbone en forêt, qui est aujourd'hui important dans les forêts françaises métropolitaines en raison de la faiblesse du taux de prélèvement qui y est appliqué<sup>233</sup>. Il importe cependant de ne pas considérer que le seul stockage en forêt, qui est l'expression du service écosystémique ; il faut aussi considérer les émissions évitées de gaz à effet de serre lorsqu'on utilise du bois plutôt que d'autres matériaux plus gourmands en énergie ou à la place d'énergies fossiles (substitution) et le fait que l'utilisation de bois matériau contribue à alimenter un stock de carbone hors forêt<sup>234</sup>. Or, on montre qu'il est possible à moyen terme de compenser une diminution du puits de carbone forestier par le carbone stocké dans les produits en bois et les émissions évitées par effet de substitution. Par ailleurs, la diminution du puits de carbone consécutive à une augmentation des prélèvements en forêt est largement compensée par d'autres phénomènes comme le renforcement à moyen terme de la croissance, la réduction de la mortalité naturelle et la prévention des risques qu'elle représente<sup>235</sup>. Finalement, les états forestiers qui produisent le plus de bois jouent également un rôle important dans l'atténuation du changement climatique<sup>236</sup>.

---

<sup>233</sup> § 7.1.2.1

<sup>234</sup> § 7.1.2.2

<sup>235</sup> § 7.1.3.3

<sup>236</sup> tableaux 7.2 et 7.3 ; figure 11.2

489. De manière plus générale, des prélèvements renforcés de bois sont-ils compatibles avec un niveau élevé de services écosystémiques ? Tandis qu'il est apparu plus haut que la récolte de bois pouvait soutenir l'atténuation du changement climatique, elle peut sembler moins favorable aux services de récréation d'une part, à la protection des eaux et des sols d'autre part si l'on en juge par la comparaison entre états forestiers plus ou moins pourvoyeurs de bois<sup>237</sup>. La gestion durable des forêts apparaît bien ici comme la recherche parfois de synergies (notamment entre fourniture de bois et bilan carbone de la filière forêt-bois) et souvent de compromis (notamment entre fourniture de bois et récréation d'une part, protection des eaux et des sols, d'autre part). Les divers services écosystémiques considérés n'ont cependant pas la même nature : certains sont privés (fourniture de bois ou autres biens par exemple) tandis que d'autres ont le caractère de biens communs (régulation du climat par exemple) ; la forêt métropolitaine étant aux trois-quarts privée, c'est souvent un acteur privé qui est amené à arbitrer et ne perçoit pas forcément tous les avantages d'un développement de biens communs. Un enjeu spécifique, inscrit dans la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt d'octobre 2014, est donc de développer des paiements pour services environnementaux rendus aux forêts par leurs propriétaires ou d'autres acteurs de manière à favoriser l'offre de services écosystémiques.

## 12.3 Besoins de connaissances et questions de recherche

490. Les travaux, ont permis d'identifier des besoins de connaissances et des questions pouvant être utiles pour orienter les futurs travaux de recherche ou l'acquisition de nouvelles données dans ce domaine. Ces besoins relèvent de trois champs principaux pour la forêt et ses services :

- (i) Les inventaires et suivis de la forêt et de sa biodiversité
- (ii) Les services écosystémiques et leurs interactions
- (iii) La résilience des forêts (et des services qui en dépendent) aux changements

### **Les suivis et inventaires des forêts et de leur biodiversité doivent encore être renforcés, tout particulièrement dans les outre-mer**

491. La compréhension des liens entre biodiversité et production de services écosystémiques est encore lacunaire, mais déjà la recherche scientifique reconnaît certains rôles fondamentaux de la biodiversité dans le fonctionnement de l'écosystème et l'expression des services qui en découle<sup>238</sup>. Dans ce contexte, le suivi de la biodiversité en forêt est important dans une double optique : (i) caractériser les évolutions et en comprendre les facteurs explicatifs, notamment en lien avec les pratiques de gestion forestière, (ii) appréhender (et éventuellement anticiper ou gérer) les conséquences des dynamiques observées sur les bouquets de biens et services forestiers, (iii) étudier les mécanismes de résilience aux changements globaux.

492. A l'échelle du territoire métropolitain, il existe un ensemble de dispositifs de suivi de la biodiversité forestière qui ont été recensés dans le cadre du Projet Passifor<sup>239</sup>. Les résultats ont montré un patchwork composé d'une dizaine de réseaux peu articulés entre eux<sup>240</sup> et dont les emprises

---

<sup>237</sup> Figures 11.3 et 11.4

<sup>238</sup> Par exemple une augmentation générale de la productivité de l'écosystème, cf. § 4.2.3

<sup>239</sup> Propositions d'Amélioration du Système de Suivi de la biodiversité FORestière. Projet coordonné par le GIP Ecofor et Irstea ayant donné lieu à la publication : Paillet, 2017. Suivis nationaux de biodiversité en forêt en France : une lecture au travers des Variables Essentielles de Biodiversité. Natura 2017 (6) – pages 1-11

<sup>240</sup> De fait, la variété des stratégies d'échantillonnage (systématique, stratifié ou aléatoire selon les cas) rend a priori difficile l'articulation des réseaux.

taxonomiques sont variées sans pour autant couvrir toute la diversité du vivant. La plupart relèvent des données de flore vasculaire, mais souvent limitées aux seules essences d'arbres. Quelques autres groupes taxonomiques emblématiques font l'objet de suivis dédiés : les espèces chassables (réseau de suivi des ongulés sauvages de l'ONCFS) ; les oiseaux et papillons (programme de science participative « Vigie-Nature » du Muséum<sup>241</sup>). Plus rarement les dispositifs s'intéressent aussi aux organismes du sol, aux lichens, à certains champignons ou mousses - des espèces étroitement liées au fonctionnement du milieu forestier et de surcroît particulièrement sensibles à l'exploitation. Dans tous les cas, on collecte peu de données taxonomiques directes et les suivis s'appuient plus sur les données paysagères (fragmentation, taille des massifs) et dendrométriques (taille des arbres, volume de bois mort, etc.) pour évaluer, de façon indirecte et avec les incertitudes que cela comporte, l'état et l'évolution de la biodiversité en forêt. D'autre part, malgré l'importance de la composante génétique de la biodiversité dans les processus d'adaptation des espèces et des écosystèmes, cette dimension n'est prise en compte qu'à la marge et uniquement pour les arbres (réseaux de parcelles expérimentales PlantaComp) et les bactéries du sol (Réseau de Mesure de la qualité des sols de l'INRA). L'emprise taxonomique des réseaux et la couverture des différentes dimensions de la diversité biologique apparaît donc limitée et insuffisante au regard des enjeux.

493. D'autre part, l'inventaire forestier national (IGN) est le seul dispositif véritablement représentatif de la forêt métropolitaine, et c'est tout naturellement que le choix s'est porté sur ses données pour évaluer la biodiversité (de manière indirecte) et caractériser certains biens (bois) et services forestiers (notamment séquestration de carbone) à l'échelle du territoire métropolitain. Les données de l'inventaire sont toutefois centrées sur les forêts dites « de production » et n'apportent peu ou pas d'informations sur les forêts non disponibles pour la production de bois, les formations intermédiaires (bosquets, landes, friches) et les interfaces avec les autres milieux (lisières forestières). Le suivi des réserves forestières (hors production) mériterait également d'être renforcé<sup>242</sup> tout comme celui des forêts anciennes et de certains habitats remarquables tels que les vieux peuplements – dont les cartographies sont encore incomplètes à ce jour.

### **Conclusion 1**

**En métropole, la contribution des réseaux de suivi existants à l'évaluation de l'état de la biodiversité forestière reste modeste : ces réseaux constituent une base intéressante qu'il faut maintenir, mais nécessitent d'être complétés afin de disposer d'un suivi continu de la biodiversité représentatif des forêts et de leurs modes de gestion.**

\* \* \*

Dans les territoires ultra-marins, le besoin de suivi et de surveillance des forêts est d'autant plus prégnant que les enjeux sont importants. Ces territoires sont particulièrement boisés, avec un poids important de la forêt guyanaise qui occupe la quasi-totalité de ce département (97%) et représente près du tiers de la forêt française. Ils constituent du point de vue de leurs forêts un patrimoine exceptionnel tout à la fois par la diversité des habitats en cause (du tropical au boréal, ou encore des mangroves aux forêts de « montagne ») et l'appartenance de chacun d'eux à des hauts lieux de biodiversité. Ils recèlent un grand nombre d'espèces animales et végétales avec un fort endémisme lié à l'insularité de la plupart d'entre eux. Dans un contexte de changements environnementaux majeurs (climat, espèces envahissantes, fragmentation des habitats) et de développement démographique et économique (urbanisation, déforestation), la France a une grande responsabilité pour la conservation de ces forêts, les progrès de la connaissance à leur sujet et leur suivi dans le temps. La surveillance des littoraux (mangroves) sous très forte pression des activités humaines et du climat (ouragans, houles,...) est une priorité.

---

<sup>241</sup> Le suivi repose sur des observateurs volontaires.

<sup>242</sup> Les réserves forestières sont au cœur d'un réseau d'observation - initié en 2005 et coordonné par Réserves naturelles de France (RNF) - basé sur environ 10000 placettes permanentes réparties sur 140 sites (Protocole de Suivi des Réserves Forestières - PSDRF).

494. L'évaluation de l'état des forêts ultramarines et de leur biodiversité, et la caractérisation des services qu'elles rendent à la société, sont rendues particulièrement difficiles par l'absence de suivi systématique, la dispersion des données existantes ainsi que par la connaissance encore largement lacunaire de leur biodiversité et de leur fonctionnement écosystémique.
495. L'étude<sup>243</sup> sur le suivi régulier des habitats forestiers ultra-marins (CARTHAFORUM), produite par le Gip Ecofor à la demande du Ministère en charge de l'environnement, a permis de réaliser un premier état des connaissances et des initiatives existantes ou en cours de développement. Elle propose une méthodologie (et un mode de gouvernance) pour mettre en œuvre à court terme un suivi cartographique régulier des forêts ultramarines, en particulier dans les cinq départements d'outre-mer, les collectivités de Saint-Martin, Saint-Barthélemy et Saint-Pierre-et-Miquelon ainsi que dans les Iles Éparses (rattachées aux Terres australes et antarctiques françaises). La cartographie et le suivi des évolutions des habitats forestiers ultramarins (observatoire) peuvent être réalisés selon les différents scénarii proposés dans cette étude. Le choix d'un scénario sous l'égide des Ministères en charge de l'environnement et de la forêt pourrait permettre, à terme, des avancées considérables.
496. D'autre part, l'élaboration d'Indicateurs de Gestion Durable des forêts françaises d'Outre-Mer (IGDOM) initiée par le Gip Ecofor et soutenue par le Ministère en charge de l'agriculture et de la forêt, a entrepris un énorme effort de synthèse des données qualitatives et quantitatives disponibles selon un référentiel national de gestion durable des forêts<sup>244</sup> déployé pour les 5 départements et régions d'outre-mer. Nul doute que l'ouvrage de synthèse correspondant, qui représente plusieurs années de travail, apportera des informations utiles à la caractérisation de certains biens et services (fourniture de bois et valeurs économiques de la filière, séquestration de carbone, etc.) et permettra de faire le point sur les manques à combler au niveau des suivis des forêts ultramarines.

### **Conclusion 2**

**Le manque de données sur la biodiversité et les services est encore plus criant pour les forêts ultramarines où les dispositifs de suivi doivent encore être renforcés, d'autant plus que les enjeux écologiques sont considérables. Les projets permettant l'acquisition de nouvelles données ou la surveillance des massifs forestiers (notamment par des techniques spatiales) doivent être encouragés tout comme les exercices de synthèse des données existantes.**

## **La spatialisation des valeurs des services et la prise en compte de leurs interactions reste un champ de recherche à investir**

497. La littérature scientifique est abondante et couvre un large panel de biens et services forestiers, sur les aspects biophysiques et, dans une moindre mesure, sur les aspects socio-économiques. Le panorama, restreint ici à dix services pour des raisons de moyens, a besoin d'être complété : certains services n'ont pas été abordé (notamment sur le rôle des forêts vis-à-vis de la régulation des espèces auxiliaires des cultures ou les aménités paysagères) tandis que d'autres mériterait un traitement plus poussé que celui réalisé. La régulation de la qualité de l'eau fait ainsi l'objet d'un fort intérêt par les parties prenantes, d'enjeux économiques et d'une littérature scientifique relativement riche qui pourrait être approfondie.
498. L'originalité de ce rapport d'évaluation tient notamment à la démarche adoptée, qui combine une évaluation par l'offre (indicateurs biophysiques des services écosystémiques) et par la demande (indicateurs socio-économiques) réconciliant des domaines trop souvent disjoints dans les travaux de

<sup>243</sup> Guitet, Stéphane & lalanne, arnault & Riera, Bernard. (2017). Etude de faisabilité pour une cartographie régulière des habitats forestiers ultra-marins. . 10.13140/RG.2.2.15728.76802.

<sup>244</sup> Composé des mêmes critères et indicateurs de gestion durable que pour les forêts métropolitaines.

caractérisation des services écosystémiques<sup>245</sup>. D'autre part, si la réalisation d'une synthèse nationale est une première étape, la spatialisation des données sur les services est indispensable pour une prise en compte de l'importance des services écosystémiques au niveau de l'aménagement des territoires ou de la gestion des massifs forestiers. Véritable outil pour la prise de décision, la réalisation de cartographies nationales de certains services jugés essentiels repose sur le développement de méthodes (modélisation) combiné au déploiement d'un Système d'information géographique (SIG). Ce travail ne peut être confié qu'à une équipe pluridisciplinaire composée d'ingénieurs et de chercheurs.

### **Conclusion 3**

**L'évaluation de nombreux services jugés essentiels et leur cartographie nationale requièrent un effort de recherche et de modélisation conséquent mais indispensable pour une prise en compte dans la décision.**

\* \* \*

499. La multiplicité des biens et services fournis par la forêt suscite autant d'attentes, et la simultanéité de leur production est source de synergies ou conflits et, le plus souvent, de compromis. Jusqu'à quel point l'usage d'un service est-il acceptable en termes de fonctionnement (et renouvellement) des écosystèmes, d'une part, vis-à-vis des autres services qui en sont retirés, d'autre part ? Comment définir une composition adéquate, dans l'espace et le temps, du bouquet de services que l'on peut trouver en forêt ? Comment favoriser les synergies et éviter les conflits entre usages et entre usagers tout en assurant une viabilité environnementale, sociale et économique de la gestion ?
500. Les nombreuses tentatives existantes de caractérisation des services écosystémiques, y compris celle développée ici, décomposent et catégorisent un ensemble de phénomènes complexes, mais ne permettent pas ou pas suffisamment d'appréhender les interactions multiples qui existent entre les différents biens et services, ainsi qu'entre fonctions écologiques et services. Or l'application concrète du concept de service écosystémique à un territoire (une forêt, un massif, à l'échelle du paysage...) ne peut se faire sans prendre compte des effets en chaîne de l'usage de certains biens ou services sur d'autres. La compréhension de ces interdépendances est en effet indispensable pour effectuer les arbitrages nécessaires du point de vue des pratiques, et éviter l'écueil consistant à rechercher la maximisation de la valeur de certains services au détriment d'autres services dont l'usage est souvent indirect et peu visible (e.g. services de régulation).
501. La prise en compte de ces interactions pose de nombreuses questions de recherche, qui ont trait à la difficulté d'appréhender et de simplifier un système multidimensionnel et complexe à tous les niveaux (au niveau du fonctionnement de l'écosystème, de la genèse et de l'utilisation des services écosystémiques, des effets en retour des pratiques sur la production des services, de la société et de son évolution, etc.). Les lois de composition des services écosystémiques et la nature de leurs interactions doivent néanmoins être appréhendées et modélisées afin de rendre le concept opérationnel.

### **Conclusion 4**

**L'analyse individuelle des services écosystémiques ne peut être qu'une étape vers l'évaluation intégrée de fonctions et services réunis en « bouquets », en lien avec les usages (pratiques de gestion) et la dynamique naturelle des écosystèmes.**

---

<sup>245</sup> En effet, les approches d'évaluation sont souvent sectorielles. Les sciences de la nature définissent les SE comme un phénomène écologique et s'intéressent aux *structures et processus* caractéristiques de l'écosystème qui sous-tendent leur production. Elles se situent du côté de l'offre, du « potentiel » de services (utilisé ou non par l'Homme) quand les sciences de la société regardent davantage du côté de la demande, c'est-à-dire *des biens et services provenant des écosystèmes et effectivement utilisés par l'Homme* à laquelle une valeur d'usage peut être attribuée.

## **Besoin urgent de connaissances sur les mécanismes de résistance, de résilience et d'adaptation des peuplements forestiers dans un contexte de changement global**

502. Caractérisée par une croissance relativement lente, une grande durée de vie et une certaine inertie, la forêt est particulièrement sensible aux changements globaux. Le réchauffement climatique y occupe aujourd'hui une place importante, tant du fait de l'ampleur de ses impacts potentiels directs qu'en raison de son caractère aggravant pour des phénomènes existant par ailleurs (sécheresses, incendies, facteurs biotiques).
503. Les changements globaux affectent directement l'état de l'écosystème, et la production de biens et services écosystémiques qui en dépendent. Ils viennent mettre l'accent sur une dimension supplémentaire de la gestion de cette complexité, à savoir la résistance, la résilience et la capacité d'adaptation des écosystèmes forestiers. La complexité de ce contexte combinée à la rapidité avec laquelle ces changements s'imposent aux gestionnaires forestiers nécessite des progrès rapides et significatifs des connaissances pour expérimenter et trouver des solutions durables (changement climatique, risques, incertitudes) à transférer vers les territoires et le terrain (recherche appliquée).
504. Les impacts potentiels du changement climatique sur la forêt font l'objet de nombreuses recherches. De multiples questions subsistent cependant du fait de la complexité des phénomènes à l'interface entre atmosphère, biosphère et géosphère, ainsi que des incertitudes sur notre capacité à juguler les émissions de gaz à effet de serre. Quelles sont les voies de progrès les plus prometteuses ? Faut-il plutôt affiner les modèles de climat et de végétation au niveau local pour un scénario donné d'émissions ou mettre l'accent sur l'évaluation d'un portefeuille de solutions envisageables sous différents scénarios climatiques ? Dans quelle mesure des peuplements considérés comme mieux adaptés aux conditions futures peuvent-ils être favorisés (par rapport à ceux en place) compte tenu de l'inertie du renouvellement ?
505. Par ailleurs, quelles conséquences sont attendues pour de l'ensemble des services écosystémiques, y compris l'atténuation du changement climatique ? N'y a-t-il pas là une invitation à développer des approches plus intégrées entre les services engendrés et les menaces dont ils font l'objet ? Compte tenu de sa vulnérabilité au changement climatique, de la part tant de la biodiversité que du stock de carbone qu'elle contient et de sa capacité de lutte contre l'effet de serre, la forêt mérite certainement une évaluation spécifique intégrée venant prolonger celle qui a été réalisée dans la présente étude ?

### ***Conclusion 5***

**Pour pérenniser la production de biens et services forestiers, la recherche scientifique doit être mobilisée de façon à proposer aux gestionnaires rapidement, et ce malgré les incertitudes qui subsistent, des solutions concrètes pour prendre en compte les changements environnementaux futurs dès à présent.**



# Bibliographie

## PARTIE 1 : Evaluation des écosystèmes forestiers

- **Chapitres 1 à 3 (Définition et description de l'écosystème)**

Agreste, 2013. Structure de la forêt privée en 2012. Des objectifs de production pour un tiers des propriétaires. Agreste Primeur, Numéro 306 – décembre 2013.

Barthod C., Barillon A., Arangeli F., Hermeline M., 2001. La loi d'orientation sur la forêt du 9 juillet 2001. Revue forestière française, n°5-2001, pp. 491-510.

Barret J. (sous la direction de), 2001. Atlas illustré de Guyane. Cayenne : Laboratoire de cartographie de la Guyane, Institut d'enseignement supérieur de Guyane, 218 p

Breda N., 1999. L'indice foliaire des couverts forestiers : mesure, variabilité et rôle fonctionnel. Revue forestière Française RFF – Numéro 2 - 1999. Document en ligne : [https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/pdf/Breda\\_1999.pdf](https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/pdf/Breda_1999.pdf)

Ecofor-Maaf (sous presse). Indicateurs de gestion durable des forêts françaises ultramarines de Guyane. Ecofor/Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, Edition 2015 publiée en 2018.

Ethnies, printemps 2005, n°31-32. Guyane, le renouveau amérindien.

FAO, 2012. FRA 2015 : Termes et Définitions. Document de travail de l'évaluation des ressources forestières - Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 2012, 32 p. En ligne : <http://www.fao.org/docrep/017/ap862f/ap862f00.pdf>

Fayad I. (Irstea), Baghdadi N. (Irstea), Guitet G. (ONF), Bailly J.S. (AgroParisTech), Barbier N. (IRD), Gond V. (CIRAD), Hérault B. (CIRAD), El Hajj M. (Noveltis), Fabre F. (Astrium/EADS), Perrin J. (BRGM), 2016. Carte de biomasse sur la Guyane française. <http://www.theia-land.fr/fr/produits/carte-biomasse-sur-guyane-fran%C3%A7aise>.

Forest Europe, 2015. State of Europe's Forests 2015. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 2015, 312 p.

Galochet M. (dir.), 2006, La forêt, ressource et patrimoine. Paris, Ellipses, coll. Carrefours, 272 p.

Gosselin, F., Boulanger, V., Debaive, N., Gilg, O., Gosselin, M., Dauffy-Richard, E., F., A., Bouget, C., and Paillet, Y. 2016. Gestion forestière, naturalité et biodiversité - Premiers enseignements de l'étude de la biodiversité après plus de 20 ans de non-exploitation. In Naturalité des eaux et des forêts. Edited by D. Vallauri, C. Chauvin, J.J. Brun, Fuhr, M., N. Sardat, J. André, R. Eynard-Machet, M. Rossi, and J.P. De Palma. Lavoisier, Paris pp. 56-63.

Guitet S., 2015. Diversité des écosystèmes forestiers de Guyane française : distribution, déterminants et conséquences en termes de services écosystémiques. Thèse de doctorat. Université de Montpellier. 364p.

IGN, 2011. « La forêt de montagne ». Document en ligne : [http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/France\\_part4-2-2.pdf](http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/France_part4-2-2.pdf)

IGN, 2013. La forêt en chiffres et en cartes (campagnes d'inventaire 2008 à 2012). Inventaire forestier – Le mémento, Edition 2013, 30 p. En ligne : [http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/Int\\_memento\\_2013\\_BD.pdf](http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/Int_memento_2013_BD.pdf)

IGN, 2014. La forêt en chiffres et en cartes (campagnes d'inventaire 2009 à 2013). Inventaire forestier – Le mémento, Edition 2014, 30 p. En ligne : [http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/memento\\_2014-2.pdf](http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/memento_2014-2.pdf)

IGN, 2016. La forêt en chiffres et en cartes. Inventaire forestier – Le mémento, Edition 2016, 17 p. En ligne : [http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/161122\\_memento2016.pdf](http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/161122_memento2016.pdf)

Leadley P., Proença V., Fernández-Manjarrés J., Pereira H. M., Alkemade R., Biggs R., Bruley E., Cheung W., Cooper D., Figueiredo J., Gilman E., Guénette S., Hurtt G., Mbow C., Oberdorff T. *et al.*, 2014. Interacting regional-scale regime shifts for biodiversity and ecosystem services. *BioScience*, 64 (Issue 8). pp. 665-679

Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015. — Paris : Maaf-IGN, 2016, 343 p.

Paillet, Y., Pernot, C., Boulanger, V., Debaive, N., Fuhr, M., Gilg, O., and Gosselin, F. 2015. Quantifying the recovery of old-growth attributes in forest reserves: A first reference for France. *Forest Ecology and Management For. Ecol. Manage.* 346(49):51-64.

Pernot C., Paillet Y., Boulanger V., Debaive N., Fuhr M., Gilg O., Gosselin F., 2013. Impact de l'arrêt d'exploitation forestière sur la structure dendrométrique des hêtraies mélangées en France. *Revue Forestière Française – Numéro 5 – 2013.*

Peyron J.-L., 1998. Elaboration d'un système de comptes économiques articulés de la forêt au niveau national. Nancy : Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des forêts, édition revue et corrigée du mémoire de thèse soutenu le 7 février 1997 pour l'obtention du diplôme de doctorat de l'université de Nancy II en sciences économiques, 368 p.

Roussel Erwan, Ducombe Marc, et Gabrié Catherine, 2009. "Les mangroves de l'outre-mer français - Ecosystèmes associés aux récifs coralliens," Documentation Ifreco, consulté le 23 février 2018, <http://ifreco-doc.fr/items/show/1481>.

Vuidot, A., Paillet, Y., Archaux, F., and Gosselin, F. 2011. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats in France. *Biological Conservation* 144(1):441-450.

#### **Sites internet :**

<http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/?rubrique164> (pour les définitions de l'inventaire)

<http://inventaire-forestier.ign.fr/ocre-gp/ocregp/initCP> (pour les résultats de l'inventaire forestier national en ligne)

#### **• Chapitre 4 (fonctionnement de l'écosystème forestier)**

Barbault R. et Chevassus-au-Louis B. (dir.), Teyssèdre A. (coord.), Biodiversité et changements globaux : enjeux de société et défis pour la recherche, Paris, ADPF-ministère des Affaires étrangères, 2004, 242 p.

Ellison *et al.*, 2017. Trees, forests and water: cool insights for a hot world. *Global Environmental Change* 43:51-61. doi:10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002

Handa I.T., Aerts R., Berendse F., Berg M.P., Bruder A., Butenschoen O., Chauvet E., Gessner M.O., Jabiol J., Makkonen M., McKie B.G., Malmqvist B., Peeters E.T.H.M., Scheu S., Schmid B., Van Ruijven J., Vos V.C.A., Hättenschwiler S., 2014. Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes. *Nature*, Volume 509, Issue 7499, 2014, Pages 218-221.

IGN, 2016. Les forêts mélangées. L'IF – la feuille de l'inventaire forestier n°36, IGN -Janvier 2016, 12 p. En ligne : [http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/IF\\_36.pdf](http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/IF_36.pdf)

Jeffery S., Gardi C., Jones A., Montanarella L., Marmo L., Miko L., Ritz K., Peres G., Römbke J. et Van der Putten W. H. (eds.), 2010. Atlas européen de la biodiversité du sol, Commission européenne, Bureau de publications de l'Union européenne, Luxembourg.

Jonard M., Fürst A., Verstraeten A., Thimonier A., Timmermann V., Potocic N., Waldner P., Benham S., Hansen K., Merilä P., Ponette Q., De la Cruz A.C., Roskams P., Nicolas M., Croisé L., Ingerslev M., Matteucci G., Decinti B., Bascietto M., Rautio P., 2015. Tree mineral nutrition is deteriorating in Europe. *Glob. Chang. Biol.*, 21 (2015), pp. 418-430.

Lanier L., Badré M., 1986. Précis de sylviculture. Nancy : École nationale du génie rural, des eaux et des forêts, 468 p.

- Landeau S., 2005. Forêts et modifications de l'environnement. Synthèse bibliographique, GIP Ecofor, Paris. Non publiée.
- Lanier L., Badré M., 1986. Précis de sylviculture. Nancy : École nationale du génie rural, des eaux et des forêts, 468 p
- Lemaire P., Bakès J., 2007. Ecotoxicologie : comportement des substances chimiques. Techniques de l'ingénieur. Sécurité et gestion des risques, vol.SE1, n°SE1601.
- Le Tacon F., Selosse M.A., Gosselin F., 2000. Biodiversité, fonctionnement des écosystèmes et gestion forestière. La Revue Forestière Française – Numéro 6 -2000, 477-496. En ligne : [http://docs.gip-ecofor.org/libre/BGF\\_Publi\\_LeTacon\\_2000.pdf](http://docs.gip-ecofor.org/libre/BGF_Publi_LeTacon_2000.pdf)
- Lévêque C., 2001. Écologie : De l'écosystème à la biosphère. Editions Dunod, Paris, 484 p.
- Liang J., Crowther T.W., Picard N., Wiser S., Zhou M., Alberti G., Schulze E.D., McGuire D., Bozzato F., Pretzsch H., De Miguel S., Paquette A., Herault B., Scherer-Lorenzen M., Barrett C.B., Glick H.B., Hengeveld G.M., Nabuurs G.J., Pfautsch S., Viana H., Vibrans A.C., Ammer C., Schall P., Verbyla D., Tchebakova N., Fischer M., Watson J.V., Chen H.Y.H., Lei X., Schelhaas M.J., Gianelle D., Parfenova E.I., Salas C., Lee E., Lee B., Kim H.S., Bruelheide H., Coomes D.A., Piotta D., Sunderland T.C.H., Schmid B., Gourlet-Fleury S., Sonké B., Tavani R., Zhu J., Brandt S., Vayreda J., Kitahara F., Searle E.B., Neldner V.J., Ngugi M.R., Baraloto C., Frizzera L., Balazy R., Oleksyn J., Zawila-Niedzwiecki T., Bouriaud O., Bussotti F., Finér L., Jaroszewicz B., Jucker T., Valladares F., Jagodzinski A.M., Peri P.L., Gonmadje C., Marthy W., O'Brien T.P., Martin E., Marshall A.R., Rovero F., Bitariho R., Niklaus P.A., Alvarez Loayza P., Chamuya N., Valencia R., Mortier F., Wortel V., Engone-Obiang N.L., Ferreira L.V., Odeke D.E., Vasquez R.M., Lewis S.L., Reich P.B., 2016. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests *Science*, 354 (6309) : 196.
- Luchetta L., SIMON V., TORRES L., 2000. Emission des principaux composés organiques volatils biogéniques en France. Pollution atmosphérique n°167 – Juillet-Septembre 2000, pp 387-412.
- Mace G.M., Norris K., and Fitter A.H., 2012. Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution* 27(1):19-25. doi:10.1016/j.tree.2011.08.006.
- Ministère de l'environnement, de l'énergie, et de la mer, 2017. L'Évaluation française des écosystèmes et services écosystémiques - Cadre conceptuel. Document édité par le Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, Collection Thema – Avril 2017, 88 p.
- Otto Hans-Jürgen, 1998. Ecologie forestière. Institut pour le développement forestier, Paris. 397 p.
- Paillet et Gosselin, 2011. Relations entre les pratiques de préservation de la biodiversité forestière et la productivité, la résistance et la résilience : Etat des connaissances en forêt tempérée européenne, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 11 Numéro 2 | septembre 2011, <https://vertigo.revues.org/11133#tocto3n1>
- Ranger J., 2007. Chap. 5.1 Ecosystèmes forestiers. In : Cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux. Rapport sur la science et la technologie N°27. Editions EDP Sciences, Les Ulis, pp 135-158
- Riera B., Puig H., Lescure J.-P., 1988. La dynamique de la forêt naturelle. Bois et forêts des Tropiques, n°219, sp.Guyane, pp.69-78.
- Toïgo M., Productivité des forêts mélangées : Effet de la diversité en essences dans un contexte climatique et édaphique variable, Doctorat en Biologie forestière, Université d'Orléans, 2015.
- Toïgo M., Vallet P., Perot T., Bontemps J.-D., Piedallu C., Courbaud B., 2015. Overyielding in mixed forests decreases with site productivity. *Journal of Ecology*, Volume 103, Issue 2, March 2015, pages 502–512
- UICN France, 2013. Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - volume 2.1 : les écosystèmes forestiers. Paris, 23 p.
- Waring R. H., Schlesinger W. H., 1985. Forest Ecosystems, Concepts and management. Academic Press, Inc, Orlando, USA.

- **Chapitre 5 (état de l'écosystème forestier)**

BENSETTITI F. et PUISSAUVRE R., 2015. Résultats de l'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces dans le cadre de la directive Habitats-Faune-Flore en France. Rapportage «article 17». Période 2007-2012. MNHN-SPN, MEDDE, Paris, pp 33-34 et 127-129.

Bourgau J.-M., Bertin M., Lerat J.-F., Monnot J.-G., Morin G.-A., Poss Y., Treyer S., 2008. La forêt française en 2050-2100 - Essai de prospective. Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER), 108 p.

Cateau E., Larrieu L., Vallauri D., Savoie J.M., Tourout J., Brustel H., 2015. Ancienneté et maturité : deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier. C. R. Biologies, 338, 58-73

Colin A., 2014. Émissions et absorption de gaz à effet de serre liées au secteur forestier dans le contexte d'un accroissement possible de la récolte aux horizons 2020 et 2030 ; contribution de l'IGN aux projections du puits de CO<sub>2</sub> dans la biomasse des forêts gérées de France métropolitaine en 2020 et 2030, selon différents scénarios d'offre de bois. Rapport final élaboré dans le cadre d'une convention passée avec le Ministère de l'environnement, du développement durable et de l'énergie, 58 p.

Collin E., Lefèvre F., Oddou-Muratorio S., 2012 Indicateurs de la diversité intra-spécifique chez les arbres forestiers. In : Nivet C., Bonhême I., Peyron J.-L. (coord.), 2012. Les indicateurs de biodiversité forestière : Synthèse des réflexions issues du programme de recherche « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques ». Paris, Gip Ecofor-Medde, pp79-81.

CGDD, 2013. Comptes intégrés environnementaux et économiques de la forêt française. Méthodologie et analyse pour la période 2007-2010, p. 22-23

Dupouey J.L., Sciama D., Dambrine E., Rameau J.C, 2002. La végétation des forêts anciennes, RFF LIV (2002) pp 521-532.

Fontaine C., 2013. Les vieilles forêts de Belledone : état des lieux et représentations. Mémoire de fin d'études, Agroparitech-ENGRE, FRAPNA, 138 p.

Forest Europe, 2015. State of Europe's Forests 2015. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 2015, 312 p.

Graudal *et al.* 2014. Global to local genetic diversity indicators of evolutionary potential in tree species within and outside forests. *Forest Ecology and Management*, 333 (2014), pp 35-51.

IGN, 2013. Un siècle d'expansion des forêts françaises, de la statistique Daubrée à l'inventaire forestier de l'IGN. L'IF, 31, Saint Mandé, 8 p. En ligne : <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/IF31.pdf>

IGN, 2012. Quelles sont les ressources exploitables ? Analyse spatiale et temporelle. L'IF numéro 30, décembre 2012, 16 p.

Jeffery S., Gardi C., Jones A., Montanarella L., Marmo L., Miko L., Ritz K., Peres G., Römbke J. et Van der Putten W. H. (eds.), 2010. Atlas européen de la biodiversité du sol, Commission européenne, Bureau de publications de l'Union européenne, Luxembourg.

Kristo O., 2011. Inventaire des vieilles forêts de l'Isère : Mise en place d'un protocole d'étude et application sur le Trièves en tant que zone test. Rapport de fin d'étude ENSAT-FRAPNA. 65 p.

Lassauce A, Paillet Y, Jactel H, Bouget C (2011) Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. *Ecol Indic* 11: 1027-1039. doi: 10.1016/j.ecolind.2011.02.004

Le Bouler et Legay, 2013. Projet Nomades. Fascicule 1 : éléments d'histoire et de répartition géographique des essences forestières introduites en France métropolitaine.

Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015. — Paris : Maaf-IGN, 2016, 343 p.

Nivet C., Bonhême I., Peyron J.-L. (coord.), 2012. Les indicateurs de biodiversité forestière : Synthèse des réflexions issues du programme de recherche « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques ». Paris, Gip Ecofor-Medde, 144 p.

Paillet Y., Pernot C., Boulanger V., Debaive N., Fuhr M., Gilg O., Gosselin F., 2015. Quantifying the recovery of old-growth attributes in forest reserves : a first reference for France. *Forest Ecology and Management* 346 (2015), pp 51-64.

Peyron, 2015. Synthèse des tendances par enjeu de politique publique. In : Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015. — Paris : Maaf-IGN, 2016, 343 p.

Peyron J.-L., 1998. Elaboration d'un système de comptes économiques articulés de la forêt au niveau national. Nancy : Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des forêts, édition revue et corrigée du mémoire de thèse soutenu le 7 février 1997 pour l'obtention du diplôme de doctorat de l'université de Nancy II en sciences économiques, 368 p.

Richard B., Dupouey J.L., Aubert M., Boulanger V., Bué M., Courtecuisse R., Daillant O., Nicolas M. Factor controlling the richness and diversity patterns of fungal communities in French temperate forests (RENECOFOR). British Ecological Society annual meeting, Dec 2014 – Lille.

Rossi et Vallauri (2013). Evaluer la naturalité : Guide pratique version 1.2. WWF, Marseille, 154 p.

Roux A., Dhôte J.-F. (Coordinateurs), 2017. Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique? Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon 2050. Rapport d'étude pour le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, INRA et IGN, 101 p. + 230 p. (annexes).

SAVOIE J.M. (coord.), BARTOLI M., BLANC F., BRIN A., BRUSTEL H., CATEAU E. CORRIOL G., DEJEAN S., GOUIX N., HANNOIRE C., LARRIEU L., MARCILLAUD Y., VALLADARES L., VICTOIRE C., 2015. Vieilles forêts pyrénéennes de Midi-Pyrénées. Deuxième phase. Evaluation et cartographie des sites. Recommandations. Rapport final. Ecole d'Ingénieurs de PURPAN/DREAL Midi-Pyrénées, 125 p.

Schmit, J.P., Mueller, G.M., Leacock, P.R., Mata, J.L., Wu, Q., and Huang, Y. 2005. Assessment of tree species richness as a surrogate for macrofungal species richness. *Biological Conservation* 121(1):99-110.

Suz L. M., Barsoum N., Benham S., Cheffings C., Cox F., Hackett L., Jones A. G., Mueller G. M., Orme D., Seidling W., Van Der Linde S., Bidartondo M. I., 2015. Monitoring ectomycorrhizal fungi at large scales for science, forest management, fungal conservation and environmental policy. *Annals of Forest Science*. DOI 10.1007/s13595-014-0447-4

UICN France et MNHN, 2014. La liste rouge des espèces menacées en France : Contexte, enjeux et démarche d'élaboration. Paris, France, 8 p.

Vallauri D., Grel A., Granier E., Dupouey J.L., 2012. Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles, WWF/Inra, Marseille, 64 p.

Vuidot, A., Paillet, Y., Archaux, F., and Gosselin, F. 2011. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats in France. *Biological Conservation* 144(1):441-450.

#### **Sites internet :**

Résultats de l'inventaire forestier national (IGN) en ligne : <http://inventaire-forestier.ign.fr/ocre-gp/ocregp/initCP>

Site de l'observatoire national de la biodiversité : <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/indicateurs/tous>

- **Chapitre 6 (facteurs de changement)**

Asse D., Michelot-Antalik A., Landmann G., 2014. Projet SICFOR. Du suivi aux indicateurs de changement climatique en forêt. Paris : Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt - GIP Ecofor. Rapport final, 102 p

ARCHAUX, F., BOULANGER, V., CAMARET, S., CORCKET, E., DUPOUEY, J.-L., FORGEARD, F., HEUZÉ, P., LEBRET-GALLET, M., MARELL, A., PAYET, K., ULRICH, E., BEHR, P., BOURJOT, L., BRETHERS, A., CHEVALIER, R., DOBREMEZ, J.-F., DUMAS, Y., DUME, G., FORET, M., KIEFFER, C., MIRLYAZ, W., PICARD, J.-F., RICHARD, F., SAVOIE, J.-M., SEYTRE, L., TIMBAL, J., TOUFFET, J., TRIESCH, S. (2009). RENECOFOR - Dix ans de suivi de la végétation forestière : avancées méthodologiques et évolution temporelle de la flore (1994/95-2005). Editeur : Office National des Forêts, Direction Technique et Commerciale Bois, ISBN 978 – 2 – 84207 – 339 – 8, 456 p.

BALLON, P., HAMARD, J.P., KLEIN, F. (2005). Importance des dégâts de cervidés en forêt. Principaux acquis et recommandations suite à la mise en place d'un observatoire national. Rev. For. Fr. LVII, 5, 399-412.

BOULANGER, V., BALTZINGER, C., SAID, S., BALLON, P., NINGRE, F., PICARD, J.F., DUPOUEY, J.L. (2011). Deer-mediated expansion of a rare plant species. *Plant Ecol*, **212** : 307–314

David, 2014. La gestion agro-sylvo-cynégétique : état des lieux, influences et initiatives. Rapport de stage, Agroparistech-Ecofor, 166 p.

EEA, 2016a. Mapping and assessing the condition of Europe's ecosystems: progress and challenges. EEA contribution to the implementation of the EU Biodiversity Strategy to 2020. EEA Report n°3/2016, 144 p.

EEA, 2016b. European forest ecosystems : State and trends. EEA Report n°5/2016, 133 p.

GILL, R.M.A. (1992). A review of damage by mammals in north temperate forests. 1. Deer. *Forestry* **65**, 145–169.

GILL, R.M.A., BEARDALL, V. (2001). The impact of deer on woodlands : the effect of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. *Forestry* vol 74, **3**, 209-219.

Kristensen, 2004. The DPSIR Framework. Paper presented at the 27-29 September 2004 workshop on a comprehensive / detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach. UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya.

KUITERS, A. T., SLIM, P. A. (2002). Regeneration of mixed deciduous forest in a Dutch forest heathland, following a reduction of ungulate densities. *Biological Conservation*, **105** : 65–74

European Commission, 2014. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. Technical Report – 2014 -080, Publications office of the European Union, Luxembourg, 80 p.

Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015. — Paris : Maaf, IGN, 2016, 343 p.

Ministère de l'environnement, de l'énergie, et de la mer, 2017. L'Évaluation française des écosystèmes et services écosystémiques - Cadre conceptuel. Document édité par le Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, Collection Thema – Avril 2017, 88 p.

MORELLET, N., GUIBERT, B. (1999). Spatial heterogeneity of winter forest resources used by deer. *Forest Ecology and Management*, **123(1)** : 11–20.

ONF, 2015. Bilan patrimonial des forêts domaniales, Édition 2015, ONF, p193-194.

Peyron, 2015. Synthèse des tendances par enjeu de politique publique. In : Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015. — Paris : Maaf, IGN, 2016, 343 p.

RUSTERHOLZ, M., TURNER, D.C. (1978). Experiments on nutritional wisdom of roe deer. *Revue Suisse de Zoologie* 55, 718-729.

Soubeyrou J.-M., Kitova N., Blanchard M., Vidal J.-P., Martin E., Dandin P., 2012. Caractérisation des sécheresses des sols en France et changement climatique : Résultats et applications du projet ClimSec. *La Météorologie, Météo et Climat*, 2012, 78, p. 21 - p. 30.

Thévenot J. (coord.), 2013. Synthèse et réflexions sur des définitions relatives aux invasions biologiques. Préambule aux actions de la stratégie nationale sur les espèces exotiques envahissantes (EEE) ayant un impact négatif sur la biodiversité. MNHN, SPN, Paris, 31 p.

ULRICH E., 2005. Effets de l'ozone sur la végétation forestière. Introduction générale dans la problématique. RDV techniques n° 9 - été 2005 – ONF, pp 6-11

#### **Sites internet :**

Site de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique : <https://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/politiques/comprendre-changement-climatique>

## **PARTIE 2 : Évaluation des services écosystémiques**

- **Introduction (services écosystémiques et contraintes)**

Andréassian V., 2004. Couvert forestier et comportement hydrologique des bassins versants. *La Houille Blanche*, N°2 (Mars-Avril 2004), pp. 31-35.

Andréassian V., 2008. Quelles questions se pose-t-on encore au sujet du lien entre couvert forestier et hydrologie ? RDV techniques n°22 – automne 2008 – ONF.

David, 2014. La gestion agro-sylvo-cynégétique : état des lieux, influences et initiatives. Etude réalisée au sein du Groupement d'Intérêt Public ECOFOR. Rapport 169 p.

Ehrlich, P.R. et A. Mooney, 1983, Extinction, substitution and the ecosystem services. *Bioscience* 33, pp 248-254.

Fisher, B., R.K. Turner et P. Morling, 2009, Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics*, 68, 3, 643-653

Haines-Young, R., Potschin, M., 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being (chap. 6). In: Raffaelli, D., Frid, C. (Eds.), *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 110–139.

Locatelli B., Vignola R. (2009). Managing watershed services of tropical forests and plantations: Can meta-analyses help?. *Forest Ecology and Management*, Elsevier, 2009, 258 (9), pp.1864-1870.

Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015. Résultats. Ministère chargé de l'agriculture et IGN, Paris, 343 p.

Meha C., 2013. Forêt et risque de santé publique : le cas de la borrélie de Lyme. Application à la forêt périurbaine de Sénart (île de France). Thèse de doctorat de Géographie. Université de Paris-Sorbonne – Paris IV, 402 p.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). — Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. — Washington, DC : Island Press, 2005.

Ministère de l'environnement, de l'énergie, et de la mer (MEEM), 2017. L'Evaluation française des écosystèmes et services écosystémiques - Cadre conceptuel. Document édité par le Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, Collection Thema – Avril 2017, 88 p.

ONCFS, 2016. Accidents de chasse 2015-2016 : le nombre d'accidents mortels au plus bas. Page internet <http://www.oncfs.gouv.fr/Chasser-dans-les-regles-ru18/Bilan-des-accidents-de-chasse-2015-2016-news1867> consultée le 28/07/2017.

Peyron, 2015. Synthèse des tendances par enjeu de politique publique. In : Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015. — Paris : Maaf-IGN, 2016, 343 p.

Ribier A. de, Galbert M. de, Lévêque J., Monnier A., Rathouis P., 2012. Mission sur les dégâts de grand gibier. Paris : CGEDD, CGAAER, 53 p.

Schwitter R., Bucher H., 2009. La Forêt protège-t-elle contre les crues ou les arbres causent-ils eux même des inondations ? La Forêt, 10/09, pp 21-25.

Spangenberg J., Haaren C., Settele J., 2014. The ecosystem service cascade: Further developing the metaphor. Integrating societal processes to accommodate social processes and planning, and the case of bioenergy. *Ecological Economics* 104 (2014) 22–32

Thibaudon M. et Monnier S., 2015. Les pollens de bouleau : indicateur santé du changement climatique. *Revue Française d'Allergologie*. [Volume 55, Issue 3](#), April 2015, Page 228.

VIGNON, V., BARBARREAU, H. (2008). Collisions entre véhicules et ongulés sauvages : quel coût économique ? Une tentative d'évaluation. *Faune sauvage*, **279** : 31-35.

Westman, W.E., 1977, How much are nature's services worth? *Science* 197, 1977, p960-964.

Willis K.G., Garrod G., Scarpa R. *et al.*, 2003. The social and environmental benefits of forests in Great Britain. Report to Forestry Commission, Edinburgh, pp 25-26. (en ligne : [https://www.forestry.gov.uk/Pdf/Sebreport0703.Pdf/\\$File/Sebreport0703.Pdf](https://www.forestry.gov.uk/Pdf/Sebreport0703.Pdf/$File/Sebreport0703.Pdf))

#### **Site internet :**

ONERC : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-sante-et-societe>

- **Chap. 7.1 (régulation du climat global)**

ADEME, 2015. Forêt et atténuation du changement climatique. Les Avis de l'ADEME, juin 2015, 12 p.

Alexandre S., 2014. Le bois, un matériau rare ? Vers une hiérarchie des usages du bois. *Revue forestière française* n°3-2014, pp. 325-336.

Arrouays D., Balesdent J., Germon J.C., Jayet P.A., Soussana J.F., Stengel P. (Eds), 2002. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? Contribution à la lutte contre l'effet de serre. MEDD/Inra, Résultats d'une expertise scientifique collective, 332 p.

Basilico L., 2008. La filière forêt-bois européenne : des bio-réponses aux nouveaux enjeux climatiques et énergétiques ? Résumé pour décideurs de la conférence internationale qui s'est tenue à Nancy en novembre 2008 dans le cadre de la présidence française de l'Union européenne. Ecofor, 13 p.

Bellassen, V., Luysaert, S., 2012. Le cycle du carbone dans les forêts et le changement climatique: Comprendre le passé pour s'adapter au futur. *Revue Forestière Française*, 64(3), pp. 263-274.

Bonan, G.B., 2008. Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science* (320), pp. 1444-1449.

Bouvarel P., 1989. Le gaz carbonique dans l'atmosphère : le rôle des forêts. *Revue forestière française*, n°4-1989, pp.301-307.



Brienen R.J.W., Phillips O.L., Feldpausch, Gloor E., Baker T.R., Lloyd J., Lopez-Gonzalez G., Monteagudo-Mendoza A., Mahli Y., Lewis S.L., Vásquez R., Martínez R., Alexiades M., Ivarez Dávila E.A., Alvarez-Loayza P., Andrade A., Aragaão L.E.O.C., Araujo-Murakami A., Arets E. J. M. M., Arroyo L., Aymard C. G.A., Banki O.S., Baraloto C., Barroso J., Bonal D., Boot R.G.A., Camargo J.L.C., Castilho C.V., Chama V., Chao K.J., Chave J., Comiskey J.A., Cornejo Valverde F., da Costa L., de Oliveira E.A., Di Fiore A., Erwin T.L., Fauset S., Forsthofer S., Galbraith D.R., Grahame E.S., Groot N., Hérault B., Higuchi N., Honorio Coronado E.N., Keeling H., Killeen T.J., Laurance W.F., Laurance S., Licona J., Magnussen W.E., Marimon B.S., Marimon-Junior B.H., Mendoza C., Neill D.A., Nogueira E.M., Núñez P., Pallqui Camacho N.C., Parada A., Pardo-Molina G., Peacock J., Peña-Claros M., Pickavance G.C., Pitman N. C. A., Poorter L., Prieto A., Quesada C.A., Ramírez F., Ramírez Angulo H., Restrepo Z., Roopsind A., Rudas A., Salomão R.P., Schwarz M., Silva N., Silva-Espejo J.E., Silveira M., Stropp J., Talbot J., ter Steege H., Teran-Aguilar J., Terborgh J., Thomas-Caesar R., Toledo M., Torello-Raventos M., Umetsu R.K., van der Heijden G.M.F., van der Hout P., Guimarães Vieira I.C., Vieira S.A., Vilanova E., Vos V.A., Zagt R.J., 2015. Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, vol. 519, 19 March 2015, Letter, pp.344-348.

Carey E.V., Sala A., Keane R., Callaway R.M., 2001. Are old forests underestimated as global carbon sinks? *Global Change Biology* (2001) 7, pp. 339-344.

CITEPA, 2017. Rapport National d'Inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto. Paris : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique, 631 p.

Colin A., 2014. Émissions et absorptions de gaz à effet de serre liées au secteur forestier dans le contexte d'un accroissement possible de la récolte aux horizons 2020 et 2030 ; Contribution de l'IGN aux projections du puits de CO<sub>2</sub> dans la biomasse des forêts gérées de France métropolitaine en 2020 et 2030, selon différents scénarios d'offre de bois. Rapport final, mars 2014, convention MEDDE.DGEC/IGN, 58 p.

Dhôte J.F., Leban J.M., Saint-André L., Derrien D., Zhun M. Loustau D., Achat D., Roux A., Schmitt B., 2016. Leviers forestiers en termes d'atténuation pour lutter contre le changement climatique. Rapport d'étude pour le Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, Paris : INRA-DEPE, 95 p.

IGN, 2016. Les flux de bois en forêt. Saint-Mandé, IGN. 4 p.

Jonard M., Caignet I., Ponette Q., Nicolas M., 2013. Evolution du carbone des sols forestiers de France métropolitaine - Détection et quantification à partir des données mesurées sur le réseau RENECOFOR. Rapport préliminaire, 31 p.

Juillot D., 2003. La filière-bois française : la compétitivité, enjeu du développement durable. Assemblée nationale, Rapport, 17 juin 2003. 104 p.

Li Yan, Maosheng Zhao, Safa Motesharrei, Qiaozhen Mu, Eugenia Kalnay et Shuangcheng Li, 2015. Local cooling and warming effects of forests based on satellite observations. *Nature Communications*, 8 p.

Loustau D., Badeau V., Balesdent J., Ciais P., Davi H., Déqué M., Desprez-Loustau, M.-L., Disnar R., Dufréne E., Dupouey J.-L., François C., Granier A., Ogée J., Pignard G., Saint-André L., 2004. Rapport final du projet CARBOFOR "Séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles.

Luyssaert S., Schulze E.D., Börner A., Knohl A., Hessenmöller D., Law B.E., Ciais P., Grace J., 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature Letters*, vol.455, pp. 213-215.

MAAPRAT, IFN, 2011. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines ; édition 2010. Nogent sur Vernisson, Inventaire forestier national et Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, 200 p.

Madignier M.-L., Benoit G., Roy C., 2014. Les contributions possibles de l'agriculture et de la forêt à la lutte contre le changement climatique. CGAAER, rapport n°14056 , version 2 d'octobre 2014, 56 p.

Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015. Résultats. Ministère chargé de l'agriculture et IGN, Paris, 343 p.

MAP, IFN, 2006, Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises; édition 2005. Paris : Ministère de l'agriculture et de la pêche, Nogent sur Vernisson : Inventaire forestier national, 148 p.

Nabuurs G.J. *et al.*, 2007. Mitigation of climate change. In : Metz B. *et al.* (eds), IPCC Climate Change 2007, (III), Cambridge Univ. Press, pp.541-584.

ONF, 1995. Le CO2 et la forêt. Bulletin technique de l'ONF, n°29, oct.1995, 159 p.

Peyron, J.-L., et Bailly A., 2014. Les activités du bois au coeur du changement climatique. In : L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change, ONERC, Rapport au Premier ministre et au Parlement, La documentation française, pp. 121-133.

Reineke L.H., 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research*, 46(7):627–638

Stephenson N.L., Das A.J., Condit R., Russo, S.E., Baker P.J., Berkman N.G., Coomes D. A., Lines E. R., Morris W. K., Rüger N., Álvarez E., Blundo C., Bunyavejchewin S., Chuyong G., Davies S. J., Duque Á., Ewango C. N., Flores O., Franklin J. F., Grau H. R., Hao Z., Harmon M. E., Hubbell S. P., Kenfack D., Lin Y., Makana J.-R., Malizia A., Malizia L.R., Pabst R.J., Pongpattananurak N., Su S.H., Sun, I.F., Tan, S., Thomas D., van Mantgem P.J., Wang X., Wider S.K., Zavala M.A., 2014. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature* 507, pp. 90-93, doi:10.1038/nature21914.

Vannière B., 1984. Tables de production pour les forêts françaises. Nancy : ENGREF, 160 p.

Zhou, G., Liu, S., Li, Z, Zhang, D., Tang, X., Zhou, C, Mo, J. (2006). Old-growth forests can accumulate carbon in soils. *Science*, 314, 1417.

- **Chap. 7.2 (régulation du climat local)**

Andréasson V., 2004. Couvert forestier et comportement hydrologique des bassins versants. *La Houille Blanche*, N°2 (Mars-Avril 2004), pp. 31-35

Bala G., Caldeira K., Wickett M., Phillips T. J., Lobell D.B., Delire C. et Mirin A., 2007. Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation, *PNAS*, vol 104 n°16, pp 6550 - 6555

Bernatzky, A., 1983. The effects of trees on the urban climate. In: *Trees in the 21st Century*. Academic Publishers, Berkhamster, pp. 59 – 76 Based on the first International Arbocultural Conference

Bolund P. et Hunhammar S., 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* 29 (1999) 293 – 301

Brunet Y., Dupont S., Sellier D., Fourcaud T. (2009) Les interactions vent-arbre, de l'échelle locale à celle du paysage : vers des approches déterministes. In *La forêt face aux tempêtes* (eds Y. Birot, G. Landmann, I. Bonhême), pp. 229-259. Editions Quae, Versailles

COSANDEY C., 2006. Conséquences des forêts sur l'écoulement annuel des cours d'eau. *Revue Forestière Française*, vol 58 n° 4, pp. 317-328

Ellison, D., N Futter, M., & Bishop, K. (2012). On the forest cover–water yield debate: from demand- to supply-side thinking. *Global Change Biology*, 18(3), 806–820. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x>

Li Yan, Maosheng Zhao, Safa Motesharrei, Qiaozhen Mu, Eugenia Kalnay et Shuangcheng Li, 2015. Local cooling and warming effects of forests based on satellite observations. *Nature Communications* 6, Article number: 6603 (2015), doi:10.1038/ncomms7603

Guyot, 1990. Brise-vent, Pare-feu et sylviculture. Revue Forestière Française XLII - n° sp. 1990, pp 93-105.

Makarieva, A.M., Gorshkov, V.G. and Li, B.-L. 2009. Precipitation on land versus distance from the ocean: Evidence for a forest pump of atmospheric moisture. *Ecological complexity* 6: 302–307.

Naudts, K.; Chen, Y.; McGrath, M. J.; Ryder, J.; Valade, A.; Otto, J.; Luyssaert, S. (2016): Europe's forest management did not mitigate climate warming. In *Science* 351 (6273), pp. 597–600. DOI 10.1126/science.aad7270.

Otto Hans-Jürgen, 1998. Ecologie forestière. Institut pour le développement forestier, Paris, 396 p.

- **Chap. 7.3 (protection contre les aléas naturels en région de montagne)**

Bigot 2014. Cinématique de décomposition et rôle de protection pare-pierres du bois mort : le cas des rémanents, Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, 208 p.

Cahen M., 2010. Ouvrages de parade contre les risques naturels en montagne et fonction de protection de la forêt : analyse économique comparative. Mémoire de fin d'études Tome 1, AgroParisTech-ONF, 139 p.

Centre d'analyse stratégique (CAS), 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Rapport du groupe de travail présidé par B. Chevassus-au-Louis, pp 304-305.

Dechezleprêtre, 2013. Evaluation économique des services écosystémiques, perspectives pour la forêt de Fontainebleau. Mémoire de Recherche, Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines, 109 p.

Dorren L., Berger F. et Métral R, 2005. La forêt est un filet de protection naturel contre les chutes de pierres. Sylviculture de montagne.

Eckert N., Deschâtres M. et Bélanger L., 2010. Analyse des fluctuations spatio-temporelles des nombres d'avalanches dans les Alpes du Nord à partir de l'EPA. [online], *Revue Risques naturels en montagne*, 2010, n°2., pp. 16-25. Disponible sur : [http://www.set-revue.fr/sites/default/files/articles/pdf/SET\\_02\\_article\\_02\\_0.pdf](http://www.set-revue.fr/sites/default/files/articles/pdf/SET_02_article_02_0.pdf)

Fuhr M., Bourrier F., Cordonnier T., 2015. Protection against rockfall along a maturity gradient in mountain forests. *Forest Ecology and Management*, Volume 354, pp 224-231.

Fuhr M., Clouet N., Cordonnier T. et Berger F., 2010. Gestion multifonctionnelle des forêts de montagnes, quels compromis entre les fonctions de protection et conservation ? ,[online], *Revue Politiques publiques et biodiversité* 2010 – n°3, pp. 20-25. Disponible sur <URL : <http://www.set-revue.fr/gestion-multifonctionnelle-des-forets-de-montagne-quels-compromis-entre-les-fonctions-de-protection>>

Gauquelin X. et Courbaud B. (coord.), 2006. Le Guide des Sylvicultures de Montagne. Irstea Grenoble, 289 p.

Getzner M., Gutheil-Knopp-Kirchwald G., Kreimer E., Kirchmeir H. et Huber M., 2017. Gravitational natural hazards: Valuing the protective function of Alpine forests, *Forest Policy and Economics* Volume 80, July 2017, pp150–159

Gis Sol. 2011. L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188 p.

Goio, I., Gios, G., Pollini, C., 2008. The development of forest accounting in the Province of Trento (Italy). *Journal of Forest Economics* 14, pp 177–196.

Grêt-Regamay A., Walz A. et Bebi P., 2008. Valuing Ecosystem Services for sustainable Landscape Planning in Alpine Regions. *Mountain Research and Development*, Vol 28, numéro 2, pp 156-165.

Jancke O., K.A. Dorren L., Berger F., Fuhr M., Köhl M., 2009. Implications of coppice stand characteristics on the rockfall protection function *Forest Ecology and Management*. Volume 259, Issue 1, Pages 124–131.

Ladier J., Rey F., Dreyfus P., 2012. Guide des Sylvicultures de Montagne Alpes du Sud françaises. ONF, Irstea, 301 p.

Landmann et Berger, 2015. La forêt protectrice face au changement climatique. In : ONERC, 2015. L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change. Rapport au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris 2015, pp 65-75.

Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015, Résultats. pp 130-135, p 162, pp 170-172.

Mao Z., Bourrier F., Stokes A. et Fourcaud T., 2014. Three-dimensional modelling of slope stability in heterogeneous montane forest ecosystems. *Ecological Modelling* 273 (2014) pp 11-22

Margreth S., 2004. Avalanche control structures, Grenoble, course material presented at the Université Européenne d'Eté, session 2004, Courmayeur: « Avalanches: Risque, zonage et protections ».

Notaro S., Paletto A., Raffaelli R., 2009. Economic Impact of Forest Damage in an Alpine Environment, *Acta Silv. Lign. Hung.*, Vol. 5, pp 131-143.

Notaro, S., Paletto, A., 2004. Economic evaluation of the protective function of mountain forests: a case study from the Italian Alps. In: Buttoud, G., Solberg, B., Tikkanen, I., Pajari, B. (Eds.), *The Evaluation of Forest Policies and Programmes. EFI Proceedings*, 52, pp. 75–85.

Notaro S. et Paletto A., 2012. The economic valuation of natural hazards in mountain forests : an approach based on the replacement cost method. *Journal of Forest Economics* 18 (2012), pp 318–328.

Olschewski R., Bebi P., Teich M., Hayek U.W., Grêt-Regamey A., 2012. Avalanche protection by forests — A choice experiment in the Swiss Alps, *Forest Policy and Economics*, 17, pp.19-24.

Rey F., Chenost C., Simon-Teissier S., 2006. Forêt et érosion dans les bassins versants torrentiels. RFF 4-2006, pp 329-338.

Subotsch N., 2000. Les forêts RTM et les forêts de protection. Forêt méditerranéenne, Tome XXI, n°2, juin 2000, pp 203-206.

Teich M. et Bebi P., 2009. Evaluating the benefit of avalanche protection forest with GIS-based risk analyses—A case study in Switzerland. *Forest Ecology and Management* 257, pp 1910–1919.

- **Chap. 7.4 (régulation de l'érosion)**

Fiquepron J., Garcia S., Stenger A., 2013. Land use impact on water quality : valuing forest services in terms of the water supply sector. *Journal of Environmental Management* 126 (2013) , p 113-121

Gis Sol. 2011. L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188 p.

Le Bissonnais Y., THORETTE J., BARDET C. DAROUSSIN J., 2002. L'érosion hydrique des sols en France. Rapport IFEN-INRA, 108 p.

Ranger J., Augusto L., Berthelot A., Bouchon J., Cacot E., Dambrine E., Gavaland A., Laclau A., Nicolas M., Nys C., Ponette Q., Ottorini J.-M., Saint André L., 2011. Sylviculture et protection des sols. RFF 2-2011 p 245-264

Rey F., Chenost C., Simon-Teissier S., 2006. Forêt et érosion dans les bassins versants torrentiels. RFF 4-2006, pp 329-338

Vennetier M., Ladier J., Freddy R., 2014. Le contrôle de l'érosion des sols forestiers par la végétation face aux changements globaux. RFF 4-2014, p 517-530

**Sites internet :**

GISSOL, Données d'aléa d'érosion en 2000 : <https://www.gissol.fr/donnees/donnees-dalea-derosion-2844>

- **Chap. 7.5 (régulation de la qualité de l'eau)**

Abildtrup J., Garcia S. et Stenger A., 2013. The effect of forest land use on the cost of drinking water supply : a spatial econometric analysis. *Ecological Economics* 92, pp 126-136.

Benoît M., Fizaine G., 1999. Qualité des eaux en bassins forestiers d'alimentation. *Revue Forestière Française*, 2-1999, pp 162-172.

Gundersen P., Raulund-Rasmussen K., Ring E., 2011. The impact of forest management on water quality In : *Papers on impact of forest management on environmental services*, EFORWOOG Report, EFI Technical Report 57, 2011, pp. 90. En ligne : [http://www.efi.int/files/attachments/publications/eforwood/efi\\_tr\\_57.pdf](http://www.efi.int/files/attachments/publications/eforwood/efi_tr_57.pdf)

Benoit M. et Papy F., 1997. Pratiques agricoles sur les territoires et qualité de l'eau alimentant un captage. In : *L'eau dans l'espace rural*, INRA pp 323-338.

Broadmeadow S., Nisbet T. R., 2004. The effects of riparian forest management on the freshwater environment: a literature review of best management practice. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union, 8 (3), pp.286-305.

Centre d'analyse stratégique (CAS), 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Rapport du groupe de travail présidé par B. Chevassus-au-Louis, pp 304-305.

CRENAM, IPAMAC, 2011. Cartographie des rubans forestiers à proximité des cours d'eau. Ecueils d'un premier test et réflexions. Projet « Trame écologique du Massif central », Note méthodologique, 9 p.

Fiquepron J. (coord.), Charnet F., Garcia S., Stenger A. Wilhelm N., Formery M., Persuy A., 2010. Forêt et eau potable, des services à mettre en valeur, Dossier Forêt entreprise n°193, pp 11-42.

Fiquepron, 2012. Des forêts pour l'eau potable : l'eau paiera ? *Revue Forestière Française*, 3-2012, pp 293-304.

Fiquepron J., Garcia S., Stenger A., 2013. Land use impact on water quality: valuing forest services in terms of the water supply sector. *Journal of Environmental Management* 126, pp 113-121.

Fiquepron J. et Charnet F., 2013. LIFE SEMEAU - action 2.2 : Expertise et synthèse bibliographique – effets des pratiques forestières sur la qualité des eaux, 32 p.

Fiquepron J. et Gauthier A., 2009. Une demande croissante d'évaluation économique des services rendus par la forêt : exemple de l'eau potable. *Forêt Entreprise* 187, pp 40-45.

Gama A., Dumas Y., Frochot H., 2006. Utilisation des herbicides en forêt et gestion durable. Versailles, Ed. Quae, 319 p.

Gundersen P., Raulund-Rasmussen K., Ring E., 2011. The impact of forest management on water quality In : *Papers on impact of forest management on environmental services*, EFORWOOG Report, EFI Technical Report 57, 2011, pp. 90. En ligne : [http://www.efi.int/files/attachments/publications/eforwood/efi\\_tr\\_57.pdf](http://www.efi.int/files/attachments/publications/eforwood/efi_tr_57.pdf)

Hegg C., Jeisy M., Waldner P., 2006. La forêt et l'eau potable : une étude bibliographique. Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, WSL, Birmensdorf, 62 p.

Knoke, T., Ammer, C., Stimm, B., Mosand, R., 2008. Admixing broadleaved a review on yield, ecological stability and economics. *European Journal of Forest Resource* 127, Issue 2, pp 89-101.

Lévêque C., 2001. *Ecologie : de l'écosystème à la biosphère*. Editions Dunod, Paris, 502 p.

Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015, Résultats. pp 130-135, p 162, pp 170-172

STEVENS, P.A.; NORRIS, D.; SPARKS, T.H.; HODGSON, A.L., 1994: Soil and Stream water interactions for different aged forest and moorland catchments in Wales. *Water, Air and Soil Pollution* 73, pp 297–317.

Wasson J.-G, Villeneuve B., Ital A., Murray Bligh J., Dobiasova M. *et al.*. Large-scale relationships between basin and riparian land cover and the ecological status of European rivers. *Freshwater Biology*, Wiley, 2010, 55, pp. 1465 -1482.

- **Chap. 7.6 (régulation des crues)**

Andreassian V. (2002). — Impact de l'évolution du couvert forestier sur le comportement hydrologique des bassins versants. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 781 p.

Andréassian V., 2004. Couvert forestier et comportement hydrologique des bassins versants. La Houille Blanche, N°2 (Mars-Avril 2004), pp. 31-35.

Andréassian V., 2008. Quelles questions se pose-t-on encore au sujet du lien entre couvert forestier et hydrologie ? RDV techniques n°22 – automne 2008 – ONF.

Centre d'analyse stratégique (CAS), 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Rapport du groupe de travail présidé par B. Chevassus-au-Louis, pp 304-305.

Cosandey C., 2006. Conséquences des forêts sur l'écoulement annuel des cours d'eau. Revue Forestière Française, vol 58 n° 4, pp. 317-328.

EEA, 2015. Water retention potential of Europe's forests: a European overview to support natural water-retention measures. EEA Technical Report n°13/2015.

Fritsch J.-M., 1990. Les effets du défrichement de la forêt amazonienne et de la mise en culture sur l'hydrologie des petits bassins versants. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 392 p.

Hurand A., Andreassian V., 2003. Le couvert forestier et l'hydrologie des bassins versants, Rendez-vous techniques N°2 – Automne 2003, ONF, pp 37-40.

Schwitter R., Bucher H., 2009. La Forêt protège-t-elle contre les crues ou les arbres causent-ils eux même des inondations ? La Forêt, 10/09, pp 21-25.

Lavabre J., Sempere Torres D., Cernesson F., 1991 — Étude du comportement hydrologique d'un petit bassin versant méditerranéen après la destruction de l'écosystème forestier par un incendie. Premières analyses. — Hydrol. continent., vol. 6, n° 2, 1991, pp. 121-132.

- **Chap. 8.1 (Fourniture de bois)**

Alcimed, « Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020 ». Etude prospective pour le Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (Pipame), février 2012, 200 p.

Balleydier R., Bertrand J., 1982. La ressource forestière et sa disponibilité : une approche par l'utilisation de l'Inventaire Forestier National. Forêt méditerranéenne, pp. 25-32 et 115-121.

Bédéneau M., 1988. Croissance du taillis de châtaignier en France : premiers résultats. Annales des sciences forestières, 1988, 45 (3), pp.265-274.

Béluouard T., Hamza N., 2004. Ressource et disponibilité forestières : une valorisation importante de l'inventaire. IF n°6, décembre 2004, 8 p.

Berthelot A., Gavaland A., 2011. Produire de la biomasse avec des taillis de peuplier. Informations-forêts n°4-2007, fiche 760, 6 p.

Cauria S., Lecocq F., Delacote P., Barkaoui A., 2010. The French Forest Sector Model version 1.0. Presentation and theoretical foundations. Cahier du LEF n°2010-03, Nancy, 41 p.

Chevrou R.B., Guero M.C., Houllier F., 1988. Utilisation des résultats et des données brutes de l'Inventaire forestier national. Document IFN, 187 p.

- CNI-CSF Bois, 2014. Le contrat de filière CSF Bois. Conseil national de l'industrie, Comité stratégique de la filière bois, 36 p.
- Colin A., 2014. Émissions et absorptions de gaz à effet de serre liées au secteur forestier dans le contexte d'un accroissement possible de la récolte aux horizons 2020 et 2030. Contribution de l'IGN aux projections du puits de CO<sub>2</sub> dans la biomasse des forêts gérées de France métropolitaine en 2020 et 2030, selon différents scénarios d'offre de bois. Rapport final à la convention MEDDE.DGEC/IGN n°220682886, 58 p.
- Colin A., Thivolle-Cazat A., 2016. Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035. Etude Ademe, IGN, FCBA, rapport, 91 p., annexes, 84 p., synthèse, 19 p.
- Daly-Hassen H. & Peyron J.L., 1996. L'emploi salarié dans la filière-bois : situation et évolution récente. Revue Forestière Française, XLVIII (2), pp.153-166.
- Dubourdieu J., 1997. Manuel d'aménagement forestier ; gestion durable et intégré des écosystèmes forestiers. Paris : Lavoisier, 244 p.
- Gilbert J.M., 1996. Relier milieu et production des essences forestières : comparaison de deux approches. Ingénieries EAT n°8, décembre 1996, pp.31-39.
- GUILLON P., 1975. La filière-bois française en 1970. Nancy : Institut National de la Recherche Agronomique. 93 p. + annexes.
- Le Tacon F., 1973. Sol, nutrition et production ligneuse. Ann. Sci. Forest., 1973, 30 (3), 259-285
- Lecocq, F. 2008. Aspects économiques des taillis à courte rotation. In: S. De Cara, A. Thomas (coords.). Projections d'émissions / absorptions de gaz à effet de serre dans les secteurs forêt et agriculture aux horizons 2010 et 2020, Rapport final convention INRA-MAP, Paris: INRA, pp.97-100.
- Levesque C., Vallet P. Ginisty C., 2007. Biomasse forestière disponible pour de nouveaux débouchés énergétiques et industriels ; Partie 1 : Analyse et synthèse des études existantes recensées au niveau national. Cemagref et DGFAR, octobre 2007, 124 p.
- Lönnstedt L., Peyron J.L. , 1989. FIBRE: a French PC-based regional forest sector model applied to Burgundy. Ann. Sci. forest., 46 (2), 101-118.
- Lorentz B., Parade A., 1837. Cours élémentaire de culture des bois. Paris : Huzard ; Nancy : Grimblot, 564 p. (six éditions jusqu'en 1883). Cours créé à l'école forestière de Nancy par B. Lorentz, complété et publié par A. Parade.
- Maaf, 2017. Programme national de la forêt et du bois 2016-2026. Approuvé par le décret n°2017-155 du 8 février 2017, 59 p.
- Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015, Résultats, Maaf-IGN, Paris, 343 p.
- Morogues F. de, Nguyen The N., Berthelot A., Melun F., 2011. Réflexions sur la rentabilité des taillis à courte et à très courte rotation d'Eucalyptus et de Peuplier. Revue forestière française LXIII n°6-2011, pp. 705-721.
- Niedzwiedz A., Montagné-Huck C., Bruciamacchie M., 2016. Panorama des sources d'information en matière de prix des bois. Document de travail, Laboratoire d'économie forestière, HS n°5, 14 p.
- Niedzwiedz A., Montagné\_Huck C., 2015. Past, present, and future of forest accounting: an overview of the French experience. Annals of Forest Science, 72:1, DOI : 10.1007/s13595-014-0410-4, 7 p.
- Pardé J., 1999. Des temps gallo-romains aux temps contemporains : premiers pas et progrès des aménagements. Revue forestière française LI, numéro spécial 1999, pp. 23-44.
- Peyron J.-L., et Bailly A., 2015. Les activités du bois au coeur du changement climatique. In : L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change, ONERC, Rapport au Premier ministre et au Parlement, La documentation française, pp. 121-133.
- Peyron J.-L., Hervé J.-C., 2012. Comment apprécier le niveau d'exploitation des ressources forestières françaises ? Revue forestière française n°5-2012, pp.599-611.
- Ginisty C., Vallet P., Chabé-Ferret S., Levesque C., Chauvin C., 2007. Disponibilités en biomasse forestière pour les usages énergétiques et industriels en France. Notes de synthèse. Convention DGFAR/Cemagref E19/06 du 20 octobre 2006, 6 p.

Vallet P., Levesque C., Ginisty C., 2007. Biomasse forestière disponible pour de nouveaux débouchés énergétiques et industriels. Partie 2 : calcul des volumes. Convention DGFAR/Cemagref E19/06 du 20 octobre 2006, 76 p.

Vannière B. (coord.), 1984. Tables de production pour les forêts françaises. 2e édition. CNRF-Inra, ONF, Engref, Nancy. 159 p.

- **Chap. 8.2 (gibier)**

BALLON, P., GINELLI, L., VOLLET, D. (2012). Les services rendus par la chasse en France : Regards croisés en écologie, économie et sociologie. Rapport Regefor, 14p.

BIPE, 2016. Evaluation du service écosystémique chasse en 2015 – rapport final de l'étude, 82 p.

Centre d'analyse stratégique (CAS), 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Rapport du groupe de travail présidé par B. Chevassus-au-Louis, p 312.

David, 2014. La gestion agro-sylvo-cynégétique : état des lieux, influences et initiatives  
Etude réalisée au sein du Groupement d'Intérêt Public ECOFOR. Rapport 169 p.

Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015, Résultats. pp 130-135, p 162, pp 170-172

NORMANT, P., PERRON, A., CASTEX, L. (2001). Catalogue des types de faciès alimentaires pour les cervidés. Etude Cemagref/ONF, 36p.

ONCFS, 2016. Tableaux de chasse ongulés sauvages – saison 2015-2016. Supplément Faune sauvage n°312, bulletin de l'ONCFS, 8 p.

RAKOTOARISON, H. (2009). Analysing and modelling big game management: The case of the Aquitaine region. Economies and finances. Université Montesquieu - Bordeaux IV. SCHERRER, V. (2002). Réinventer la chasse pour le XXIe siècle, rapport au Conseil économique et social, 266 p.

**Sites internet :**

Étude sur l'Impact Economique et Social de la Filière Chasse *par le BIPE, 2014-2016 :*

<http://chasse.bipe.fr/#/ChiffresCles>

Fédération nationale des chasseurs : <http://chasseurdefrance.com/decouvrir-la-chasse-en-france/qui-sont-les-chasseurs/> ; (consulté le 03/03/2017)

Réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC : <http://www.oncfs.gouv.fr/La-repartition-des-ongules-en-France-ru524/La-repartition-des-ongules-en-France-ar1374>

- **Chap. 8.3 (autres biens)**

Centre d'analyse stratégique (CAS), 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Rapport du groupe de travail présidé par B. Chevassus-au-Louis, p 312.

LAUCOIN V. 2012. – La cueillette des plantes sauvages sur le territoire d'agrément du CBN Massif central : état des lieux et perspectives. Rapport de stage, Conservatoire botanique national du Massif central, 100 p.

Lefèvre 2012. Les ressources génétiques, un réservoir et une dynamique pour la gestion des incertitudes. Revue Forestière Française, LXIV(3):235-242.

Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015, Résultats. pp 162-169



Peyron, 1998. Élaboration d'un système de comptes économiques articulés de la forêt au niveau national. Thèse de doctorat, 364 p.

- **Chap. 9 (activités récréatives en forêt)**

Abildtrup J., Horokoski T., Piedallu C., Perez V., Stenger A., Thirion E., 2015. Mapping of the forest recreation service in Lorraine: Applying high-resolution spatial data and travel mode information. Preliminary draft.

Abildtrup J., 2015. A non-exhaustive review of studies on forest recreation in France – Focus on economic valuation. Note de synthèse non publiée.

Abildtrup, J. Garcia, S., Olsen, S. B., Stenger, A. 2012. Les déterminants de la valeur récréative des forêts : l'exemple de la Lorraine. *Revue Forestière Française* LXIV(3), p. 331-338.

Agreste, 2014. Enquête sur la structure de la forêt privée en 2012. Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Numéro 222 - décembre 2014, 79 pages.

Benoit Boutefeu, 2007. "La forêt comme un théâtre ou les conditions d'une mise en scène réussie". *Geography*. Ecole normale supérieure Lettres et Sciences Humaines - ENS-LSH Lyon, 2007

Brahic E., Terreaux J-P., 2010. Estimer la valeur économique de la biodiversité en forêt, difficultés et méthodes. *Sciences Eaux & Territoires*.

Brutel C., Levy D., 2011. Le nouveau zonage en aires urbaines de 2010. 95 % de la population vit sous l'influence des villes. INSEE n° 1374 - Octobre 2011, INSEE.

Dehez J. (coord.) (2012). L'ouverture des forêts au public. Un service récréatif. Quae, coll. Sciences et Techniques Update, Paris.

Dobré M., Cordellier M., 2010. Usages et images de la forêt en France. ENQUÊTE « FORÊT ET SOCIÉTÉ ». Observatoire Sociétal de la Forêt. Baromètre Forêt et société, 2ème vague 2004-2010. décembre 2011. 232 pages.

Edwards D.M., Jay M., Jensen F. S., Lucas B., Marzano M., Montagné C., Peace A. and Weiss G., 2012. Public preferences across Europe for different forest stand types as sites for recreation. *Ecology and Society* 17(1): 27. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04520-170127>

Edwards D., Jay M., Jensen F.S., Lucas B., Marzano M., Montagné C., Peace A., Weiss G., 2011. Public preferences for structural attributes of forests: Towards a pan-European perspective. *Forest Policy and Economics*, 19 (2012) 12–19. doi:10.1016/j.forpol.2011.07.006

FOREST EUROPE, UNECE and FAO 2011: State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. 344 pages.

Garcia S., Jacob J., 2010. "La valeur récréative de la forêt en France : une approche par les coûts de déplacement", *Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement*, 91(1), p. 43-71.

Granet A-M., 2012. Fréquentation et représentations de la forêt en France. Connaître et comprendre les relations entre forêt et société pour piloter la gestion. *Revue forestière française*. LXIV(3):397-408.

Granet A-M, 2012. Les usages récréatifs de la forêt. Compte rendu de l'atelier 3. *Revue forestière française*. LXIV(3), p.425-430.

Granet A-M., Dobré M., 2009. Les citoyens et la forêt en France. *Revue forestière française*. LXI(5), p. 521-534.

Granet A-M, Mann C., Dehez J., 2009. L'accueil du public en forêt : une perspective européenne. Quelques résultats du COST E33 « Forest for recreation and nature tourism ». RDV techniques n°23-24 - hiver-printemps 2009 - ONF.

Papillon P., 2014. Les forêts périurbaines : des espaces récréatifs à la fonction prophylactique : le cas des aires urbaines d'Alençon, de Blois et du Mans. Thèse de doctorat. 452 pages.

Papillon P. et Dodier R., 2011. Les forêts périurbaines : des usages récréatifs à l'espace prophylactique. *Revue de géographie alpine*.

Park, B.J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Morikawa, T., Kagawa, T. & Miyazaki, Y. 2009. Physiological effects of forest recreation in a young conifer forest in Hinokage Town, Japan. *Silva Fennica* 43(2): 291–301.

Peyron J-L., Harou P., Niedzwiedz A., Stenger A., 2002. National survey on demand for recreation in French forests. Laboratoire d'Economie Forestière UMR EENGREF/INRA, Nancy.

Peyron J-L., Bakouma J., Berthier A., Colnard O., Normandin D., Stenger A., Tessier A., 2000 (mise à jour en novembre 2001). Première évaluation économique globale des dégâts forestiers dus aux tempêtes de décembre 1999. Laboratoire d'Economie Forestière UMR EENGREF/INRA, Nancy. 42 pages.

Rambonilaza M., Gadaud J., Dehez J., 2008. L'approche contractuelle de l'accueil du public en forêt privée : comment définir la compensation pour services rendus. *Revue Forestière Française*. LX - 1-2008.

Rapey H., Michalland B., 2002. Observations et analyse sur la variabilité de la récréation en forêt dans des secteurs de moyenne montagne. *Revue Forestière Française* LIV - 5-2002

Robert-Bobée I., 2006. Projections de population pour la France métropolitaine à l'horizon 2050 : la population continue de croître et le vieillissement se poursuit. INSEE. 4 pages.

Scheffer L., 1951. L'aménagement esthétique et récréatif des forêts. *Revue Forestière Française*. 12 pages.

Sievänen T., Arnberger A., Dehez J., Grant N., Jensen F.S., Skov-Petersen H. (eds.), 2008. Forest Recreation Monitoring – a European Perspective. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute. 245 pages.

Simpson M.C., Pichler V., Tyrväinen L., Collins K., Martin S., Strange N. and Vuletic D. (coord.), 2008. the economic and social values of forests for recreation and nature tourism: a research overview. Cost Action E33: Forests for Recreation and Nature Tourism (FORREC).

- **Chap. 10 (Patrimoine naturel forestier)**

Alphandéry, 2002. Nature, politiques publiques et conflits de légitimité : la mise en œuvre de la directive Habitats en France. In : *Agriculteurs, ruraux et citoyens : les mutations des campagnes françaises* – Sylvestre J.P. (dir.), CRDP Bourgogne/ CNDP et Educagri Editions, Dijon, pp 209-223.

Bénos et Milian , 2013. Conservation, valorisation, labellisation : la mise en patrimoine des hauts-lieux pyrénéens et les recompositions de l'action territoriale. *Vertigo*. En ligne : <https://vertigo.revues.org/13631>

Blicharska M., Mikusinski G., 2014. Incorporating social and cultural significance of large old trees in conservation policy. *Conservation Biology* 28(6) : 1558-1567, 10 p.

Bouisset C., Degrémont I. Pottier A., 2012. Patrimonialiser la forêt : valeurs et enjeux territoriaux. Communication au Colloque «Connaissance des services écosystémiques rendus par la forêt : l'apport des sciences économiques, humaines et sociales» Paris 19-20 novembre 2012 : [http://docs.gip-ecofor.org/public/shs/2012/8\\_Bouisset](http://docs.gip-ecofor.org/public/shs/2012/8_Bouisset)

Devictor *et al.*, 2010. "Spatial mismatch and congruence between taxonomic, phylogenetic and functional diversity: the need for integrative conservation strategies in a changing world", *Ecology Letters*, 13: 1030-1040.

Dupouey J.L., Sciama D., Dambrine E., Rameau J.C, 2002. La végétation des forêts anciennes, *RFF* LIV (2002) pp 521-532.

Galland J.-P., 1991. Les espèces forestières protégées et les arrêtés de protection de biotopes en forêt. *Rev. For. Fr.* xii - n° sp. 1991

- Gary R., 1956. Les racines du ciel. Collection Blanche, Gallimard, 452 p.
- Gernigon C., Meignien E., 2012. Forêt d'Exception, une démarche partagée de gestion des forêts. RDV techniques n°35 – hiver 2012 – ONF.
- 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*, 3(3), 203-207.
- Harrison, R. P., & Naugrette, F. (1992). Forêts: essai sur l'imaginaire occidental. Flammarion.
- Hennion, Antoine. 2015 « Qu'est-ce qu'un bon vin ? Ou comment intéresser la sociologie à la valeur des choses... » i3 Working Papers Series, 15-CSI-01.
- Ingold, Tim. 2000. The Perception of the Environment. Essays on livelihood, dwelling and skills. Routledge : London
- Juhé – Beaulaton Dominique 2009b « Un patrimoine urbain méconnu : arbres mémoires, forêts sacrées et jardins des plantes de Porto Novo (Bénin) », *Autrepart*, n°51 variations, Paris, Presses de Sciences Po-IRD : 75-98.
- Liagre J., 2016. *JurisClasseur Environnement et Développement durable* : Fasc. 3720 : BOIS ET FORÊTS . Protection des bois et forêts. ONF, 52 p.
- Larrère, Catherine. 2013. Ce que sait la montagne. Aux sources des philosophies de l'environnement. La vie des idées, publiée en ligne le 30 avril 2013. [http://www.laviedesidees.fr/IMG/pdf/20130430\\_environnement.pdf](http://www.laviedesidees.fr/IMG/pdf/20130430_environnement.pdf)
- Larrère, Raphaël et Larrère Catherine, 1997. Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement. Flammarion, Paris, 356 pp.
- Latour, Bruno. 2000. « Factures/fractures. De la notion de réseau à celle d'attachement. » In Micoud, André et Peroni, Michel. Ce qui nous relie, Ed. de l'Aube, pp. 189-208. <hal-01027583>
- Le Breton, David. 2006. « La conjugaison des sens : essai. » *Anthropologie et Sociétés*, vol. 30, n° 3 ; pp. 19-28. DOI : 10.7202/014923ar
- Le Breton D., 2006. La saveur du monde : une anthropologie des sens. Editions Métailié, 456 p.
- Maaf, 2014. Rapport de la France pour l'état des ressources génétiques forestières dans le monde (FAO) – 1ère édition – 21 mars 2014. Tome 1 : La France métropolitaine.
- Maaf, IGN, 2016. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, édition 2015, Résultats. pp 162-169
- MAAPRAT-IFN, 2011. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines, Edition 2010, 200 p.
- Maitre d'Hôtel E., Pelegrin F., 2012. Les valeurs de la biodiversité : un état des lieux de la recherche française. Rapport FRB, série expertise et synthèse, 48 p. [www.fondationbiodiversite.fr/publications/rapports-et-expertises](http://www.fondationbiodiversite.fr/publications/rapports-et-expertises)
- Maresca, Bruno et Romain Picard. 2010. « Les propriétaires forestiers sont attachés à leur patrimoine mais peu motivés par son exploitation commerciale. » *CREDOC, Consommation et modes de vie*, N° 228 – avril 2010 : Paris
- Maris, Virginie. 2014. Nature à vendre. Les limites des services écosystémiques. Editions Quae : Versailles.
- Maris, Virginie. 2006. La protection de la biodiversité. Entre science, éthique et politique. Thèse de doctorat, Université de Montréal, Canada
- Ministère de l'environnement, de l'énergie, et de la mer, 2017. L'Evaluation française des écosystèmes et services écosystémiques - Cadre conceptuel. Document édité par le Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, Collection Thema – Avril 2017, 88 p.
- ONF, 2011. Bilan patrimonial des forêts domaniales hors DOM, ONF, Fontainebleau, 180 p.

Pottier A., 2012. La forêt des Landes de Gascogne comme patrimoine naturel ? Echelles, enjeux, valeurs. Thèse.

Quine C. (coord), 2011. Chap.8 Woodlands. In : UK National Ecosystem Assessment: Technical Report, p 241-293.

Rameau et Olivier, 1991. La biodiversité forestière et sa préservation. Intérêt patrimonial de la flore, de la végétation et des paysages forestiers. Rev. For. Fr. XLIII - n° sp. 1991

RIBEREAU-GAYON Marie-Dominique 1999, "Des vapeurs méphitiques au doux parfum de l'or – effets thérapeutiques et symboliques–", Odeurs et parfums, Paris, Editions du CTHS : 201-210.

Terrasson D. et Le Floch S., 2012. Indicateurs de perception sociale de la biodiversité en milieu forestier dans dans Nivet C., Bonhême I. et Peyron J-L. (coordinateurs), 2012. In : Les indicateurs de biodiversité forestière : Synthèse des réflexions issues du programme de recherche «Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques». Paris, GIP Ecofor-MEDDE, 128 p.

UICN France, 2013. Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France – Volume 2.1 : Les écosystèmes forestiers. Paris, France. 21 p.

Vallauri D., Grel A., Granier E., Dupouey J.L, 2012. Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles, WWF/Inra, Marseille, 64 p.

Petit, Adrien. 2016. L'adaptation de l'innovation dans les pratiques forestières. Le cas des forestiers de Haute-Normandie. Mémoire de Master 2 EDTS, Muséum national d'Histoire naturelle et AgroParisTech : Paris

Wilson, E. O. 1988. Biodiversity. The National Academies Press : Washington, DC

#### **Sites internet :**

<http://whc.unesco.org/fr/list> / (Patrimoine mondial de l'UNESCO)

[www.mab-france.org](http://www.mab-france.org) (Réserves de Biosphères)

<http://inpn.mnhn.fr/programme/natura2000/presentation/objectifs> (Natura 2000)

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Natura-2000-en-quelques-chiffres.html> (Natura 2000)

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/Presentation-generale\\_24332.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Presentation-generale_24332.html) (sites classés)

<http://inpn.mnhn.fr/programme/espaces-protoges/presentation> (espaces protégés)

[http://www.iucn.org/fr/propos/union/secretariat/bureaux/iucnmed/programme\\_uicn\\_med/especes/methodologie\\_de\\_la\\_liste\\_rouge/](http://www.iucn.org/fr/propos/union/secretariat/bureaux/iucnmed/programme_uicn_med/especes/methodologie_de_la_liste_rouge/) et [http://www.uicn.fr/IMG/pdf/Liste\\_rouge\\_France\\_contexte\\_enjeux\\_et\\_demarche.pdf](http://www.uicn.fr/IMG/pdf/Liste_rouge_France_contexte_enjeux_et_demarche.pdf) (Listes rouges)

<http://www.forêtsanciennes.fr/evaluer/methode/anciennete/>

[www.onf.fr](http://www.onf.fr)

<http://www.arbres.org/association.html>;

<https://naturefrance.fr/>

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-differents-textes-en-vigueur.html>;

<http://www.archeo.ens.fr/spip.php?article349>

<http://refora.online.fr/>

<http://www.forets-sauvages.fr/>

<http://www.parc-pyrenees.com/les-news/1244-leloge-des-vieilles-forets-en-images.html>;

<http://www.sauvegarde-broceliande.org/>

<http://www.euforgen.org/about-us/news/news-detail/iucn-on-track-to-give-protected-status-to-forest-genetic-conservation-units/>

# Annexes

## Sommaire

Annexe 1 - Compte-rendu des réunions du groupe de travail sur les écosystèmes forestiers de l'EFESE.....	254
Annexe 2 – définitions utilisées par les deux principales enquêtes sur l'occupation du sol en France métropolitaine (Teruti-Lucas et Inventaire forestier national) .....	255
Annexe 3 – Le découpage écologique du territoire métropolitain selon les régions forestières, les sylvoécorégions et les grandes régions écologiques .....	256
Annexe 4 : Description des états du schéma états-transitions à partir des résultats de l'inventaire forestier national .....	257
Annexe 5 : Principaux indicateurs de suivi des facteurs de changement et leur disponibilité (forêts métropolitaines) .....	262
Annexe 6 : classification initiale des services écosystémiques et déclinaison pour les forêts métropolitaines.....	263
Annexe 7 : Liste des études régionales centrées sur l'évaluation économique des loisirs en forêt	264
Annexe 8 : Liste et interprétation des statuts de protection réglementaires, contractuels et fonciers considérés .....	266
Annexe 9 : Liste et interprétation des labels considérés .....	268
Annexe 10 : Inventaire des sites du patrimoine mondial de l'UNESCO français comprenant une partie forestière .....	269
Annexe 11 – Inventaire des réserves de biosphère françaises comprenant une partie forestière	270
Annexe 12 – Inventaire des sites classés labellisés « Grands sites de France » comprenant une partie forestière .....	272
Annexe 13 : niveau de service écosystémique ou anthropique pour les états forestiers E1 à E6	273

## **Annexe 1 - Compte-rendu des réunions du groupe de travail sur les écosystèmes forestiers de l'EFESE**

**Réunion n°1 - 16 octobre 2013**

**Réunion n°2 - 21 janvier 2014**

**Réunion n°3 - 13 mai 2014**

**Réunion n°4 - 3 octobre 2014**

**Réunion n°5 - 22 janvier 2015**

**Réunion n°6 - 23 avril 2015**

**Réunion n°7 - 20 octobre 2015**

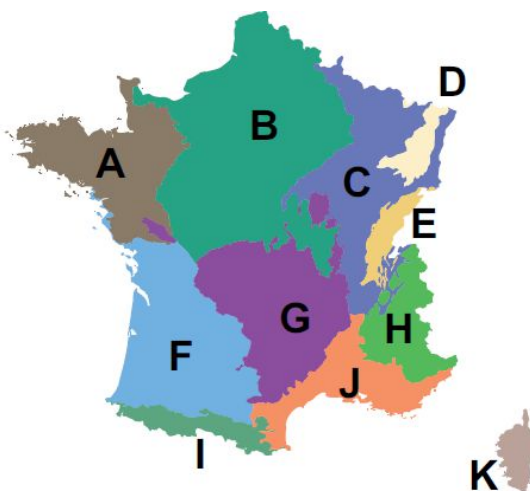
## Annexe 2 – définitions utilisées par les deux principales enquêtes sur l'occupation du sol en France métropolitaine (Teruti-Lucas et Inventaire forestier national)

Teruti-Lucas, Agreste, MAAF	Inventaire forestier national, IGN
<p><b>Forêts</b> Sols boisés d'une surface unitaire d'un seul tenant supérieure à 50 ares. Elles incluent les abris coupe-vent et les corridors d'arbres d'une surface supérieure à 0,50 ha et d'une largeur moyenne (projection des houppiers sur le sol) supérieure à 20 m.</p>	<p><b>Forêt</b> Formation d'au moins 50 ares et de largeur supérieure ou égale à 20 mètres, composée d'arbres capables d'atteindre une hauteur de 5 m à maturité in situ et dont le couvert absolu total est supérieur ou égal à 10%, et de végétaux non cultivés. Les forêts comprennent les « forêts de production » et les « autres forêts ».</p>
<p><b>Forêts de feuillus</b> Forêts dont les essences forestières feuillues représentent 75 % ou plus du total.</p>	<p><b>Peuplement feuillu</b> Peuplement dont le taux de couvert libre relatif des essences feuillues est supérieur à 75%.</p>
<p><b>Forêts de résineux</b> Forêts dont les essences forestières de conifères représentent 75 % ou plus du total.</p>	<p><b>Peuplement résineux</b> Peuplement dont le taux de couvert libre relatif des essences feuillues est inférieur à 25%.</p>
<p><b>Forêts mixtes</b> Forêts dont les feuillus et les conifères ayant accès à la lumière représentent chacun plus de 25 % du total.</p>	<p><b>Peuplement mixtes</b> Peuplement dont le taux de couvert libre relatif des essences feuillues est compris entre 25 et 75%.</p>
<p><b>Peupleraies en plein</b> Forêts de peupliers cultivés plantés à intervalles réguliers et comprenant 3 rangs ou plus.</p>	<p><b>Peupleraies</b> Peuplements occupant une superficie d'au moins 50 ares, un couvert boisé de plus de 10 % et une largeur moyenne d'au moins 20 mètres. Les peupliers cultivés, qu'ils soient plantés ou issus de rejets, représentent au minimum 75 % du couvert relatif du peuplement. Lorsque les arbres sont majoritairement non recensables, au moins 100 tiges par hectare doivent être présentes.</p>
<p><b>Sols boisés à peuplement indéterminé (coupe rase)</b> Surfaces boisées temporairement dépourvues d'arbres, soit par l'action humaine (coupe rase), soit sous l'effet de causes naturelles (incendie, tempête)</p>	<p><b>Peuplements momentanément déboisés</b> Peuplements dans lesquels aucun arbre vif, recensable ou non, n'a été observé sur le point d'inventaire suite à une intervention humaine (coupe) ou un accident (incendie, chablis) ayant conduit à un état déboisé.</p>
<p><b>Bosquets</b> Sols boisés d'une surface unitaire d'un seul tenant comprise entre 5 et 50 ares, et comportant 4 arbres ou plus. On considère que 4 arbres occupent ou occuperont une superficie supérieure à 5 ares, si exceptionnellement, ce n'est pas le cas, on considérera tout de même qu'il s'agit d'un bosquet.</p>	<p><b>Bosquets</b> Territoire occupant une superficie supérieure ou égale à 5 ares et inférieure à 50 ares, comportant au moins 4 arbres non alignés capables d'atteindre une hauteur supérieure à 5 mètres à maturité in situ, un couvert arboré de plus de 40 % et une largeur d'au moins 20 mètres.</p>
<p><b>Landes, friches, maquis, garrigues, savanes</b> Il s'agit des zones appelées selon les régions, landes, friches, maquis, garrigues ou savanes. Elles se caractérisent par la présence d'arbustes et de végétaux ligneux ou semi-ligneux bas (généralement moins de 5 m) sur plus de 20% de la superficie. Il peut aussi y avoir des arbres épars qui couvrent moins de 10% de la superficie.</p>	<p><b>Autres terres boisées (landes arbustives &gt; 50 ares) :</b> L'IGN intègre à la catégorie des « autres terres boisées » tout terrain de superficie au moins égale à 50 ares où croissent des végétaux non cultivés ligneux et où le taux de couvert absolu des arbres est inférieur à 10%.</p>

## Annexe 3 – Le découpage écologique du territoire métropolitain selon les régions forestières, les sylvoécორégions et les grandes régions écologiques

20. L'IGN propose une partition écologique et forestière du territoire métropolitain, composée de plusieurs couches d'information géographique cohérentes : les régions forestières, les sylvoécორégions (SER) et les grandes régions écologiques (GRECO).
21. Les régions forestières ont été définies par l'Inventaire forestier national lors de sa création, afin d'identifier des zones homogènes du point de vue des types de forêts ou de paysages : 309 régions forestières nationales ont ainsi été délimitées sur la base de conditions physiques dominantes (climat, sols, relief), indépendamment de toute limite administrative.
22. Depuis juin 2009, un découpage du territoire métropolitain en sylvoécორégions (SER) est proposé à l'échelle du 1/ 1 000 000. Une SER est définie comme la plus vaste zone géographique à l'intérieur de laquelle les facteurs déterminant la production forestière ou la répartition des habitats forestiers<sup>246</sup> varient de façon homogène entre des valeurs précises, selon une combinaison originale, c'est-à-dire différente de celles des SER adjacentes. On compte actuellement 86 SER, auxquelles il faut ajouter les 5 SER correspondant aux alluvions récentes des grands fleuves français. Elles sont issues dans la majorité des cas de la fusion de plusieurs régions forestières, mais ces dernières ont parfois été fractionnées
23. En parallèle, des grandes régions écologiques (GRECO) ont été définies, liées au découpage macroclimatique, géologique et topographique de la France :
  - 11 GRECO rassemblant 86 sylvoécორégions (SER) regroupant elles-mêmes les 309 régions forestières initiales de l'IFN ;
  - 1 GRECO constituée de 5 SER d'alluvions récentes, azonales, correspondant aux vallées des bassins des grands fleuves français et de leurs affluents, à enjeux populoles et patrimoniaux importants<sup>247</sup>.

### Les grandes régions écologiques (GRECO) définies pour la France métropolitaines



Grande région écologique	Superficie x 1000 ha
A-Grands Ouest cristallin et océanique	5983
B-Centre Nord semi-océanique	14993
C-Grand Est semi continental	7071
D-Vosges	943
E-Jura	963
F-Sud-ouest océanique	8233
G-Massif central	7871
H-Alpes	2903
I-Pyrénées	1538
J-Méditerranée	3568
K-Corse	878
<b>Total France métropolitaine</b>	<b>54944</b>

<sup>246</sup> Un habitat correspond à la combinaison originale entre un milieu de vie physique ou biotope (climat, altitude, caractéristiques du sol, etc.) et les espèces qui s'y épanouissent (la biocénose)

<sup>247</sup> Le croisement des deux couches SER et GRECO traduit parfaitement le principe d'homogénéité écologique présidant à la définition des SER, de sorte qu'il y a 11 + 1, soit 12 GRECO regroupant 86 + 5, soit 91 SER



## Annexe 4 : Description des états du schéma états-transitions à partir des résultats de l'inventaire forestier national

Une description des grands types forestiers est possible à partir des résultats de l'inventaire forestier national. Outre la surface (dont le calcul est expliqué §2.3 du rapport), ces principales caractéristiques sont, en valeur absolue ou rapportées à l'hectare : le volume sur pied V, la production biologique brute annuelle B, la mortalité naturelle annuelle M, la production biologique nette annuelle (B-M), les prélèvements de bois (P), la croissance annuelle de volume sur pied (B-M-P). Se déduisent par ailleurs de ces caractéristiques des indices synthétiques : les taux de mortalité naturelle M/B et de prélèvement P/(B-M), ainsi que les taux rapportant au volume sur pied la mortalité naturelle annuelle M/V et la croissance annuelle de volume sur pied (B-M-P)/V. Ces caractéristiques sont fournies dans le tableau ci-dessous pour toute la forêt métropolitaine (16,4 millions d'hectares) et leur obtention est ensuite détaillée.

**Tableau. Principales caractéristiques des structures forestières métropolitaines**

Source : Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines (édition 2015), IGN  
Résultats standards 2008-2012 et IGN, communication personnelle, 2017

Caractéristiques	E1. Milieux forestiers ouverts	E2. Plantations	E3. Taillis	E4. Futaie semi-naturelle	E5. futaie naturelle	E6. Milieux matures	Total général
<b>Grandeurs absolues</b>							
S : Surface (milliers d'hectares)	0,863	2,073	1,694	10,340	0,608	0,840	16,418
V : Volume sur pied (millions de m3)	19	371	111	1870	77	183	2631
B : Production biologique brute (millions de m3/an)	0,4	23,1	5,4	61,3	1,8	1,9	93,9
M : Mortalité naturelle (millions de m3/an)	0,0	1,0	0,7	6,5	0,3	0,5	9,0
B-M : Production biologique nette (millions de m3/an)	0,4	22,1	4,7	54,8	1,6	1,3	84,8
P : Prélèvements (millions de m3/an)	0,0	14,3	1,2	28,1	0,0	0,0	43,6
B-M-P : Croissance de volume sur pied (millions de m3/an)	0,4	7,8	3,5	26,7	1,6	1,3	41,2
<b>Grandeurs à l'hectare</b>							
V/S : Volume sur pied (m3/ha)	22	179	66	181	127	218	160
B/S : Production biologique brute (m3/ha/an)	0,5	11,1	3,2	5,9	3,0	2,2	5,7
M/S : Mortalité naturelle (m3/ha/an)	0,0	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5
(B-M)/S : Production biologique nette (m3/ha/an)	0,5	10,6	2,8	5,3	2,5	1,6	5,2
P/S : Prélèvements (m3/ha/an)	0,0	6,9	0,7	2,7	0,0	0,0	2,7
(B-M-P)/S : Croissance de volume sur pied (m3/ha/an)	0,5	3,7	2,1	2,6	2,5	1,6	2,5
<b>Indices synthétiques</b>							
Taux de mortalité naturelle	0,0%	4,5%	12,5%	10,7%	14,0%	28,0%	9,6%
Taux de prélèvement	0%	65%	25%	51%	0%	0%	51%
Taux de mortalité du volume sur pied	0,0%	0,3%	0,6%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Taux de croissance du volume sur pied	2,1%	2,1%	3,2%	1,4%	2,0%	0,7%	1,6%

## Rappels des définitions des états et caractérisation de leur surface

NB : La référence IGD 2015 renvoie à l'édition 2015 des indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines (Maaf, IGN, 2016) et donc aux campagnes d'inventaire 2008 à 2012.

- **Milieux forestiers ouverts (E1)**

Du point de vue de l'information statistique, ils sont caractérisés à partir des trois catégories suivantes distinguées par l'Inventaire forestier national réalisé par l'IGN (voir IGD 2015, indicateur 1.1.3.a pages 49 :  $0,135 + 0,039 + 0,689 = \mathbf{0,863 \text{ Mha}}$ ) :

- Boisé sans structure identifiable : cette catégorie regroupe des peuplements ayant momentanément peu de couvert
- Momentanément déboisé (après coupe rase le plus souvent)
- Forêt ouverte (couvert des arbres inférieur à 40%)

- **Milieux forestiers fermés (non matures)**

Les milieux forestiers fermés correspondent à des peuplements encore jeunes ou déjà adultes dont le taux de couvert des arbres est fort ( $\geq 40\%$ ). Ils peuvent être ventilés en plusieurs types de forêts qui se distinguent par leur mode de renouvellement (témoignant également d'un gradient d'intensité des pratiques) :

- **Les plantations (E2)** : les arbres sont issus de plants ou de semis de graine (régénération artificielle) ; leur surface est fournie par l'IGN (IGD 2015, indicateur 4.3.a, page 196 : **2, 073 Mha**) ;
- **Les taillis (E3)** : les arbres sont en général issus de rejets de souche et comprennent une à plusieurs tiges (régénération par recépage) qui ont toutes le même âge ; leur surface est fournie par l'IGN (IGD 2015, indicateur 1.1.3.a, page 49 : **1,694 Mha**)
- **Les autres forêts gérées (E4)** : elles comprennent des peuplements réguliers ou plus ou moins irréguliers dont les arbres sont issus d'un processus naturel spontané ou aidé permettant le renouvellement de la forêt par semence issue des arbres sur pied (régénération naturelle) et éventuellement aussi par recépage (cas des taillis-sous-futaie ou mélange taillis-futaie) ; leur surface est obtenue par déduction à partir de la surface totale des forêts de 16,418 Mha ;
- **Les forêts « naturelles » jeunes à adultes (E5)** : forêts non destinées à être exploitées ; elles appartiennent à la catégorie « Forêt non disponible pour la production dont la surface totale est fournie par l'IGN (IGD 2015, indicateur 1.1.c, page 37 ; cette surface totale n'est que partiellement affectée aux forêts fermées non matures, à raison de 75% :  $0,75 \times 0,811 = \mathbf{0,608 \text{ Mha}}$ ) ;

- **Milieux forestiers matures (E6)**

Les milieux forestiers matures correspondent à des peuplements de fin de cycle forestier (état généralement tronqué en forêt gérée) et comprennent (i) des peuplements de forêt gérée ayant dépassé l'âge d'exploitabilité suite à un retard ou un arrêt d'exploitation et (ii) à des forêts naturelles âgées. Ces milieux sont décrits à partir des surfaces portant de très gros bois (de diamètre à hauteur de poitrine supérieur à 67,5 cm pour la catégorie (i) et des 25% restants des forêts non disponibles pour la production :  $0,637 + 0,25 \times 0,811 = \mathbf{0,840 \text{ Mha}}$ . La surface portant les très gros bois est estimée de la façon suivante :

- on calcule la hauteur de forme (rapport du volume à la surface terrière) à partir des données disponibles en ligne pour respectivement pour les très gros bois (8,75) et l'ensemble des petits, moyens et gros bois (7,50) ;
- on l'applique à la répartition du volume sur pied pour l'année moyenne 2010 de manière à obtenir la surface terrière respective des très gros bois (16,8 Mm<sup>2</sup>) et de l'ensemble petits, moyens et gros bois (315,8 Mm<sup>2</sup>) ;
- on répartit au prorata de la surface terrière la surface des forêts de production avec couvert recensable entre les deux catégories de dimension constituées, en pondérant les surfaces de façon telle que la surface terrière à l'hectare soit 15% plus élevée pour les très gros bois que pour l'ensemble des petit, moyens et gros bois, tenant compte en cela des résultats obtenus par Pernot C., Paillet Y., Boulanger V.,

Debaive N., Fuhr M., Gilg O., Gosselin F. (2013) et présentés dans leur article de la Revue forestière française (n°5-2013, pp. 445-461) : Impact de l'arrêt d'exploitation forestière sur la structure dendrométrique des hêtraies mélangées en France.

En résumé, on obtient les surfaces suivantes en millions d'hectares

<p><b>E1</b>  <b>Milieux forestiers ouverts :</b>  <b>0,863 Mha</b>  <i>sans structure identifiable :</i>  <i>0,135 (IGD 1.1.3)</i>  <i>momentanément</i>  <i>déboisés : 0,39 (IGD 1.1.3)</i>  <i>forêt ouverte : 0,689 (IGD 1.1.3)</i></p>	<p><b>E2</b>  <b>Plantations fermées :</b>  <b>2,073 Mha</b>  <i>(IGD 4.2)</i></p>	<p><b>E6</b>  <b>Milieux forestiers matures</b>  <b>0,840 Mha</b>  <i>25% des forêts non disponibles</i>  <i>pour la production : 0,203</i>  <i>Surface occupée par les très gros</i>  <i>bois : 0,636</i></p>
	<p><b>E3</b>  <b>Taillis fermés :</b>  <b>1,694 Mha</b>  <i>(IGD 1.1.3)</i></p>	
	<p><b>E4</b>  <b>Autres forêts gérées</b>  <b>10,340 Mha</b>  <i>Solde des surfaces de forêts pour</i>  <i>atteindre le total de 16,418 Mha</i></p>	
	<p><b>E5</b>  <b>Forêts naturelles jeunes et adultes</b>  <b>0,608 Mha</b>  <i>75% des forêts non disponibles pour la</i>  <i>production : 0,75 x 0,811 (IGD 1.1)</i></p>	

#### Caractérisation des volumes sur pied des différents états.

Les volumes sur pied présents dans certains des états sont renseignés aussi à partir des IGD 2015, mais pas l'information correspondante ne figure pas systématiquement. Deux autres sources de données sont alors utilisées, toutes deux issues de l'IGN : (i) les données consultables en ligne, notamment dans les tableaux standards (une version ancienne compatible avec les IGD 2015 parce qu'elle porte aussi sur les campagnes 2008 à 2012, donc centrées sur 2010 a été utilisée) ; (ii) des résultats communiqués directement par le Service de l'inventaire forestier et environnemental de l'IGN.

- **Milieux forestiers ouverts (E1)**

Les indications en volume des trois composantes de cet état sont données dans les IGD 2015 (indicateur 1.2.1.a, page 62 :  $6 + 0 + 13 = 19 \text{ Mm}^3$ ).

- **Milieux forestiers fermés (non matures)**

- **Les plantations (E2)** : leur volume n'est pas fourni directement par l'IGN ; Une communication particulière de l'IGN a permis de quantifier à partir des campagnes 2011-2015 (donc pour l'année moyenne 2013), les variables V, B, M, P ; le volume sur pied pour 2010 a alors été obtenu par :  $V(2010) = V(2013) - 3(B-M-P)$ . A partir du volume sur pied de 2013 ( $394 \text{ Mm}^3$ ), on obtient alors le volume sur pied de 2010 :  **$370 \text{ Mm}^3$** .
- **Les taillis (E3)** : leur volume sur pied est donné par l'IGN (IGD 2015, indicateur 1.2.1.a, page 62 :  **$111 \text{ Mm}^3$** )
- **Les autres forêts gérées (E4)** : leur volume est obtenu par déduction à partir du volume total des formations de production de  $2\,518 \text{ Mm}^3$  soit finalement :  $2\,518 - 19 - 373 - 111 - 73 - 147 = 1\,795 \text{ Mm}^3$  ;
- **Les forêts « naturelles » jeunes à adultes (E5)** : leur volume n'est pas mesuré par l'inventaire forestier national ; elles sont majoritairement situées dans le sud de la France en Provence-Alpes Côte d'Azur, Corse, Alpes et Pyrénées... où la productivité moyenne des forêts est plus faible que la moyenne et celle des forêts naturelles encore plus faible ; une estimation de cette productivité est faite ici à la moitié de la productivité moyenne des forêts semi-naturelles (hors plantations, taillis, milieux

ouverts ou matures) ; comme ces forêts ne font pas l'objet d'une production, leur volume sur pied est plus important que si elles étaient exploitées mais relativement faible du fait de leur faible productivité ; il sera pris ici égal à 70% du volume moyen sur pied des forêts semi-naturelles qui s'élève à  $(2\,518-19-373-111-147)/(15,607-0,863-2,073-1,694-0,636) = 180 \text{ m}^3/\text{ha}$ , soit un volume moyen sur pied de  $126 \text{ m}^3/\text{ha}$  et, pour la surface concernée de 0,608 Mha un volume de **77 Mm<sup>3</sup>**.

- **Milieux forestiers matures (E6)**

Le volume des très gros bois mesurés par l'inventaire forestier national s'élève à 147 Mm<sup>3</sup>, soit 231 m<sup>3</sup>/ha. Il faut ajouter le volume des formations naturelles de protection non inventoriées matures d'une surface estimée à 0,203 Mha. On suppose que le volume sur pied à l'hectare correspondant est intermédiaire entre celui des formations naturelles plus jeunes et celui des très gros bois, soit 196 m<sup>3</sup>/ha. On trouve ainsi 36 Mm<sup>3</sup> et au total **183 Mm<sup>3</sup>**.

En résumé, on obtient les volumes suivants en millions de mètres cubes et mètres cubes à l'hectare :

<p><b>E1</b>  <b>Milieux forestiers ouverts :</b>  <b>19 Mm<sup>3</sup> (22 m<sup>3</sup>/ha)</b>  <i>sans structure identifiable :</i>            6 Mm<sup>3</sup> (44 m<sup>3</sup>/ha) (IGD 1.1.3)  <i>momentanément</i>  <i>déboisés :</i> 0 Mm<sup>3</sup> (0 m<sup>3</sup>/ha)            (IGD 1.1.3)  <i>forêt ouverte :</i> 13 Mm<sup>3</sup>            (19 m<sup>3</sup>/ha) (IGD 1.1.3)</p>	<p><b>E2</b>  <b>Plantations fermées :</b>  <b>370 Mm<sup>3</sup> (178 m<sup>3</sup>/ha)</b>  <i>(IGN, comm.)</i></p>	<p><b>E6</b>  <b>Milieux forestiers matures</b>  <b>183 Mm<sup>3</sup> (218 m<sup>3</sup>/ha)</b>  <i>Forêts non disponibles pour la</i>  <i>production :</i> 36 Mm<sup>3</sup>            (177 m<sup>3</sup>/ha) (estim.)  <i>Très gros bois :</i> 147 Mm<sup>3</sup>            (231 m<sup>3</sup>/ha) (IGD 1.3)</p>
	<p><b>E3</b>  <b>Taillis fermés :</b>  <b>111 Mm<sup>3</sup> (66 m<sup>3</sup>/ha)</b>  <i>(IGD 1.2.1)</i></p>	
	<p><b>E4</b>  <b>Autres forêts gérées</b>  <b>1 871 Mm<sup>3</sup> (181 m<sup>3</sup>/ha)</b>  <i>Solde des volumes de bois sur pied pour</i>  <i>atteindre le total des forêts de</i>  <i>production de 2 518 Mm<sup>3</sup></i></p>	
	<p><b>E5</b>  <b>Forêts naturelles jeunes et adultes</b>  <b>77 Mm<sup>3</sup> (126 m<sup>3</sup>/ha)</b>  <i>Pro rata du volume moyen à l'hectare</i>  <i>des forêts semi-naturelles.</i></p>	

### Caractérisation des flux (production, mortalité, prélèvements) des différents états.

Les relatifs aux différents des états sont renseignés principalement à partir des résultats standards en ligne, de résultats communiqués directement par le Service de l'inventaire forestier et environnemental de l'IGN et pour le reste à l'aide d'estimations complémentaires.

- **Milieux forestiers ouverts (E1)**

Leur production est issue de la différence entre production de l'ensemble des forêts et production des forêts fermées. Elle est évaluée à 0,4 Mm<sup>3</sup>/an. La mortalité est considérée négligeable, de même que les prélèvements.

- **Milieux forestiers fermés (non matures)**

- **Les plantations (E2) :** leurs production, mortalité et prélèvements à l'hectare sont estimés par l'IGN respectivement à 23,1 Mm<sup>3</sup>/an, 1,0 Mm<sup>3</sup>/an, 14,3 Mm<sup>3</sup>/an ;
- **Les taillis (E3) :** leurs production, mortalité et prélèvements à l'hectare sont estimés par l'IGN respectivement à 5,4 Mm<sup>3</sup>/an, 0,7 Mm<sup>3</sup>/an, 1,2 Mm<sup>3</sup>/an ;
- **Les autres forêts gérées (E4) :** les flux y sont estimés par déduction des autres formations à partir des flux des formations de production ;
- **Les forêts « naturelles » jeunes à adultes (E5) :** leur production à l'hectare est estimée à la moitié de la production moyenne des forêts semi-naturelles (hors

plantations, taillis, milieux ouverts ou matures) ; la mortalité y est estimée à 14% de la production brute après régression sur quelques formations du taux de mortalité sur le taux de prélèvement.

- **Milieux forestiers matures (E6)**

Leur production est évaluée par l'IGN pour les très gros bois ; pour les formations naturelles non encore matures, la production à l'hectare est supposée égale à la moitié de ce qu'elle est pour les très gros bois (en cohérence avec ce qui a été fait pour les formations plus jeunes). La mortalité est supposée doubler par rapport à ce qu'elle est dans les formations plus jeunes pour atteindre en moyenne 28% de la production brute.

## Annexe 5 : Principaux indicateurs de suivi des facteurs de changement et leur disponibilité (forêts métropolitaines)

Tableau :

Disparition et dégradation des habitats forestiers	Gestion et exploitation	Changement climatique et risques climatiques	Pollution	Introduction d'espèces
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Surfaces forestières converties à d'autres usages (SSP – Teruti Lucas ; IGN)</li> <li>● surfaces d'habitats spécifiques (ex : forêt rivulaire) (IGN)</li> <li>● surfaces par taille de massif (IGN)</li> <li>● taille effective de la maille des espaces naturels (IGN)</li> <li>● Longueur totale de lisière selon le type d'interface (IGN)</li> <li>● Impact des populations d'ongulés sauvages sur la régénération forestière</li> <li>● Forêts endommagées par les insectes ravageurs et champignons (DSF) ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Naturalité : proportion de forêts gérées et de plantations (IGN)</li> <li>● surface de peuplements constitués principalement d'essences introduites (IGN)</li> <li>● taux de prélèvement (IGN)</li> <li>● taille des arbres en forêt (IGN)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Incendies : surface détruite par le feu, nombre de feux (Ministères de l'agriculture et de l'intérieur)</li> <li>● Surface sensible au feu (Météo-France, Medde/Onerc)</li> <li>● Surfaces forestières et volumes de bois endommagés par les tempêtes (IGN)</li> <li>● Dommages occasionnés par des sécheresses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dépôts de polluants atmosphériques (souffre, azote) (Renecofor/ONF)</li> <li>● Acidité des sols (pH, saturation en base)</li> <li>● Surfaces affectées par un dépassement de charge critique (azote et acidification)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nombre d'espèces envahissantes en forêt, surfaces affectées et taux de recouvrement</li> <li>● Surface des plantations forestières (IGN)</li> </ul>

Légende :

- Indicateur publié, disponible immédiatement
- Indicateur envisageable à moyen terme (données en cours d'acquisition, travaux méthodologiques ou de recherche en cours, etc.)
- Indicateur pouvant être envisagé uniquement à long terme (données à acquérir)

## Annexe 6 : classification initiale des services écosystémiques et déclinaison pour les forêts métropolitaines

Catégorie de service	Sous-catégorie de service	Titre du service
Régulation des nuisances résultant des activités humaines	Nuisances sonores, olfactives, visuelles et sanitaires	Régulation des nuisances sonores, olfactives, visuelles et sanitaires
Régulation des flux	Flux solides	Protection contre les risques naturels (avalanches, blocs, protection du littoral...)
		Conservation des sols (érosion)
	Flux liquides	Régulation de la distribution d'eau (et atténuation du risque d'inondation)
	Flux gazeux	Effet brise-vent
Maintien du bon état des écosystèmes	Habitats, espèces et gènes	Régulation des espèces défavorables / favorables aux cultures (pathogènes, ravageurs, pollinisateurs)
		Régulation des espèces envahissantes (en forêt/hors forêt)
		Régulation des pathogènes et espèces défavorables à la santé humaine
	Sol	Maintien du bon état des sols, phytoremédiation
	Eau	Maintien de la bonne qualité de l'eau et épuration
	Air	Régulation du climat global
		Régulation du climat local
Maintien de la qualité de l'air (filtration)		
Alimentation humaine et animale	Biomasse	Alimentation humaine (gibier, produits de cueillette)
		Alimentation animale (sylvo-pastoralisme)
	Eau	Eau potable
Matériaux ( <i>hors ressources minières</i> )	Biomasse	Matériaux : bois
		Autres matériaux forestiers (ex : liège)
		Ressources pharmaceutiques
		Éléments décoratifs (ex : « sapin de Noël »)
Energie	Biomasse	Bois – énergie
Interactions physiques et intellectuelles avec les écosystèmes et les paysages terrestres et marins	Interactions physiques et expérientielles	Chasse
		Autres loisirs (promenade, pratiques sportives, pêche, cueillette...)
		Ecotourisme en forêt
	Interactions scientifiques et éducatives	Interactions scientifiques et éducatives
Interactions esthétiques	Paysages	

## Annexe 7 : Liste des études régionales centrées sur l'évaluation économique des loisirs en forêt

ETUDES REGIONALES	REGION	METHODE	REFERENCE DETAILLEE
INRA, 1979	Ile de France	Coûts de transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>INRA 1979. La Forêt et la ville. Essai sur la forêt dans l'environnement urbain et industriel. 1-120. INRA, Station de Recherches sur la forêt et l'environnement. chapitre 5. Estimation de la valeur des services récréatifs rendus par les forêts périurbaines.</li> </ul>
Després et Normandin, 1998 (1/2)	Lorraine	Coûts de transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normandin, 1998, Opinion et Attitudes des Lorrains par rapport à la l'environnement et la forêt. Le Courrier de l'Environnement de l'INRA n°34. 5p.</li> <li>Després A, Normandin D. 1998. Une évaluation de la demande sociale de services environnementaux de la forêt Inra sciences sociales 2 1998/06</li> <li>Després A. 1998. Non-market benefits of forestry in managed forests and valuation methods: the case of forests in Lorraine (France). In: Institutional aspects of managerial economics and accounting in forestry. IUFRO division 4. Human capital and mobility programme. Project: the economics of managerial and mountainous areas and forests – timber – environmental systems 15-18 April 1998. Roma. Italia.</li> </ul>
Marchesi, 2000 (1/2)	Lorraine	Coûts de transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marchesi, 2000, Evaluation des services environnementaux des forêts en Lorraine. Rapport de fin d'études promotion FIF 1997-99. Engref. 59p. + annexes</li> </ul>
Peyron, 2001	Lorraine	Coûts de transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>IFEN. 2002 Rapport de la Commission des Comptes et de l'Economie de l'Environnement sur la forêt Chapitre 3 : Fonctions et services non marchands de la forêt. pp.83-124</li> <li>Peyron, 2001 Première évaluation économique globale des dégâts forestiers dus aux tempêtes de décembre 1999, Rapport de fin d'étude pour le compte du ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 42p</li> </ul>
Dehez, 2003	Aquitaine	Méthode basée sur l'évaluation des coûts de production/approche par l'offre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dehez J. (2003), Analyse économique des coûts de gestion des zones côtières protégées. - Le cas des forêts domaniales de Gironde. Thèse pour le doctorat de Sciences économiques, Université Montesquieu Bordeaux 4, Bordeaux</li> </ul>
Hamadé, 2013 (1/2)	Guadeloupe	Coûts de transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hamadé F. 2013. Etude "approche des éléments de la valeur économique totale du parc national de la Guadeloupe." Module 34. Synthèse. 23p.</li> </ul>
Landrieu, 2013 (1/2)	Port Cros	Coûts de transport +Prix de marché	<ul style="list-style-type: none"> <li>Landrieu G. 2013. L'évaluation de la valeur économique des parcs nationaux, en particulier du parc national de Port-Cros : un exercice nécessaire mais délicat. Scientific report Port-Cros National park, 27. 377-414.</li> </ul>
Abildtrup <i>et al.</i> , 2015a (1/2)	Lorraine	Coûts de transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abildtrup, J. Olsen, SB, Stenger, A. 2015. Combining RP and SP data while accounting for large choice sets and travel mode – an application to forest recreation. Journal of environmental economics and policy. 4(2): 177-201.</li> </ul>
Dehez and Lyser, 2014	Aquitaine	Méthode basée sur l'évaluation des coûts/approche par l'offre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dehez J. and Lyser S. 2014. Combining multivariate analysis and cost analysis in outdoor recreation planning. Journal of outdoor recreation and tourism. 7-8. 75-88.</li> </ul>



Bonnieux et Guerrier, 1992	Bretagne	Evaluation contingente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bonnieux F, Guerrier C. Rapport sur la fréquentation des forêts de Rennes INRA. Rennes.1992.</li> <li>Bonnieux et Rainelli, 1996. Aménités rurales des zones humides et des forêts périurbaines en France, in : Les Aménités Pour le Développement Rural, Exemples de politiques. OCDE, pp.87-97</li> </ul>
Scherrer, 2002	Ile de France	Evaluation contingente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scherrer S. 2002a, Les Pertes d'Usage Récréatif du Patrimoine Forestier Après les Tempêtes de 1999: Le Cas de la Forêt de Fontainebleau. Economie et Statistique 357-358. pp. 153-172.</li> <li>Scherrer S. 2002b, Evaluation économique des pertes d'usage dues aux tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999 : le cas de la forêt de Fontainebleau. Document de travail de la Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale. Ministère de l'environnement. 97p</li> </ul>
Rulleau, 2008	Aquitaine	Expérimentation des choix + Evaluation contingente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rulleau B, 2008. Services récréatifs en milieu naturel littoral et évaluation économique multi-attributs de la demande. Thèse de doctorat université bordeaux 4. Faculté de sciences économiques et de gestion.</li> <li>Rulleau, B, Dehez, J. Point, P. 2009 Approche multidimensionnelle de la valeur économique des loisirs de nature. Economie et Statistiques n°421</li> <li>Rulleau B., Dehez J., Point P. (2011), "The Tourist Recreational Demand for Coastal Forests: Does Forest Really Matter ?", <i>Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement</i>, 92(3), p.291-310.</li> <li>Rulleau B., Dehez J., Point P. (2010), "Une approche multi-attributs de la demande de loisirs sur les espaces naturels : l'exemple de la forêt publique", <i>revue Française d'Economie</i>, 1(XXV), p.175-212.</li> </ul>
Gadaud, 2009	Aquitaine	Evaluation contingente/approche par l'offre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gadaud, J. 2009. Analyse économique de l'approche contractuelle de l'offre récréative en forêt privée : le cas des forêts privées d'Aquitaine. Thèse de doctorat université bordeaux 4. Faculté de sciences économiques et de gestion.</li> <li>Rambonilaza, M. Gadaud, J. Point. P. 2008. Contractualiser l'ouverture des forêts privées au public ? <i>Revue Française d'Economie</i> n°1 vol XXIII</li> <li>Gadaud, J., Rambonilaza, M. 2010. Amenity values and payment schemes for free recreation services from non-industrial private forest properties : a French case study. <i>Journal of forest economics</i> 16. 297-311.</li> </ul>
Abildtrup et al., 2013b	Lorraine	Expérimentation des choix	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abildtrup, J. Garcia S. Olsen, SB, Stenger, A. 2013. Spatial preferences heterogeneity in forest recreation. <i>Ecological economics</i>. 92. 67-77.</li> <li>Abildtrup, J. Garcia S. Olsen, SB, Stenger, A. 2013. Spatial preferences heterogeneity in forest recreation. <i>Cahier du LEF</i> 2013-01. 26p.</li> </ul>
Abildtrup et al., 2015a (2/2)	Lorraine	Expérimentation des choix +coûts de transport combiné à l'expérimentation des choix	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abildtrup, J. Olsen, SB, Stenger, A. 2015. Combining RP and SP data while accounting for large choice sets and travel mode – an application to forest recreation. <i>Journal of environmental economics and policy</i>. 4(2): 177-201.</li> </ul>
Bonnieux et Rainelli, 2003	Bretagne	Transfert de bénéfices	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bonnieux F., Rainelli P., 2003, La technique des Transferts dans l'Evaluation des Biens Non-Marchands: Une Application. <i>Revue d'Economie Régionale et Urbaine</i> n°2, pp 187.208.</li> </ul>

## Annexe 8 : Liste et interprétation des statuts de protection réglementaires, contractuels et fonciers considérés<sup>248</sup>

Statut de protection	Texte réglementaire	Éléments concernés	Valeur associée	Éléments d'évaluation
Parcs nationaux (coeur et réserves intégrales)	Code de l'environnement - art. 331	Espaces terrestres ou maritimes	Reconnaissance d'un « intérêt spécial du milieu naturel, particulièrement la faune, la flore, le sol, le sous-sol, l'atmosphère et les eaux, les paysages et, le cas échéant, le patrimoine culturel qu'ils comportent ».	En 2015, 0,6 % des surfaces métropolitaines (ONB, 2017).
Réserve biologique (dirigée ou intégrale)				En 2015, 0,2 % des surfaces métropolitaines (ONB, 2017), toutes les RBD étant en forêt publique.
Réserve naturelle nationale ou régionale (y compris de Corse), parties intégrales	Code de l'environnement - art. 332	Parties du territoire terrestre ou maritime d'une ou de plusieurs communes	Rareté et qualités remarquables d'espèce ou habitats, importance du point de vue des études scientifiques ou techniques indispensables au développement des connaissances humaines et rôle écologique fonctionnel particulier (couloir migratoire, etc.) (art. L332-1)	En 2015, 0,5 % des surfaces métropolitaines (ONB, 2017). En forêt domaniale, les réserves naturelles couvrent 15 500 ha dont 1 700 ha pour la réserve d'Hourtin, et 22 500 ha en forêt des collectivités. <sup>249</sup>
Arrêté de protection de biotope, d'habitat naturel ou de site d'intérêt géologique				En 2015, les arrêtés de protection de biotope couvrent 0,5 % des surfaces métropolitaines (ONB, 2017).
Espaces boisés inscrits et classés	Code de l'environnement - art. L341-1 (V)	Arbres et espaces boisés	Intérêt général au point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque	IGD, 2004.
Réserve nationale de chasse et faune sauvage				
Espaces naturels sensibles	Code de l'urbanisme	arbres et espaces boisés	Reconnaissance de la rareté et de la vulnérabilité	
Réserves biologiques forestières		sites		

<sup>248</sup>Protections réglementaires ou au titre de conventions et engagements européens et internationaux. Les statuts de protection ne concernant pas la forêt ou justifiés par un seul rôle fonctionnel ne sont pas relevés ici mais dans les chapitres précédents (reconnaissance du service écosystémique de protection contre les risques et de régulation de l'érosion des forêts de protection par exemple).

<sup>249</sup>Jurisqueur, 2016.

Sites Natura 2000 (ZSC et ZPS)	<p>Cons. CE, dir. 79/409/CEE, 2 avr. 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages</p> <p>Cons. CE, dir. 92/43/CEE, 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages</p>	Sites et espèces	Reconnaissance de valeurs patrimoniales (« patrimoine commun »), rôle fonctionnel.	18 % de la surface forestière abrite des sites Natura 2000 contre 10 % de la surface non forestière, ceci alors même que les terres non forestières (agriculture, landes, friches...) couvrent 34 % de la surface non artificialisée. 46 % des sites Natura 2000 en France sont ainsi accueillis en forêt. 36 % de la superficie des forêts domaniales, 22 % de la superficie des forêts des collectivités et 15 % de la surface des forêts privées (alors que celles-ci représentent les deux tiers de la surface forestière en Métropole).
Espèces protégées	Code de l'environnement - art. 411	habitats naturels, espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées	Dimension patrimoniale, intérêt scientifique, rôle fonctionnel.	
Parc national, aire d'adhésion	Protection contractuelle prévue par le Code de l'environnement - art. 331	Sites		
Parc naturel régional	Protection contractuelle prévue par le Code de l'environnement - art. 333	Sites	Intérêt particulier du patrimoine naturel et culturel ainsi que des paysages (art. L333-1).	Contacteur antenne nationale PNR ? Surface totale de forêt, p. 223 des IGD 2015.
Terrains acquis par le Conservatoire du Littoral	Maîtrise foncière	Sites naturels et biens culturels qui s'y rapportent		
Terrain acquis (ou assimilé) par un Conservatoire d'Espaces Naturels	Maîtrise foncière	Sites		

Sources : *Jurisque* ; Gosselin et Gosselin (2010)

## Annexe 9 : Liste et interprétation des labels considérés<sup>250</sup>

Label	Nature et source de la labellisation	Éléments concernés	Valeurs associées	Éléments d'évaluation
ZNIEFF	Qualification à dire-d'expert (MNHN)	Sites	Fonctions écologiques (« intérêt écologique floristique ou faunistique »)	
Site labellisé « Grand site de France »			« des valeurs affirmées et partagées du patrimoine forestier : biodiversité, paysages, éléments culturels et sylvicoles, patrimoine social » (Charte Grand Site de France)	
Site inscrit sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO (naturel ou mixte)				
Réserves de biosphère				
Arboretum d'intérêt national.				En forêt publique on dénombre 144 arboretums dont 15 peuvent être considérés comme des sites d'intérêt national.
Forêt publique d'exception				
Forêt ancienne				
Espèce menacée	Listes rouges de l'UICN			
Espèce emblématique				
Arbre remarquable en forêt publique	Label attribué par une association (Arbre Remarquable de France) en lien avec l'ONF (en forêt publique).	Arbre ou alignement d'arbres.	Valeur historique, esthétique ou spirituelle marquée .	

<sup>250</sup> Protections réglementaires ou au titre de conventions et engagements européens et internationaux.

## Annexe 10 : Inventaire des sites du patrimoine mondial de l'UNESCO français comprenant une partie forestière

Sites du patrimoine mondial en France	Patrimoine naturel et/ou culturel	Caractérisation
Golfe de Porto : calanche de Piana, golfe de Girolata, réserve de Scandola Corse	Naturel	La réserve, qui fait partie du parc naturel régional de Corse, occupe la presqu'île de la Scandola, impressionnant massif de porphyre aux formes tourmentées. Sa végétation est un remarquable exemple de maquis : le maquis est intégré au périmètre de cette étude et entre dans la catégorie des « autres terres boisées » (cf. Chap. 1).
Pyrénées – Mont Perdu	Naturel et culturel	Paysage de montagne exceptionnel (Pyrénées) qui témoigne du mode de vie pastoral avec des prairies, des lacs, des grottes et des forêts. La notion de « paysage culturel » intègre des valeurs naturelles (grand intérêt pour la science et la conservation) et des valeurs culturelles (mode de vie montagnard)
Val de Loire entre Sully-sur-Loire et Chalonnes	Culturel	Paysage culturel exceptionnel comprenant des villes et villages historiques, de grands monuments architecturaux (les châteaux) et leur environnement physique. Le domaine de Chambord (parc forestier de près de 5 500 ha) abrite de nombreuses espèces remarquables.
Pont du Gard	Culturel	Le Pont du Gard, inscrit sur la Liste du patrimoine mondial par l'UNESCO depuis 1985, est le monument antique le plus visité de France. Labellisé Grand Site de France avec un périmètre de 165 hectares, c'est un espace naturel sensible composé de paysages méditerranéens intimement liés au Pont. Le site présente des ambiances caractéristiques, différentes pour chaque rive du Gardon (garrigue, falaises et grottes, forêts de chênes verts, parcelles agricoles).

## Annexe 11 – Inventaire des réserves de biosphère françaises comprenant une partie forestière

Sites	Localisation	Lien avec la forêt <sup>251</sup>	Prégnance de la forêt
Marais Audomarois	Départements du Nord et du Pas-de-Calais	Modéré	Il s'agit avant tout d'une vaste zone humide cultivée, mais qui comprend des éléments de paysage diversifiés (marais, 700 km de canaux, pelouses, zones boisées, <i>etc.</i> ). Le site comprend notamment un massif forestier humide, la forêt de Rihoult-Clairmarais. Ces multiples facettes paysagères conviennent à une grande diversité d'espèces (faune, flore, fonge).
Cévennes	Au sud du massif central. Départements de l'Ardèche, du Gard et de la Lozère	Fort	Paysages montagneux où les activités agropastorales extensives ont favorisé le maintien ou la restauration de milieux ouverts. La prégnance de la forêt est importante : l'enfrichement et l'embroussaillage du territoire se fait à un rythme accéléré et la lutte contre la fermeture des milieux (par le maintien des activités humaines extensives) est l'un des enjeux principaux de la réserve.
Bassin de la Dordogne	Bassin de la Dordogne (Puy de Dôme, Cantal, Corrèze, Lot, Dordogne et Gironde)	Modéré	Il s'agit d'un bassin fluvial au sein duquel existent de nombreuses activités touristiques, agricoles mais aussi sylvicoles. L'une des huit orientations de la réserve concerne d'ailleurs directement la forêt : « œuvrer pour une forêt productive ». Les usages et enjeux écologiques et socio-économiques sont néanmoins largement centrés sur la rivière Dordogne et ses affluents.
Vallée du Fango	Bassin versant du Fango (torrent de montagne) Corse	Fort	Le territoire comprend l'ensemble du bassin versant du Fango, depuis sa source en montagne jusqu'à la mer méditerranéenne. Les paysages escarpés s'étalent sur 2500 mètres de dénivelé et présentent des milieux diversifiés, dont une futaie de chêne vert (yeuseraie) éminemment remarquable considérée comme l'une des plus anciennes du bassin méditerranéen. La réserve est le siège (i) d'activités économiques qui reposent essentiellement sur l'élevage et le tourisme, et (ii) de recherches et suivis scientifiques, avec notamment un programme dédié à la régénération des forêts de chêne vert.
Fontainebleau et Gâtinais	A 60 km au sud de Paris, Seine et Marne (91), Essonne (77)	Fort	La réserve comprend trois grands ensembles : une grande moitié ouest à dominante agricole, l'emblématique forêt de Fontainebleau au centre, et le Val de Seine à l'est. Le territoire recèle également une grande variété d'habitats naturels, dont des habitats forestiers spécifiques tels que des landes humides, des forêts de ravin, des boisements anciens. Au total, 45% de la surface de la réserve est constitué d'espaces boisés. La forêt de Fontainebleau joue évidemment un rôle économique (chasse, tourisme, exploitation forestière) et social (loisirs, éducation) central. Au total, 17 millions de visiteurs s'y rendent chaque année.
Gorges du Gardon	Département du Gard	Fort	Haut lieu de la biodiversité, la réserve de biosphère des gorges du Gardon s'étend sur plus de 45 000 hectares mariant garrigues, yeuseraies et plaines agricoles. Espaces naturels et activités humaines y sont étroitement liés. La prégnance des espaces boisés est importante et l'un des enjeux principaux de la réserve consiste en la reconquête de milieux de garrigues par le pastoralisme pour lutter contre la fermeture des paysages.

<sup>251</sup> Un lien fort marque la nécessité de la forêt dans la reconnaissance du site (la reconnaissance du site n'aurait vraisemblablement pas eu lieu sans ses forêts), alors qu'un lien modéré témoigne d'une contribution de la forêt à l'intérêt du site (citation dans les descriptions du site), bien qu'elle ne soit pas nécessaire à cette reconnaissance.

Luberon Lure	Parc naturel régional du Luberon et versant sud de la Montagne de Lure, en région PACA	Fort	Territoire est composé de plaines et de collines méditerranéennes irriguées par plusieurs cours d'eau possédant un intérêt important du point de vue écologique et géologique. Les usages et savoir-faire sont à mettre en relation avec une agriculture variée qu'il s'agit de maintenir sur un territoire en proie à l'extension urbaine. La prégnance de la forêt est relativement faible sur ce territoire à dominante agricole (le mot « forêt » n'apparaît à aucun moment dans le projet), néanmoins les espaces boisés (y compris les bosquets et corridors) participent sans conteste à l'identité paysagère des lieux.
Mont Ventoux	Vaucluse	Fort	La réserve s'organise autour du Mont Ventoux et présente un fort gradient d'altitude : les habitats et espèces d'origine méditerranéenne et alpine s'y juxtaposent et constituent un patrimoine naturel remarquable. Le site a fait l'objet de vastes travaux de reboisement lancés à la fin du XIX <sup>e</sup> siècle. La forêt constitue à la fois un enjeu de conservation (forêts subnaturelles, habitats pour des espèces remarquables) et une contrainte (nécessite de rouvrir certains milieux par débroussaillage ou coupe).
Mont-Viso	Alpes du sud, à la frontière entre la France et l'Italie	Fort	Territoire montagnard présentant des milieux écologiques très diversifiés et de nombreuses espèces endémiques. Le territoire se compose d'une dizaine d'habitats déterminants, majoritairement marqués par des forêts (pinèdes, mélézins, ...), mais aussi des milieux ouverts et semi-ouverts, des formations rocheuses et de milieux aquatiques. L'agriculture de haute montagne et la sylviculture sont propres à la culture du territoire.
Vosges du Nord-Pfälzerwald	Massif des Vosges, à la frontière entre la France et l'Allemagne	Fort	La forêt couvre 74 % de ce territoire transfrontalier, au carrefour des influences océaniques et montagnardes. Ce massif constitue la plus vaste entité forestière non fragmentée d'Europe occidentale et les modalités de sa gestion constituent un enjeu majeur. Les activités économiques de la réserve sont fortement liées à l'exploitation du bois.

Sources : à partir de [www.mab-france.org/fr/reserves-de-biosphere/](http://www.mab-france.org/fr/reserves-de-biosphere/)

## Annexe 12 – Inventaire des sites classés labellisés « Grands sites de France » comprenant une partie forestière

Sites	Localisation	Lien avec la forêt	Prégnance de la forêt
Sainte-Victoire (2004)	Provence-Alpes-Côte d'Azur	Fort	Sur 35 000 hectares, à proximité d'Aix en Provence et Marseille, les massifs de Concors et Sainte-Victoire constituent le plus grand espace boisé d'un seul tenant du département des Bouches du Rhône. Les activités forestières, agricoles et pastorales y ont façonné un paysage typiquement provençal qui est marqué par un remarquable monument minéral, la montagne Sainte-Victoire, chère au peintre Cézanne. Sa diversité biologique a justifié l'inscription d'un très grand site Natura 2000.
Pont du Gard (2004)	Occitanie	Modéré	Le Pont du Gard, inscrit sur la Liste du patrimoine mondial par l'UNESCO depuis 1985, est le monument antique le plus visité de France. Labellisé Grand Site de France avec un périmètre de 165 hectares, c'est un espace naturel sensible composé de paysages méditerranéens intimement liés au Pont. Le site présente des ambiances caractéristiques, différentes pour chaque rive du Gardon (garrigue, falaises et grottes, forêts de chênes verts, parcelles agricoles).
Aven D'Orgnac (2004)	Ardèche	Modéré	L'Aven d'Orgnac, située au sud du plateau calcaire des Gorges de l'Ardèche, est un site souterrain naturel majeur en France. Alors que sur terre, c'est une nature sauvage qui s'épanouit, faite de garrigue, de forêts de chênes verts et marquée par la présence d'hommes préhistoriques et une biodiversité méditerranéenne.
Bibracte-mont Beuvray (2007)	Parc Naturel régional du Morvan, Bourgogne	Modéré	Ce site fut il fut le siège d'une ville gauloise importante et doit sa renommée à cette histoire. Aujourd'hui recouvert de forêts peuplées de « queules », ces hêtres aux formes tourmentées, ce paysage fait aussi l'objet d'une démarche de sauvegarde et de gestion spécifique.
Puy de Dôme (2008)	Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne, Auvergne - Rhône-Alpes	Fort	Site d'envergure, symbole de l'Auvergne et de ses paysages de cratères et de cônes mordorés ou verdoyants, suivi de grandes étendues de landes sauvages entrecoupées de forêts montagnardes.
Marais Poitevin (2010)	Nouvelle-Aquitaine et Pays de La Loire	Faible	En bordure de marais, des plaines présentent de larges paysages ouverts où les cultures sont très présentes. Au fur et à mesure que l'on s'en éloigne apparaissent bocages, bois et forêts.  Principalement situées à l'Est du Marais poitevin, les terrées sont des petites parcelles boisées entourées de fossés. Plantées de saules ou de frênes taillés en « têtard », ce sont des espaces de production de bois de chauffage ou de bois d'œuvre.
Saint-Guilhem-le-Désert – Gorges de l'Hérault (2010)	Occitanie	Modéré	Des gorges aux plaines fertiles, des causses à la garrigue, ce Grand Site de France fait l'objet d'une démarche Natura 2000 pour préserver ses espaces naturels dont sa forêt de Pin de Salzmann.
le Massif du Canigó (2012)	Occitanie	Modéré	Présent sur deux régions biogéographiques, le massif du Canigó présente une grande diversité d'habitats naturels forestiers et arbustifs : garrigues, forêts de feuillus et de résineux.
Puy Mary – Volcan du Cantal (2012)	Parc naturel régional des volcans d'Auvergne, Auvergne - Rhône-Alpes	Fort	En moyenne montagne et sur le volcan du Cantal, la forêt se limite surtout aux versants pentus, les lieux plats étant dédiés à l'agriculture. Sur le Massif du Puy Mary, elle occupe une place importante (hêtraie de Mandailles, Bois Noirs du Fau, vaste sapinière de la forêt communale du Falgoux). Dans tous les cas, elle constitue un élément paysager majeur du site.
Solutré Pouilly Vergisson (2013)	Région Bourgogne, Département de Saône-et-Loire	Faible	Paysage remarquable et emblématique composé de roches, de vignes, de prairies, de bocage de forêts, fruit d'un phénomène géologique rare et de l'action de l'homme depuis plus de 55 000 ans



## Annexe 13 : niveau de service écosystémique ou anthropique pour les états forestiers E1 à E6

Note : une note de 1 à 4 est attribuée en fonction du niveau de service (1 est la note la plus faible et 4 la note la plus élevée). Les notes sont qualitatives et estimées à dire d'expert pour la plupart des services ; elles sont attribuées quantitativement pour trois services, à hauteur de leur contribution réelle liée aux prélèvements de bois (pour la fourniture de bois et les émissions évitées de carbone) et à la production biologique nette (pour la séquestration de carbone).

Mm<sup>3</sup> : millions de mètres cubes

	E1 Milieux forestiers ouverts	E2 Plantations	E3 Taillis	E4 Futaies semi-naturelles	E5 - Forêts naturelles	E6 - milieux forestiers matures
<b>Caractéristiques biophysiques des états forestiers (rappels)</b>	Surface (S): 863 000 ha Volume total de bois vivant (V) : 19 Mm <sup>3</sup> V/S = 22 m <sup>3</sup> /ha Taux de couvert < 40% / les coupes rases représentent moins de 5% de la superficie de E1	Surface (S) : 2 073 000 ha Volume total de bois vivant (V) : 371 Mm <sup>3</sup> V/S = 179 m <sup>3</sup> /ha Taux de couvert > 40% Peuplements résineux en majorité	Surface (S) : 1 694 000 ha Volume total de bois vivant (V) : 111 Mm <sup>3</sup> V/S = 66 m <sup>3</sup> /ha Taux de couvert > 40%	Surface (S) : 10 340 000 ha Volume total de bois vivant (V) : 1 870 Mm <sup>3</sup> V/S = 181 m <sup>3</sup> /ha Taux de couvert > 40%	Surface (S): 608 000 ha Volume de bois vivant (V) estimé à 77 Mm <sup>3</sup> V/S = 127 m <sup>3</sup> /ha Taux de couvert > 40%	Surface (S) : 840 000 ha Volume de bois vivant (V) estimé à 183 Mm <sup>3</sup> V/S = 218 m <sup>3</sup> /ha Taux de couvert > 40%
<b>Régulation du climat global : séquestration de carbone<sup>252</sup></b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1,8</b>	<b>2,5</b>	<b>1,7</b>	<b>1,5</b>
	Production biologique nette des arbres estimée à 0,5 m <sup>3</sup> /ha/an  Le flux de séquestration est considéré comme très faible (à partir de la production biologique nette des arbres)  Le principal stock de carbone est dans le sol. Si l'antécédent était forestier, le stock de carbone commence par se réduire avant de réaugmenter. Si l'antécédent était caractérisé par un bas niveau de carbone, celui-ci augmentera progressivement avec le boisement.	Production biologique nette des arbres : 10,6 m <sup>3</sup> /ha/an  Le flux de séquestration de carbone est important au moment de la croissance - principalement dans la biomasse vivante - puis se stabilise.  Le stock de carbone dans la biomasse vivante des arbres est important (en moyenne 179 m <sup>3</sup> de bois par hectare) et compensé (annulé) lors de la coupe finale, qui génère cependant un effet de substitution.	Production biologique nette des arbres : 2,8 m <sup>3</sup> /ha/an  Le flux de séquestration de carbone dans les arbres vivants est en moyenne assez faible (la plupart des taillis sont âgés, peu exploités, peu productifs).  Le stock de carbone dans la biomasse reste également faible (pour les arbres : 66 m <sup>3</sup> de bois par hectare).	Production biologique nette des arbres : 5,3 m <sup>3</sup> /ha/an  Le flux de séquestration de carbone dans les arbres vivants est relativement élevé.  En système régulier, le stock de carbone de la biomasse vivante croît progressivement jusqu'aux coupes de régénération qui ramène le peuplement dans l'état E1 (avec une perte temporaire éventuelle de carbone des sols). En système irrégulier, il est maintenu à un niveau relativement stable.	Production biologique nette des arbres estimée à 2,5 m <sup>3</sup> /ha/an  Le stock de carbone s'accroît progressivement (et relativement lentement) au fil du temps, aussi bien dans la biomasse vivante que dans le bois mort et dans la matière organique du sol.	Production biologique nette estimée : 1,6 m <sup>3</sup> /ha/an  Le flux de séquestration est réduit et compensé par la mortalité naturelle.  Le stock de carbone dans la biomasse vivante et dans le bois mort tend à se stabiliser, tout en étant vulnérable aux accidents biotiques ou abiotiques. Celui de la matière organique du sol est susceptible de continuer à augmenter.

<sup>252</sup> Note attribuée à partir des chiffres de la production biologique nette des arbres (donnés dans le tableau en volume bois fort tige). Les commentaires par rapport au stock de carbone sont donnés à titre indicatif.

<b>Régulation du climat global : émissions de carbone évitées par effet de substitution<sup>253</sup></b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1,3</b>	<b>2,2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
	Les prélèvements étant négligeables, l'effet de substitution l'est aussi.	Prélèvements : 6,9 m3/ha/an  Les plantations poursuivent en majorité un objectif de production de bois. Elles sont productives et les prélèvements y sont importants.	Prélèvements : 0,7 m3/ha/an  Les prélèvements sont faibles et visent soit le secteur de la trituration, soit celui de l'énergie, deux cas où les facteurs de substitution sont faibles	Prélèvements : 2,7 m3/ha/an  La production de bois est importante mais en moyenne bien moindre qu'en plantation. Les forêts semi-naturelles produisent du bois de qualité à fort facteur de substitution mais en proportion souvent modeste et complétée par des produits moins d'émissions (trituration, énergie)	Les prélèvements étant négligeables, l'effet de substitution l'est aussi.	Les prélèvements étant négligeables, l'effet de substitution l'est aussi.
<b>Régulation des</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

<sup>253</sup> note attribuée en fonction du niveau des prélèvements de bois pour chaque état E1 à E6.

<b>températures diurnes au niveau local durant la période estivale</b>	Evapotranspiration faible en lien avec le taux de couvert également faible, donc peu d'effets de la végétation sur les températures locales	Service efficace car densité et volume de bois / hectare des arbres relativement élevé mais service limité par la fréquence des coupes plus élevé que E4 et E5	Volume de bois / ha relativement faible	Service efficace mais variable selon les situations	Service efficace mais variable selon les situations	La production biologique plus faible et la présence possible de trouées engendrent un niveau de régulation légèrement plus faible que les milieux fermés E4 et E5
<b>Protection</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

<p><b>contre les aléas (chutes de pierres, avalanches, mouvements de terrain)</b></p>	<p>Les ouvertures du peuplement, en particulier dans le sens de la pente, limitent l'effet protecteur de la forêt vis-à-vis des 3 aléas. Ces ouvertures peuvent parfois générer un risque supplémentaire (départ d'avalanche dans une trouée, effet tremplin des souches vis-à-vis des chutes de pierres...) Les rémanents de coupes (souches hautes, troncs d'arbres au sol) constituent néanmoins des obstacles sur le parcours des roches.</p>	<p>Rôle important des plantations en montagne (RTM). Protection a priori efficace mais variable selon le type d'aléa, notamment en fonction de la nature des essences (favoriser les essences feuillues pour les chutes de blocs, résineuses pour les avalanches, et à enracinement profond pour les glissements de terrain). La densité généralement élevée des plantations est un atout (surtout vis-à-vis des avalanches et chutes de pierres). En revanche la fréquence des coupes est un facteur défavorable.</p>	<p>Protection relativement efficace du point de vue de la chute de blocs du fait de la densité élevée des arbres. Pas d'information particulière vis-à-vis des autres aléas étudiés.</p>	<p>Protection a priori efficace mais variable selon le type d'aléa, la nature des essences (voir E2), leur densité, etc. Les structures irrégulières (plusieurs strates, forte distribution des diamètres) améliorent l'effet de protection (taux de couverture du sol important, capacité de résilience de l'écosystème plus forte) pour les trois aléas étudiés.</p>	<p>Protection a priori efficace mais variable selon le type d'aléa, la nature des essences (voir E2), leur densité, etc. Leur structure souvent irrégulière et leur résilience importante sont des atouts, alors qu'au contraire l'instabilité et la chute d'arbres peut occasionner un risque.</p>	<p>Diminution possible du rôle de protection en lien avec : (i) une densité des arbres plus faible, (ii) une plus forte proportion d'arbres instables pouvant générer un risque (chablis, déchaussement de pierres, embâcles...); (ii) une plus grande sensibilité des peuplements aux aléas et maladies pouvant occasionner des trouées. Pour l'aléa chute de pierres, les stades mûres des forêts fournissent néanmoins un service adéquat en lien avec la présence, par terre, de gros bois morts, qui augmentent la rugosité de la surface du sol et constituent des obstacles sur le parcours des roches.</p>
<p><b>Régulation de la qualité de l'eau</b></p>	<p><b>1</b> Protection faible liée à une couverture du sol faible et un enracinement moins profond que les milieux fermés. Les ouvertures du couvert forestier (coupes, accidents climatiques) peuvent occasionner le drainage d'éléments chimiques ou l'augmentation de la turbidité des eaux en lien avec une érosion des sols.</p>	<p><b>2</b> Le service de régulation est généralement assuré mais la fréquence plus élevée des coupes et la forte proportion de peuplements résineux (80% de la surface) limitent ce rôle. La pollution par les hydrocarbures liée à la circulation des engins forestiers est possible. Il existe un risque d'acidification des eaux lorsqu'une sylviculture intensive est pratiquée.</p>	<p><b>3</b> Le service est généralement assuré par les taillis (souvent âgés et faiblement exploités). Pour les taillis de production (minoritaires), la fréquence des coupes et des interventions sylvicoles constituent un risque.</p>	<p><b>4</b> Niveau de service élevé mais variable selon les situations (pente, pratiques de gestion, etc.)  Le traitement en futaie irrégulière (récolte par bouquets ou par pied) est optimal.</p>	<p><b>4</b> L'absence d'exploitation forestière et la couverture permanente du sol permettent un service optimal de régulation de la qualité de l'eau.</p>	<p><b>3</b> le service est assuré mais les pertes en nitrates tendent à augmenter avec l'âge pour les peuplements résineux. Diminution possible du service en lien avec une plus grande sensibilité des peuplements aux aléas et maladies pouvant occasionner des trouées.</p>
<p><b>Régulation de</b></p>	<p><b>1</b></p>	<p><b>3</b></p>	<p><b>4</b></p>	<p><b>4</b></p>	<p><b>4</b></p>	<p><b>3</b></p>

<b>l'érosion</b>	<p>Protection faible liée à une couverture du sol faible et un enracinement moins profond que les milieux fermés.</p> <p>Pour les coupes : risque lié aux pratiques d'exploitations (circulation des engins, dessouchage...)</p>	<p>Rôle important des dunes boisées et des plantations de restauration des terrains en montagne pour réguler l'érosion.</p> <p>Dans les plantations de production les pratiques d'exploitation peuvent générer un risque (ouvertures de dessertes, circulation d'engins, coupes, débardage des bois, etc.)</p>	<p>Les taillis sont dotés d'un ensouchement permanent et les cépées présentent une bonne capacité de retenue des sols.</p>	<p>Niveau de service élevé / Le traitement en futaie irrégulière (récolte par bouquets ou par pied) est optimal.</p>	<p>L'absence d'exploitation forestière et la couverture permanente du sol permettent une protection efficace contre l'érosion. Le bois mort au sol peut jouer un rôle de protection des sols contre l'érosion.</p>	<p>Le service est assuré mais risques liés à l'instabilité possible des arbres et leur plus grande sensibilité aux aléas - notamment dans les plantations âgées non gérées. Le bois mort au sol peut jouer un rôle de protection des sols contre l'érosion.</p>
<b>Régulation des crues</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
	<p>Protection faible liée à une couverture du sol faible et un enracinement moins profond que les milieux fermés.</p>	<p>Niveau de service élevé mais variable selon les situations. Risque liée aux coupes forestières. Rôle important des plantations en montagne (RTM)</p>	<p>Niveau de service élevé mais variable selon les situations. Pour les taillis exploités : les coupes brutales réduisent leur capacité de rétention en eau.</p>	<p>Niveau de service élevé mais variable selon les situations (pente, pratiques de gestion, etc.) Le traitement en futaie irrégulière (récolte par bouquets ou par pied) est optimal.</p>	<p>L'absence d'exploitation forestière et la couverture permanente du sol permettent un niveau de service élevé.</p>	<p>Le service est assuré mais diminution possible du service en lien avec une plus grande sensibilité des peuplements aux aléas et maladies pouvant occasionner des trouées.</p>
<b>Fourniture de</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1,3</b>	<b>2,2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

<b>bois</b>	Prélèvement estimé négligeable (0 Mm3/an) Ces milieux ne sont pas favorables à la fourniture de bois en raison de l'insuffisance de l'âge de leurs arbres et de leur densité en tiges.	Le prélèvement à l'hectare dans les plantations est estimé en moyenne à 6,9 m3/ha/an Les plantations de production sont adaptées à la fourniture de bois. Elles sont en général issues de matériel génétique amélioré qui leur confère une productivité élevée. Elles sont censées bénéficier d'une sylviculture dynamique visant la production rapide de bois d'œuvre. Les plantations de protection répondent à une logique différente et ne sont en général pas aisément exploitables.	Prélèvements : 0,7 m3/ha/an Les peuplements de taillis sont normalement dévolus à la fourniture périodique de bois de feu. En réalité, de nombreux taillis sont âgés et produisent peu de bois.	Prélèvements : 2,7 m3/ha/an La fourniture de bois de qualité est souvent l'objectif de ces formations qui sont toutefois en moyenne moins productives que les plantations.	Prélèvements : 0 m3/ha/an Ces formations ne sont pas dévolues à la fourniture de bois.	Prélèvements : 0 m3/ha/an La fourniture de bois n'est plus leur objectif prioritaire (elle peut exceptionnellement le redevenir pour certaines formations de cette catégorie).
<b>Gibier</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	Zones de nourrissage généralement faciles d'accès	Peu favorables lorsqu'elles sont denses	Peu favorables lorsqu'ils sont denses		Inaccessibles donc on considère que la pratique de la chasse y est négligeable	En partie inaccessibles
<b>Fourniture de biens forestiers (autres que le bois et le gibier)</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
	Diversité généralement important combinant des espèces végétales de lumières qui se mélangent avec une biodiversité de milieux forestiers fermés ou en cours de fermeture Zones généralement accessibles.	Diversité moindre d'espèces végétales et donc de produits forestiers susceptibles d'être intéressants du point de vue de la cueillette. Diversité génétique des arbres assez pauvre.	Diversité moindre d'espèces végétales et donc de produits forestiers susceptibles d'être intéressants du point de vue de la cueillette. Diversité génétique des arbres assez pauvre.	Diversité importante de produits forestiers, accès facilité par la gestion forestière	Forêts inaccessibles pour le public (contraintes réglementaires ou physiques)	Forêts en partie inaccessibles pour le public. Des aspects exceptionnels du point de vue de la diversité génétique et spécifique, mais des difficultés d'accès (physiques et réglementaires)
<b>Loisirs</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

	<p>L'espacement des arbres, la pénétration de lumière et la présence d'espèces de milieux ouverts (exemple : papillons) sont des facteurs pouvant être attractifs pour le public (varie selon le type et l'origine de l'ouverture du milieu). Cependant, les milieux ouverts succédant à des coupes de régénération, éventuellement rases (moins de 5% en surface de E1) sont perçues très négativement.</p>	<p>La grande taille des arbres et leur rectitude sont perçues positivement, de même que la quasi-absence de bois mort. Mais la diversité des essences est généralement assez faible et le niveau de fermeture élevé, ce qui se traduit par une diversité végétale moindre. Les peupleraies sont associées à une faible valeur récréative.</p>	<p>Le taillis est associé à une faible valeur récréative (hors zone particulière) du fait de la forte densité d'arbres, de la difficulté d'y circuler et de leur faible diversité. Néanmoins, Ils sont souvent liés à l'activité d'affouage</p>	<p>Forêts gérées avec des arbres de grande dimension. Les futaies semi-naturelles, et davantage encore les futaies irrégulières, assurent une plus grande permanence de l'ambiance et du paysage forestier (travaux sylvicoles moins visibles, notamment en ce qui concerne la régénération, par rapport à E2 ET E3).</p>	<p>L'absence d'exploitation est source d'insécurité pour le promeneur. La présence de bois mort, la faible luminosité, l'absence d'équipement ou d'aménagement (sentiers balisés, parcours sportif,...) sont sources de désagrément.</p>	<p>Dans les très vieilles futaies, la luminosité peut être excellente grâce à l'interruption du couvert et le promeneur y découvre ces jeux de l'ombre et de la lumière, auxquels il tient (Schadeffer, 1951). La grande dimension des arbres, la faune et les autres aspects exceptionnels de ces forêts suscitent aussi l'appréciation et la fréquentation. Par contre, les dangers et les difficultés d'accessibilité (physique et réglementaire) et l'absence d'aménagements limitent l'attrait du public pour ces forêts.</p>
--	--	---	---	---	--	--

# Tables des matières

Avant-propos .....	4
Messages-clés à l'attention des décideurs.....	5
Introduction.....	12
CHAPITRE 1- Définition de l'écosystème forestier .....	14
1.1 Une définition officielle permettant d'accéder aux informations statistiques sur les forêts .....	15
1.2 Un périmètre restreint dans un premier temps à la métropole .....	16
CHAPITRE 2 - Description de l'écosystème (1/2) : occupation du sol, en surface et selon la catégorie de propriété.....	18
2.1 Place de la forêt métropolitaine en Europe.....	19
2.2 La forêt occupe près d'un tiers du territoire métropolitain .....	20
2.3 Des estimations de surfaces qui varient légèrement selon les sources .....	21
2.4 Une répartition hétérogène des forêts sur le territoire .....	23
2.5 Des unités de gestion qui varient selon la catégorie de propriété.....	24
2.6 Une gestion forestière encadrée.....	27
CHAPITRE 3 - Description de l'écosystème (2/2) : types forestiers retenus pour l'évaluation et dynamique forestière associée.....	33
3.1 Les typologies forestières existantes, selon différentes caractéristiques des écosystèmes forestiers .....	34
3.1.1 Selon le taux de couvert par les arbres.....	34
3.1.2 Selon la composition en espèces du peuplement d'arbres .....	35
3.1.3 Selon le mode de régénération des forêts .....	36
3.1.4 Selon l'altitude.....	37
3.1.5 Selon des découpages géographiques.....	38
3.2 Les grands types forestiers retenus dans le cadre de l'EFESE.....	39
3.3 Représentation des dynamiques forestières à travers l'utilisation d'un modèle état-transition basé sur les grands types forestiers .....	43
3.3.1 Principe général du modèle état-transition .....	43
3.3.2 Représentation des dynamiques forestières à travers ce modèle état-transition.....	43
CHAPITRE 4 - Fonctionnement de l'écosystème forestier .....	46
4.1 Cadre conceptuel .....	47
4.2 Grandes fonctions écologiques et modalité de réalisation au sein des écosystèmes forestiers .....	48
4.2.1 Formation et composition des sols forestiers .....	48
4.2.2 Décomposition.....	49
4.2.3 Production primaire (et productivité de l'écosystème) .....	50
4.2.4 Recyclage de l'eau et des principaux éléments nutritifs en milieu forestier .....	52
4.2.5 Emissions de composés organiques volatils.....	54
4.2.6 Interactions biophysiques avec l'atmosphère.....	54



CHAPITRE 5 - Quel est l'état des forêts métropolitaines et comment évolue-t-il ? .....	57
5.1 Des forêts en progression mais fragilisées.....	58
5.1.1 Expansion des surfaces depuis près de deux siècles .....	58
5.1.2 Forte augmentation du volume de bois des arbres vivants en forêt.....	63
5.1.3 L'état de santé des peuplements forestiers réclame de la vigilance.....	64
5.2 Une biodiversité en forêt dont l'état et l'évolution restent difficiles à évaluer de manière globale.....	65
5.2.1 Des suivis taxonomiques restreints à quelques espèces .....	66
5.2.2 Des indicateurs indirects plus nombreux et mieux renseignés, mais permettant difficilement de conclure.....	69
5.2.3 Aucun suivi régulier de la biodiversité des sols forestiers n'existe encore à l'échelle nationale.....	75
5.2.4 Un état de conservation sous surveillance.....	75
5.3 Des situations différentes d'un type de forêt à l'autre .....	77
 CHAPITRE 6 - Quels sont les principaux facteurs de changement et comment évoluent-ils ? .....	80
6.1 Cinq grandes pressions s'exercent sur les forêts, le changement climatique est en première ligne .....	82
6.2 Le changement climatique affecte déjà et affectera durablement les forêts .....	85
6.3 La fragmentation des massifs semble contenue .....	88
6.4 Les populations croissantes d'ongulés sauvages exercent une pression sur la régénération des forêts.....	89
6.4.1 Une augmentation généralisée des populations d'ongulés sauvages .....	90
6.4.2 Une évaluation incertaine des dégâts sylvicoles causés par les ongulés sauvages .....	90
 CHAPITRE 7 - Les services de régulation .....	100
7.1 Régulation du climat global.....	101
7.1.1 Présentation du service.....	101
7.1.2 Caractérisation du service .....	102
7.1.3 Principaux déterminants du service écosystémique de séquestration de carbone ....	107
7.1.4 Valeurs du service et discussion .....	112
7.2 Régulation du climat local.....	113
7.2.1 Présentation .....	113
7.2.2 Caractérisation du service .....	113
7.2.3 Principaux déterminants du service .....	117
7.3 Protection contre les aléas naturels en région de montagne .....	120
7.3.1 Présentation du service.....	120
7.3.2 Caractérisation du service .....	121
7.3.3 Principaux déterminants du niveau de service .....	124
7.3.4 Valeurs du service et discussions.....	128
7.4 Régulation de l'érosion (fiche résumée) .....	131
7.4.1 Présentation du service.....	131
7.4.2 Caractérisation du service.....	132
7.4.3 Principaux déterminants du niveau de service .....	132
7.5 Régulation de la qualité de l'eau (fiche résumée).....	134
7.5.1 Présentation du service.....	134
7.5.2 Caractérisation du service .....	135
7.5.3 Principaux déterminants du niveau de service .....	136
7.5.4 Valeurs du service.....	138
7.6 Régulation des crues (fiche résumée) .....	139
7.6.1 Présentation du service.....	139
7.6.2 Caractérisation du service.....	140
7.6.3 Principaux déterminants du niveau de service .....	141
7.6.4 Valeurs du service .....	142

CHAPITRE 8 – Les biens produits .....	143
8.1 La fourniture de bois .....	144
8.1.1 Présentation du service.....	144
8.1.2 Caractérisation du service .....	146
8.1.3 Principaux déterminants du service écosystémique de fourniture de bois .....	153
8.1.4 Valeurs du service et discussion .....	156
8.2 Fourniture de gibier (fiche résumée).....	158
8.2.1 Présentation du service.....	158
8.2.2 Caractérisation du service.....	159
8.2.3 Principaux déterminants du niveau de service .....	160
8.2.4 Valeurs du service.....	161
8.3 Autres biens (fiche résumée) .....	162
8.3.1 Présentation du service.....	162
8.3.2 Caractérisation du service .....	163
8.3.3 Principaux déterminants du niveau de service.....	165
8.3.4 Valeurs du service.....	166
 CHAPITRE 9 - Les services culturels .....	 167
9.1 Activités récréatives en forêt .....	168
9.1.1 Présentation du service.....	168
9.1.2 Caractérisation du service .....	171
9.1.3 Liens avec l'état, le fonctionnement et les pratiques de gestion .....	180
9.1.4 Valeurs du service et discussion .....	184
 CHAPITRE 10 - Le patrimoine naturel forestier .....	 190
10.1 Introduction .....	191
10.2 Protection réglementaire et valeurs patrimoniales des forêts françaises .....	193
10.2.1 Sites protégés .....	194
10.2.2 Espèces forestières protégées.....	196
10.2.3 Le réseau Natura 2000 .....	196
10.3 Labellisation et valeurs patrimoniales des forêts françaises .....	197
10.3.1 À la frontière de la protection réglementaire : les zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique .....	198
10.3.2 Sites et paysages forestiers labellisés .....	198
10.3.3 Éléments labellisés des forêts françaises .....	202
10.4 Autres manifestations de reconnaissance des valeurs patrimoniales de la forêt française ...	205
10.4.1 Interactions esthétiques et artistiques avec les forêts métropolitaines .....	205
10.4.2 Interactions identitaires et spirituelles avec les forêts métropolitaines .....	206
10.4.3 Attachement des Français aux forêts .....	207
 CHAPITRE 11 - Bouquets de services et interactions entre services écosystémiques .....	 210
11.1 Différents bouquets de services écosystémiques pour différents états de la forêt .....	211
11.2 La régulation du climat est-elle compatible avec la fourniture de bois ?.....	214
11.3 Les activités récréatives s'accroissent-elles de l'exploitation forestière ? .....	214
11.4 La fourniture de bois soutient-elle la protection des eaux et des sols ?.....	215
11.5 Conclusions sur les services retirés des différents états forestiers.....	216
 CHAPITRE 12 - Synthèse et discussion des résultats.....	 217
12. 1 Les grands enjeux socio-économiques .....	218
12.2 Enjeux pour les politiques publiques.....	223
12.3 Besoins de connaissances et questions de recherche.....	228
 Bibliographie .....	 233
 Annexes .....	 253



**Commissariat général au développement durable**

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

Sous-direction de l'économie des ressources naturelles et des risques (ERNR)

Tour Séquoia,

92055 La Défense Cedex

Courriel : [ernr.seei.cgdd@developpement-durable.gouv.fr](mailto:ernr.seei.cgdd@developpement-durable.gouv.fr)

[www.ecologique-solidaire.gouv.fr](http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr)

**Directrice de la publication** : Laurence Monnoyer-Smith

**Rédactrice en chef** : Laurence Demeulenaere

**Conditions générales d'utilisation :**

*Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille — 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1er juillet 1992 — art. L. 122-4 et L. 122-5)..*