



# Face à l'incertitude climatique, quels outils pour suivre et anticiper l'évolution des forêts ?

**Philippe Delacote**, Chaire Économie du climat et INRAE, **Claudine Desrieux**, CRED et CAE,  
**Lucie Huang et Mariane Modena**, CAE, **Alexandra Niedzwiedz**, AgroParisTech

---

**C**e *Focus* présente, dans un premier temps, les différents outils de mesure et de suivi de la ressource forestière, et ce qu'ils nous apprennent de l'état actuel de nos forêts. Dans un deuxième temps, sont identifiés les besoins nouveaux liés au changement climatique que ces outils ne permettent pas encore de prendre pleinement en compte, qu'il s'agisse d'évaluer le rôle des produits bois dans le stockage du carbone ou de prévoir l'évolution de la ressource forestière dans le futur.

La notion de patrimoine forestier désigne l'ensemble des ressources forestières<sup>1</sup>, qu'elles soient publiques ou privées, reconnues pour leur valeur écologique, économique, sociale, culturelle et paysagère. Considéré comme un bien commun, ce patrimoine forestier appelle à une gestion durable visant à préserver la diversité des écosystèmes forestiers (arbres, sols, faune et flore des sous-bois), leur fonction écologique (stockage de carbone, habitat pour la biodiversité, régulation des crues, préservation des sols), leur utilité économique (production de bois et autres produits non ligneux), ainsi que leur dimension historique et culturelle (paysages, traditions).

Les outils actuels de mesure de la ressource forestière offrent une vision essentiellement marchande de ce patrimoine. Dans un contexte de multiplication et d'intensification des aléas climatiques extrêmes (tempêtes, sécheresses, incendies), il est essentiel de mieux comprendre et de pouvoir anticiper l'évolution des forêts françaises, dont le puits de carbone a déjà été réduit de moitié en dix ans. Cela suppose, d'une part, de pouvoir répondre aux nouveaux besoins en comblant les lacunes persistantes en matière de données, notamment sur les usages finaux du bois, la durée de vie des produits ou les pratiques de gestion. D'autre part, les politiques publiques (subventions, fiscalité, reboisement, etc.) ayant des effets dynamiques dépendant des décisions des acteurs et des conséquences du changement climatique, il est nécessaire de s'appuyer sur des modèles prospectifs qui, seuls, permettent de simuler les trajectoires possibles et d'en évaluer les conséquences à long terme.

## Les principaux enseignements des outils de mesure et de suivi des forêts

Trois principales sources d'informations permettent d'appréhender l'état actuel des forêts françaises.

- L'inventaire forestier national<sup>2</sup> offre une description physique détaillée de la forêt en France, permettant de comprendre la richesse naturelle qu'elle représente. Les éléments de description de la forêt présentés ci-dessous proviennent principalement de cet inventaire ainsi que des informations de l'observatoire des forêts françaises<sup>3</sup>.
- Sous la direction du Commissariat général au développement durable, la France compile depuis les années 2000 des « comptes de la forêt » annuels. Des recommandations européennes<sup>4</sup> fournissent un cadre méthodologique harmonisé pour la production de comptes forestiers à l'échelle européenne, en cohérence avec les systèmes statistiques internationaux de comptes économiques et environnementaux (SEEA). De plus, ces comptes forestiers sont intégrés dans un module du règlement statistique européen, qui rend leur rapportage obligatoire depuis 2025. Ce module a pour objectif de soutenir la stratégie forestière de l'Union européenne pour 2030 ainsi que la future initiative de surveillance des forêts, et relie les politiques forestières à celles sur le climat, l'énergie et la bio-économie. L'objectif des comptes de la forêt est de disposer d'un outil de suivi des ressources forestières qui facilite la mise en place et le suivi des politiques publiques du secteur forêt-bois. Les comptes européens de la forêt mettent en regard les données environnementales (indicateurs physiques) et économiques (indicateurs monétaires) dans un cadre comptable. Les comptes forestiers français comportent également des tableaux additionnels ne faisant pas partie du règlement statistique mais permettant un suivi détaillé à l'échelle nationale. Ainsi les tableaux ressources-emplois, encore très perfectibles, offrent-ils une vision à la fois plus détaillée que celle proposée par la comptabilité nationale et fournissent des indicateurs physiques sur les activités en aval du secteur forêt-bois (transformation du bois d'œuvre pour la construction, l'emballage et l'ameublement en bois, industrie papetière). Le volet « carbone », quoique très simplifié, permet de visualiser les variations annuelles de la séquestration dans la biomasse forestière ligneuse.

<sup>1</sup> Selon la définition officielle de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), une forêt est caractérisée par cinq spécificités : 1) une superficie minimum de 0,5 hectare (5 000 m<sup>2</sup>), 2) la présence d'arbres pouvant atteindre une hauteur supérieure à 5 mètres à maturité *in situ*, 3) un boisement de plus de 10 % du territoire considéré (vue aérienne), 4) une largeur moyenne d'au moins 20 mètres, 5) une utilisation qui n'est ni agricole, ni urbaine. La FAO distingue la forêt (« terres forestières ») des « autres terres boisées » : ces dernières concernent des superficies de plus d'un demi-hectare dans lesquelles le couvert, constitué d'arbustes de moins de cinq mètres de haut, dépasse 10 % ou dans lesquelles le couvert d'arbrisseaux et d'arbres de plus de 5 m de haut est compris entre 5 et 10 %.

<sup>2</sup> « Placé sous la tutelle des ministres chargés du développement durable et des forêts, l'inventaire forestier national est une des missions de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Ce dernier est en effet chargé de l'inventaire permanent des ressources forestières nationales, indépendamment de toute question de propriété (article R. L.151.1 et I.151.1 du code forestier). L'inventaire forestier national figure, depuis 2017, parmi les enquêtes à caractère obligatoire, reconnues d'intérêt général et de qualité statistique (labellisé CNIS). « Source : IGN, « Qu'est-ce que l'inventaire forestier ? ».

<sup>3</sup> L'observatoire des forêts françaises rassemble, produit et diffuse des informations sur les forêts publiques et privées. Il est piloté par l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), en étroite partenariat avec l'Office national des forêts (ONF), le Centre national de la propriété forestière (CNPF), l'interprofession France-Bois-Forêt et l'Office français de la biodiversité (OFB), sous l'égide des ministères chargés de la forêt.

<sup>4</sup> Pour une version complète et à jour de ces recommandations : [Eurostat \(2024\) : « European Forest Accounts Handbook ».](#)

## Face à l'incertitude climatique, quels outils pour suivre et anticiper l'évolution des forêts ?

- Les comptes de patrimoine de l'Insee offrent une description monétaire de la forêt. Elle y est considérée comme un actif naturel, composé d'un sol forestier et d'un stock de bois sur pied. Dans cette approche, la valeur de la forêt est déduite de la valeur marchande des terrains forestiers.

Ces dispositifs jouent un rôle crucial pour trois raisons principales : 1) ils permettent de relier les données économiques et les données environnementales dans une perspective d'éclairage des politiques publiques ; 2) ils assurent un suivi des ressources forestières dans le temps dans un cadre structuré répondant aux exigences européennes ; 3) ils permettent de mieux mesurer le poids réel de la forêt, valorisé comme actif, dans le patrimoine national pour anticiper les effets d'une gestion plus ou moins durable de cette ressource<sup>5</sup>.

### La forêt en France : un patrimoine naturel riche et diversifié

En 2024, la forêt en France couvre un total de 25,7 millions d'hectares, dont 8,2 millions se trouvent dans les cinq départements et régions d'outre-mer (DROM). La France dispose d'une diversité unique d'écosystèmes forestiers au sein de l'Union européenne, avec des forêts de climat tempéré, montagnard et méditerranéen sur le continent européen, mais aussi des forêts de climat tropical dans les Antilles, en Amérique du Sud et dans l'Océan Indien<sup>6</sup>.

Sur le territoire métropolitain, incluant la Corse, la surface forestière représente environ 17,5 millions d'hectares. Ce qui place la France en 4<sup>e</sup> position en Europe en termes de superficie forestière, après la Suède (28 millions d'hectares), la Finlande (22,4 millions) et l'Espagne (18,6 millions) selon les estimations d'Eurostat pour l'année 2022<sup>7</sup>.

En 2023, la forêt représente la seconde occupation du sol (32 %) après l'agriculture dans la France métropolitaine. La répartition de la forêt n'est pas homogène sur le territoire : le taux de boisement est sensiblement plus élevé dans l'est et le sud du pays que dans l'ouest et le nord, où les terres sont plus favorables à l'agriculture et à l'élevage. De même, le taux de boisement varie d'un département ou région d'outre-mer (DROM) à l'autre : il est, par exemple, très élevé en Guyane, où il atteint 96 % du territoire<sup>8</sup>.

En métropole, l'inventaire forestier national distingue 11 grandes régions écologiques et 91 sylvoécotégions, correspondant à la plus vaste zone géographique à l'intérieur de laquelle les valeurs prises par les facteurs déterminant la production forestière ou la répartition des habitats forestiers est différente de celle des sylvoécotégions adjacentes. On dénombre près de 190 espèces d'arbres différentes en France métropolitaine. En termes de composition, les feuillus représentent 65 % des volumes de bois sur pied et sont le plus fréquemment des chênes. Les conifères se trouvent surtout en montagne (dans les Alpes, le Massif central, le Jura et les Vosges), dans le massif landais et dans les plantations assez récentes de l'ouest de la France. Les surfaces forestières pour lesquelles la diversité du peuplement peut être déterminée se partagent presque à part égale entre peuplements à une seule essence (7,2 millions d'hectares) et peuplements mélangés (8,1 millions d'hectares)<sup>9</sup>. Les forêts du nord-est de la France et du Massif central abritent la plus grande diversité d'espèces d'arbres, contrairement au massif landais principalement composé de pins maritimes.

En 2023, près de 75 % de la forêt métropolitaine française, soit 13,1 millions d'hectares, sont détenus par des propriétaires privés. Parmi ces surfaces, environ 3,1 millions d'hectares, soit un quart, sont couverts par un Plan simple de gestion approuvé par le Centre national de la propriété forestière. La forêt publique représente donc un quart des forêts métropolitaines. L'État en est le principal propriétaire (1,5 million d'hectares pour les forêts domaniales), le reste (2,8 millions d'hectares) appartenant essentiellement aux communes. La part de forêts privées n'est minoritaire qu'en région Grand Est (45 %). Au contraire, dans l'ouest de la France, elle est nettement plus élevée que la moyenne nationale et dépasse 90 % pour les régions Pays de la Loire, Nouvelle-Aquitaine et Bretagne.

<sup>5</sup> Notons également que l'Agreste, le Service de la statistique et de la prospective du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, fournit des données sur les ressources forestières et l'industrie du bois.

<sup>6</sup> Observatoire des forêts françaises : « [Panorama des forêts](#) ».

<sup>7</sup> Voir les données [Eurostat sur les ressources forestières](#).

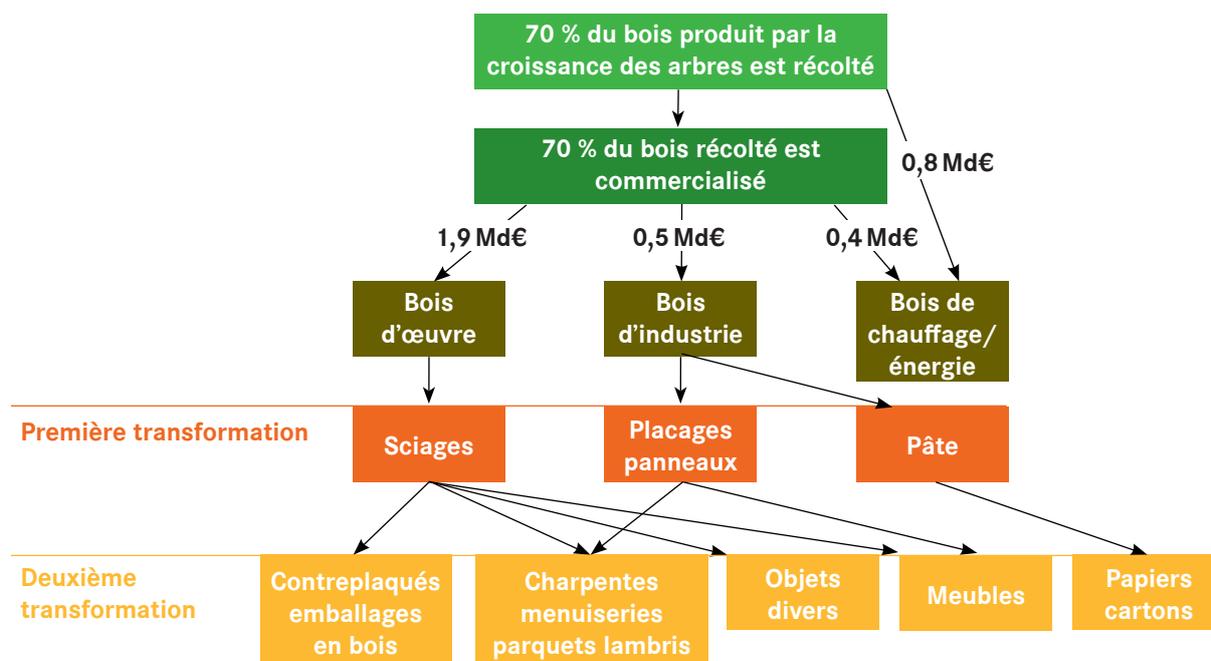
<sup>8</sup> La forêt guyanaise représente 97 % de la forêt des DROM.

<sup>9</sup> Les chiffres présentés ici ne portent que sur les surfaces où la composition en essences peut être déterminée, soit 15,3 millions d'hectares sur les 16,6 millions d'hectares de la forêt de production.

## Une ressource économique et environnementale importante

La France bénéficie d'un patrimoine forestier important et varié, support d'activité économique. En effet, dans la plupart des régions métropolitaines, plus de 90% des surfaces forestières sont des forêts de production, c'est-à-dire disponibles pour la production de bois<sup>10</sup>. La sylviculture (l'activité d'entretien des forêts en vue de leur exploitation commerciale) représente une valeur ajoutée brute de 3,9 milliards d'euros en 2022<sup>11</sup>, dont la moitié provient du bois d'œuvre<sup>12</sup> (Figure 1).

Figure 1. Les différents usages du bois récolté



**Notes :** Le bois-énergie commercialisé comprend le bois en bûches, les plaquettes forestières (menus bois broyés) et des bois de plus de 2 mètres consommés par les industriels pour produire des granulés ou plaquettes. Seul 1/5 des volumes de bois consommés par les ménages est issu de récoltes commercialisées, le reste correspondant à des approvisionnements en dehors des circuits de commercialisation (bois tirés de leur propre forêt donc auto-consommés, bois cédés à titre gratuit ou bois issus des circuits informels).

**Lecture :** En 2022, la valeur de la production de bois d'œuvre est de 1,9 milliard d'euros.

**Source :** Schéma des auteurs à partir des informations de France Bois Forêt « Transformer le bois », de l'IGN « Indicateurs de gestion durable » et du BETA-OLEF - Comptes de la forêt. Les valeurs affichées sont issues des équilibres ressources-emplois en base 2020 de la comptabilité nationale, désagrégés dans le cadre des comptes de la forêt.

La Figure 1 résume l'usage du bois récolté dans les forêts françaises et les différents secteurs qu'il alimente : le bois d'œuvre, l'industrie et l'énergie à travers le bois de chauffage. En 2022, 78% du bois produit par la croissance des arbres est prélevé (estimation). Les prélèvements regroupent les récoltes, destinées à être valorisées commercialement, ainsi que les pertes d'exploitation (résidus abandonnés sur place).

En ce qui concerne les usages de la récolte forestière, il existe une distinction importante entre la métropole et les DOM, notamment la Guyane. En effet, si la ressource forestière est particulièrement importante en Guyane, la récolte annuelle y est cependant relativement faible : les 200 entreprises de la filière bois de Guyane affichent ainsi un chiffre d'affaires total de l'ordre de 100 millions d'euros en 2021 (soit moins de 0,1% du chiffre d'affaires de la filière bois française)<sup>13</sup>. De manière générale, les spécificités des forêts d'outre-mer, souvent tropicales et denses, limitent leur exploitation économique directe, que ce soit en raison de leur faible accessibilité, de leur très grande diversité d'essences

<sup>10</sup> Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (2020) : « Forêt - Bois »

<sup>11</sup> Valeur ajoutée brute de la branche A02 « Sylviculture et exploitation forestière » telle que calculée par l'Insee dans les comptes nationaux. Source : « Activité des branches de l'économie », Insee

<sup>12</sup> Le bois d'œuvre est destiné à la fabrication des sciages et déroulages. Ce sont les produits connexes (déchets tels que dosses, délignures, plaquettes, sciures) générés lors du processus de transformation qui sont ensuite utilisés pour partie pour l'énergie. L'autre partie va essentiellement à l'industrie pour la production de panneaux à base de bois et de pâtes à papier.

<sup>13</sup> IEDOM : Rapport annuel économique.

## Face à l'incertitude climatique, quels outils pour suivre et anticiper l'évolution des forêts ?

parfois difficiles à valoriser, ou de régulations plus strictes concernant leur exploitation, comme c'est le cas du parc amazonien en Guyane. L'importance de la ressource forestière guyanaise en fait toutefois un allié de poids dans le stockage du carbone : d'après les calculs réalisés pour l'édition 2015 des indicateurs de gestion durable<sup>14</sup>, le stock de carbone dans la biomasse vivante y est de l'ordre de 1 500 MtC, soit 50 % du stock de carbone de la forêt française.

### L'impact déjà visible du changement climatique sur la vitalité des forêts

Au cours des quatre dernières décennies, malgré des disparités régionales importantes, le stock de bois sur pied est passé de 1,8 milliard de mètres cubes en 1985 à 2,8 milliards de mètres cubes aujourd'hui<sup>15</sup>. Le volume annuel des prélèvements est en moyenne de 53,1 millions de mètres cubes (Mm<sup>3</sup>/an) entre 2014-2022, avec une incertitude statistique de 2,9 Mm<sup>3</sup>/an. Ce volume de prélèvements était en moyenne de 47,2 Mm<sup>3</sup>/an entre 2005-2013 (en comptant les arbres touchés par la tempête Klaus de 2009), ce qui témoigne d'une légère hausse des prélèvements sur cette période.

Comme indiqué dans le [Mémento 2024 de l'IGN](#), cette hausse des prélèvements est en partie liée aux conséquences du changement climatique. Par exemple, les prélèvements d'épicéas ont presque doublé en moins de dix ans (de 5,1 à 9,0 Mm<sup>3</sup>/an), devenant l'essence la plus prélevée, alors qu'elle ne représente que 35 % de la ressource forestière. Cette hausse importante s'explique notamment par les coupes sanitaires d'épicéas victimes des sécheresses ou des scolytes. Comme expliqué dans le [Bilan environnemental de la France en 2024](#), les épisodes de sécheresses accroissent la sensibilité des végétaux, favorisant la propagation des incendies et des insectes ravageurs comme les scolytes, une espèce qui s'attaque en priorité aux arbres malades et stressés. Même si elles restent encore peu fréquentes, les tempêtes entraînent également des dégâts importants. Entre 2021 et 2023, la forêt française comptait ainsi 186 millions d'arbres altérés (vivants ou morts sur pied depuis moins de cinq ans) parmi ses 2 270 millions d'arbres, soit un taux d'altération de 8 %<sup>16</sup>.

### Le contexte de crise climatique et forestière implique des besoins nouveaux

Les comptes de la forêt et les comptes de patrimoine établissent un suivi détaillé des ressources forestières. Cependant, face à l'accélération des conséquences du changement climatique, il est nécessaire de pouvoir rendre compte du rôle climatique du secteur forêt-bois dans toutes ses dimensions, notamment à travers le stockage du carbone dans les produits bois. De plus, les forêts constituant le principal levier de séquestration du CO<sub>2</sub> à grande échelle en France<sup>17</sup>, leur état de santé dégradé souligne l'importance de pouvoir anticiper l'évolution de cette ressource. Enfin, le suivi de la ressource forestière doit aussi satisfaire les recommandations européennes évoluant vers une meilleure harmonisation des données, nécessaire aux comparaisons internationales.

### Outils de mesure : intégrer les conséquences du changement climatique et disposer d'une vision complète de la séquestration carbone

#### Des comptes forestiers reposant sur des hypothèses fortes

Les comptes forestiers estiment les stocks et les flux de ressources forestières en termes physiques et monétaires. L'originalité de l'outil est de décomposer la valeur marchande des terrains forestiers entre, d'une part, la valeur du fonds forestier (terrain seul) et, d'autre part, la valeur des peuplements (arbres vivants portés par les terrains). Ces éléments permettent de mettre en relation l'évolution des ressources avec l'activité économique enregistrée dans les comptes nationaux.

<sup>14</sup> IGN : « Indicateurs de gestion durable », Rapport 2015. N.B. : L'unité utilisée par l'IGN correspond à des mètres cubes « bois fort tige », c'est-à-dire où seul le bois fort du tronc (jusqu'à 7 cm de diamètre) est comptabilisé. Il existe cependant d'autres mesures, comme par exemple celle reposant sur le bois fort total (qui prend en compte le bois fort des branches) ou le bois aérien total (qui prend en compte les menus bois).

<sup>15</sup> À noter que 5 % du volume de bois sur pied total correspond à du bois mort. Le bois mort continue de séquestrer le carbone absorbé jusqu'à ce qu'il se décompose progressivement, relâchant son CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

<sup>16</sup> Notons que des [bilans annuels sur la santé des forêts](#) sont publiés par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

<sup>17</sup> Le puits forestier constitue l'essentiel du puits terrestre de carbone en France. Les prairies et les produits bois contribuent également, mais dans une moindre mesure, tandis que les autres types d'occupation des sols sont, dans l'ensemble, émetteurs nets de carbone. Service de la donnée et des études statistiques (2024) : [Chiffres clés du climat – France, Europe et Monde – Édition 2024](#), ministère de la Transition écologique.

La valeur des terres forestières est calculée en multipliant les surfaces estimées par un prix moyen à l'hectare. Ce prix est estimé à partir d'une valeur de référence correspondant au seul fonds forestier de 1996, que l'on fait évoluer au cours du temps grâce à l'indice du prix global des forêts (fonds et peuplement) établi par les sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (Safer). Aucune distinction n'est faite entre le fonds d'une forêt ayant comme principale fonction la production de bois et les autres terres forestières. L'hypothèse implicite est donc que les terrains ont tous le même potentiel au regard de l'économie, que les objectifs de gestion soient orientés vers la production de bois, la protection, la récréation ou vers la multifonctionnalité.

La valeur des bois sur pied est obtenue en multipliant le prix moyen sur pied de la récolte (appelé *stumpage value*) par les volumes des forêts disponibles pour la production de bois. Il est en effet recommandé d'assigner une valeur nulle aux volumes de bois sur pied situés sur des terres non disponibles pour la production de bois (inexploitables pour des raisons technico-économiques ou sous statut de protection particulier). Cependant, le prix moyen de la récolte sur pied (prix avant exploitation des arbres) n'est pas directement disponible à l'échelle nationale. Une méthode d'estimation de ce prix moyen a été développée, fondée sur les prix de vente sur pied de l'Office national des forêts et tenant compte de la composition de la récolte en termes d'essences et de produits, la récolte étant composée pour près de la moitié de bois-énergie.

Cependant, pour que cette décomposition reflète la valeur du terrain nu et la valeur actualisée nette des récoltes, des hypothèses fortes doivent être posées, notamment :

- Les flux de revenus de la forêt sont supposés constants dans le temps : la valeur future de ces revenus est certes actualisée (et donc « décôtée ») mais elle est aussi revalorisée du fait du taux de croissance des arbres. Par souci de simplification, ces taux (d'actualisation et de croissance) sont supposés s'annuler. En d'autres termes, l'augmentation du volume de bois sur pied compense la perte de valeur due à l'actualisation des flux futurs. Cette hypothèse revient à considérer la forêt comme un capital productif renouvelable en équilibre, tant qu'il n'y a pas de surexploitation ou de dépérissement lié à des aléas naturels.
- La structure de la récolte est supposée identique dans le temps. Le prix moyen sur pied intègre la structure actuelle de la récolte, en termes d'essences et de catégories de bois. L'utiliser pour estimer la valeur des bois récoltés dans le futur implique de considérer une structure de récolte qui ne change pas au cours du temps. L'hypothèse d'une structure de récolte constante, bien qu'en décalage avec certaines orientations stratégiques, constitue une convention nécessaire. Elle garantit la cohérence temporelle et la reproductibilité des estimations, dans un contexte où les transformations structurelles à venir restent incertaines tant dans leur ampleur que dans leur calendrier.

Ces conventions d'évaluation, préconisées depuis les années 2000 par Eurostat et la FAO pour la mise en œuvre des comptes de la forêt, facilitent une mise en œuvre reproductible et comparable aux autres pays européens. Cependant, les hypothèses sur lesquelles elles reposent sont de moins en moins adaptées au contexte actuel dans la mesure où les conséquences du changement climatique, et en particulier la multiplication des aléas, remettent en cause à la fois la capacité des forêts à se renouveler assez rapidement pour être à l'état d'équilibre et la stabilité de la récolte dans le temps.

Il existe plusieurs pistes permettant de renforcer le suivi établi par les comptes de la forêt. D'une part, le recours aux outils de télédétection est un élément important de l'amélioration du suivi. Ainsi, l'IGN élabore un suivi de la ressource forestière française par LIDAR (Light Detection And Ranging). Il s'agit d'une technique de mesure de distance (téléométrie) qui exploite les propriétés de la lumière. La description de la ressource forestière obtenue est plus précise : en observant davantage les peuplements et la porosité du couvert végétal, on peut améliorer la surveillance de la forêt et sa vulnérabilité au changement climatique. Par exemple, en précisant la répartition des arbres selon leur diamètre, les données LIDAR permettent de mieux mesurer le volume de bois et d'extrapoler la quantité de carbone stockée. Plus globalement, ces données contribuent à améliorer la gestion durable de la forêt (meilleure détection de la capacité de propagation des incendies, localisation des accès en forêt, indications sur la capacité de régénération des peuplements)<sup>18</sup>. L'utilisation du LIDAR pour la réalisation de l'inventaire forestier multi-source est en cours de développement : l'idée est de produire un inventaire forestier amélioré en associant les données de base de l'inventaire forestier (collectées sur le terrain) avec d'autres données (telles que le LIDAR, la [BD Forêt IGN](#), des données climatiques, etc.) à partir de techniques d'assimilation de données<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> IGN (2023) : « Quand le LiDAR dévoile les dessous de la forêt », mars.

<sup>19</sup> Renaud, J.-P., Cordonnier, T., Véga, C., Pulkkinen, M., & Bastick, C. (2025) : « Un inventaire forestier multisource, vous connaissez ? », *Revue forestière française*, 75(3), 233-241.

## Face à l'incertitude climatique, quels outils pour suivre et anticiper l'évolution des forêts ?

D'autre part, la dimension prospective du suivi des forêts est centrale, dans la mesure où les ressources forestières et leur gestion nécessitent un pilotage de long terme, tant au niveau local que dans une réflexion plus globale. Dans ce cadre, le recours à des modèles de prospective permet de structurer les relations entre les différentes sources (données de terrain, spatiales, statistiques et climatiques), de poser les règles et les paramètres nécessaires à la production d'estimations. Ce travail de prospective s'appuie sur des hypothèses explicites, destinées à simplifier une réalité complexe tout en restant fidèles aux ordres de grandeur observés. Ces hypothèses sont cependant tendanciennes, souvent fondées sur des dynamiques passées ou des moyennes statistiques. Dans un contexte de changement climatique et de transformation rapide des forêts, certaines pourraient devenir obsolètes, voire conduire à des représentations biaisées.

### La difficile mesure du stockage du carbone : les produits bois

Au-delà des pistes d'amélioration possibles des comptes de la forêt, le contexte de changement climatique incite à mieux mesurer le carbone stocké dans les produits bois. Les forêts ont la capacité de capturer et de stocker du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère, participant ainsi à la lutte contre le changement climatique<sup>20</sup>. Cette contribution est double : le stockage du carbone s'effectue dans la biomasse (arbres et sols forestiers) et dans les produits bois. Les produits bois représentent un puits de carbone significatif, d'environ 1,4 million de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2021<sup>21</sup>. Cependant leur évaluation reste complexe et repose sur diverses méthodes et données, souvent incomplètes ou contradictoires. Le manque de données fiables constitue un obstacle à la mise en œuvre d'une comptabilité environnementale robuste. À cela s'ajoute un débat sur la méthode à utiliser pour évaluer ce stockage carbone dans les produits bois.

**Un manque de données sur les débouchés et les approvisionnements de la filière bois.** Si les données existantes permettent de savoir si les bois récoltés alimentent la filière bois d'œuvre, la filière trituration ou la filière bois-énergie, il n'existe cependant pas de données plus fines permettant de tracer les approvisionnements des différentes sous-filières (emballages en bois, construction bois, ameublement en bois, etc.). Les produits finaux qui stockent le carbone sur le long terme comme les meubles et les éléments de construction sont ceux pour lesquels il est alors nécessaire de faire le plus d'hypothèses dans la mesure où s'agit de produits très hétérogènes et où la part du bois dans ces volumes est rarement connue. Ce manque de données est évoqué dans le rapport OMINEA du Citepa<sup>22</sup>, qui estime ces données manquantes à partir de ratios ou de tendances d'évolution. Ces imprécisions limitent la capacité des décideurs à identifier les chaînes de valeur favorables à la transition écologique ou à ajuster les soutiens publics en fonction de leur impact environnemental. Certaines politiques pourraient involontairement privilégier des usages à faible durée de stockage ou négliger les bénéfices climatiques d'un renforcement de la construction bois, pourtant bien moins pénalisante que le bois-énergie pour la séquestration carbone<sup>23</sup>.

**Une grande variété dans les méthodes.** Différentes approches existent pour évaluer le stockage de carbone dans les produits bois. Cette diversité de méthodes ainsi que l'incertitude dans l'estimation des différents paramètres rendent difficile toute évaluation du stockage du carbone dans les produits bois. En effet, même si l'on essaie de limiter ces risques en se plaçant, par exemple, dans une approche simplifiée qui ne prend pas en compte le cycle de vie complet des produits, il faut considérer a minima pour chaque produit ou famille de produits :

- la quantité du produit en question (m<sup>3</sup> ou tonnes), soit dans une approche de production, soit de consommation. L'approche production, adoptée par le Citepa car recommandée par le GIEC pour assurer la comparabilité entre pays, ne tient pas compte du fait qu'une partie est exportée : le carbone stocké est attribué au pays où a lieu la récolte, que le produit final reste sur le territoire ou soit exporté. Cette approche fait aussi abstraction des importations de produits bois sur notre territoire. L'approche consommation attribue quant à elle le carbone stocké au pays utilisateur final des produits bois : elle prend en compte les importations et les exportations. Bien que pertinente d'un point de vue analytique, elle ne semble pas mise en œuvre actuellement hormis à titre exploratoire dans le cadre de travaux de recherche et de scénarios de transition bas-carbone ;
- la fraction de bois incluse dans le produit (il peut s'agir d'un mix de matériaux dans le cas de l'ameublement et de la construction) ;
- le taux d'humidité, permettant de passer des m<sup>3</sup> ou des tonnes de produit en tonnes de matière sèche (tms) ;
- la teneur en carbone (1 tms = 0,5 tC) ;

<sup>20</sup> Terra Nova (2025) : « [Pour un nouveau paradigme forestier](#) ».

<sup>21</sup> Observatoire des forêts françaises, [Inventaire des émissions de gaz à effets de serre](#). Il s'agit du puits lié aux produits bois fabriqués avec la récolte française, qu'ils soient destinés au marché français ou exportés ; les importations ne sont donc pas prises en compte.

<sup>22</sup> Citepa (2025) : « [Rapport OMINEA](#) ».

<sup>23</sup> Bureau D., Delacote P., Henriot F., Niedzwiedz A. (2025) : « [Compléter les comptes nationaux pour que l'arbre ne cache plus la forêt](#) », *Les Notes du CAE* n° 86, septembre.

- la durée de stockage, qui dépend notamment de l'utilisation des produits, de leur traitement en fin de vie et des évolutions dans les pratiques de consommation (durée de conservation des meubles, réutilisation des matériaux de construction, etc.).

L'estimation de la quantité de carbone séquestrée par catégorie de produits (sciages, panneaux, contreplaqués, papier) dépend ainsi non seulement de données (peu) disponibles, mais repose également sur de nombreux facteurs de conversion et des paramètres difficilement quantifiables. Pourtant, ces estimations sont nécessaires pour avoir une vision complète du potentiel de séquestration carbone du bois.

Un autre ajustement important concerne le calcul des effets de substitution. En effet, les usages de produits bois permettent en général de se substituer à l'usage de produits dont la production est plus intense en carbone (ex : PVC, métaux, béton, etc.). Cependant, le calcul des émissions évitées par ces effets de substitution est complexe et repose sur des hypothèses parfois hasardeuses, telle que la neutralité carbone de l'exploitation forestière. Les coefficients de substitution sont de plus très sensibles à la source d'énergie substituée et aux hypothèses faites sur les secteurs concurrents, lesquelles peuvent varier avec la décarbonation de l'économie<sup>24</sup>. Ainsi, il est démontré que les coefficients varient fortement entre les études et hypothèses retenues<sup>25</sup>.

### Les incertitudes des modèles d'évolution des ressources forestières

Un autre objet de préoccupation au sujet des outils de suivi de la ressource forestière est celui de l'évolution de la ressource, dans un contexte où le changement climatique peut la menacer et où les impacts des politiques qui sont et seront menées sont incertains.

Malgré l'augmentation des surfaces forestières<sup>26</sup>, la forêt française traverse en effet une crise de mortalité et de croissance importante liée au changement climatique, avec pour conséquence la diminution par deux de son puits de carbone en dix ans. Il est donc essentiel de pouvoir disposer d'outils permettant d'appréhender son évolution, afin de mettre en place des politiques de neutralité et de gestion forestière adaptées.

### Les deux principaux modèles d'évolution des ressources forestières

Il existe actuellement une multiplicité de modèles forestiers<sup>27</sup>, tels que les modèles de végétation, de paysage ou de croissance. Le choix du modèle approprié dépend de la question posée, ainsi que des échelles géographiques et temporelles d'intérêt. Ces modèles apportant un éclairage différent sur les multiples aspects des questions forestières et de filière, il est important de bien comprendre quels sont leurs avantages et inconvénients respectifs, afin d'exploiter au mieux leurs complémentarités.

Si les deux modèles présentés ci-dessous n'épuisent pas l'ensemble des outils à disposition, ils constituent néanmoins de bons exemples de représentation des ressources forestières et de la filière bois à une échelle sectorielle et macroéconomique.

**Le modèle Margot.** Parmi les multiples modèles prospectifs d'évolution de la forêt fournis par l'IGN, Le modèle Margot est utilisé pour simuler l'évolution des forêts françaises, des disponibilités en bois et du bilan carbone.

Le modèle est initialisé avec les données de l'Inventaire forestier national qui décrivent la diversité et la dynamique de la forêt française. Ces données fournissent des informations sur les surfaces, les stocks de bois, les essences, les types de propriétés, les conditions de milieu et les pratiques sylvicoles.

Le modèle fonctionne par « strates », regroupant des peuplements comparables en termes d'essences, de type de propriété, de conditions de milieu et de sylviculture. Cette approche permet de spécifier des hypothèses de croissance, de mortalité et de coupe, adaptées à chaque type de forêt.

<sup>24</sup> IGN-FCBA (2024) : « [Projections des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français](#) », Rapport d'étude.

<sup>25</sup> Hurmekoski, E. et al. (2021) : « [Substitution impacts of wood use at the market level: a systematic review](#) », *Environmental Research Letters*, vol. 16, n°2.

<sup>26</sup> L'augmentation de la surface forestière métropolitaine s'explique principalement par le déclin de l'agriculture dans certaines zones géographiques et les efforts de boisement ou de reboisement menés au cours du temps.

<sup>27</sup> Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (2024) : « [Modélisation prospective et action publique dans le secteur forêt-bois](#) », Analyse, n°204.

## Face à l'incertitude climatique, quels outils pour suivre et anticiper l'évolution des forêts ?

La ressource forestière est projetée par classe de diamètre ou d'âge et par classe de densité. Cela permet de prendre en compte l'évolution de la maturité des arbres et le phénomène de densification des forêts françaises. Les modèles intègrent différents scénarios, notamment :

- les scénarios d'effets du climat : ils simulent l'impact du changement climatique sur les dynamiques naturelles, comme la croissance et la mortalité des arbres. Ces scénarios sont basés sur les connaissances disponibles et des expertises, et tiennent compte des incertitudes liées à la modélisation des effets du climat à grande échelle ;
- les scénarios de renouvellement : ils prennent en compte les plans de reboisement et les différents types de renouvellement, comme la régénération naturelle. Ils intègrent des hypothèses sur les surfaces reboisées, les essences plantées, les itinéraires sylvicoles et les taux de réussite des plantations ;
- les scénarios de gestion : ils définissent les niveaux de prélèvement de bois à l'échelle nationale, en fonction de l'accroissement biologique ou d'un volume absolu de disponibilités en bois. Ils tiennent compte de l'évolution des pratiques sylvicoles, des surfaces mises en gestion et de l'intensité des coupes.

**Le French Forest Sector Model.** Le modèle FFSM, ou modèle intégré du secteur forestier, est un modèle de simulation prospective de la filière forêt-bois française permettant de déterminer l'évolution conjointe des ressources forestières, de la gestion forestière et des marchés. Il est notamment utilisé pour des travaux de comparaison de scénarios de long terme (horizon 2050 et au-delà), en particulier autour d'enjeux liés au changement climatique. Il détermine ainsi la croissance de la ressource forestière, les quantités prélevées en forêt, la production de produits bois de première transformation, et les quantités consommées et échangées à l'international. Les évolutions de prix des différents produits sont également calculées par le modèle, ainsi que la comptabilisation carbone de la filière. Pour cela, le modèle FFSM développé par le centre de recherches du Bureau d'économie théorique et appliquée (BETA) est composé de trois modules :

- un module d'inventaire forestier représentant les stocks de bois en croissance au niveau de pixels de 8 km, pour 6 catégories de forêts (3 types de gestion et 2 types d'espèces) et 13 classes de diamètre ;
- un module d'équilibre partiel des marchés du bois, qui combine le cadre d'équilibre spatial de [Samuelson \(1952\)](#) et le cadre du commerce international d'[Armington \(1969\)](#) pour déterminer de manière endogène les quantités de produits du bois prélevées (3 produits primaires), transformées (6 produits transformés, les processus de fabrication étant modélisés à l'aide de matrices entrées-sorties), échangées au niveau national ([Samuelson, 1952](#)) et international ([Armington, 1969](#) ; [Sauquet et al., 2011](#)), et leurs prix. La demande est élastique au prix, l'offre est élastique au prix et aux stocks de bois disponibles. Le module comprend 12 régions françaises et une région « reste du monde » ;
- un module de gestion forestière qui intègre la manière dont les surfaces libérées par l'exploitation du bois seront allouées entre les 6 catégories considérées. Une fois qu'une surface est libérée, celle-ci peut être laissée à la régénération naturelle (elle repoussera donc à l'identique) ou faire l'objet d'un choix actif de mode de gestion et d'espèce. Dans ce cas, la décision sera prise sur la base d'une maximisation de revenus futurs actualisés sur la base des prix de marché et de croissances du bois attendus (avec une prise en compte possible du changement climatique), dans la continuité des principes de Hartmann (voir [Rivière et Caurila, 2021](#)). La part entre gestion naturelle et gestion active est un paramètre modifiable du modèle.

Chacun de ces modèles a des avantages et des inconvénients qui lui sont propres. Sous l'angle de la modélisation de la ressource, le modèle Margot est sans conteste supérieur, dans la mesure où il permet une approche plus fine des dynamiques de croissance forestière. Le modèle FFSM souffre d'une plus forte simplification des dynamiques forestières : par exemple, le nombre d'espèces d'arbres est plus limité.

Sous l'angle des dynamiques économiques, le constat est inversé. Le modèle Margot considère les dynamiques économiques sous une forme exogène. Les prélèvements effectués en forêt sont le résultat de scénarios, de même que les choix de renouvellement forestier ou de gestion forestière. Il n'est donc pas possible d'évaluer les impacts d'une valorisation du carbone dans les écosystèmes forestiers ou d'une taxe carbone sur la filière, tout au long de la chaîne de valeurs. À l'inverse, le modèle FFSM offre une vision plus globale de la chaîne de valeur du secteur forêt-bois, en rendant endogènes les prélèvements en forêt, les modes de gestion, les quantités produites et les prix. Il est ainsi possible d'établir des scénarios comparatifs introduisant des politiques publiques (telles que des taxes ou des subventions) et analysant leurs conséquences. Il permet également de prendre en compte les décisions de long terme des gestionnaires forestiers, en analysant leurs choix de gestion.

## Les modèles d'évolution des ressources forestières montrent l'importance du changement climatique futur

Les résultats de ces travaux s'avèrent utiles lorsqu'on s'intéresse à la valorisation du carbone dans les forêts et au rôle que peuvent jouer les puits de carbone forestiers. [Lecocq et al. \(2011\)](#) et [Caurla et al. \(2013b\)](#) soulignent les possibles effets négatifs d'une politique poussant à la substitution énergétique (remplacement des énergies fossiles par le bois-énergie) au détriment du puits de carbone. En effet, ces politiques, modélisées comme des subventions aux prélèvements ou à la consommation, induisent une hausse importante des prélèvements qui conduit à une baisse du puits de carbone. À l'horizon d'une vingtaine d'années, il est montré que l'effet net en termes de carbone est négatif, avec un effet de déstockage du puits qui domine l'effet de substitution énergétique. Au contraire, [Rivière et Caurla \(2021\)](#) soulignent comment la valorisation du carbone en forêt peut contribuer à augmenter le puits sur la base d'une gestion plus active des forêts.

Plusieurs travaux explorent également les impacts possibles du changement climatique sur la filière et le puits de carbone : d'abord sous l'angle de la hausse des températures et de la mortalité des arbres ; ensuite sous l'angle des événements extrêmes (risque de feu et tempête). Premièrement, [Lobianco et al. \(2016b\)](#) et [Delacote et al. \(2021\)](#) analysent la manière dont le changement climatique est susceptible de modifier les dynamiques de la filière et du puits. Ils montrent que le changement climatique induit une baisse de la capacité de séquestration dans les forêts, en partie compensée par une gestion forestière plus active. Deuxièmement, la survenance d'événements extrêmes est introduite via des analyses du risque de feu ([Rivière et al. 2023](#)) et de tempête ([Bastit et al. 2024](#)). Il est ici montré que ces risques, souvent sous mal pris en compte dans les stratégies climatiques nationales, constituent des menaces importantes pour le puits de carbone.

Il s'agit de travaux prospectifs, sur des horizons temporels longs, qui ne constituent nullement des exercices de prévision. En effet, l'objectif est d'isoler l'impact de certaines mesures (ex : valorisation du carbone en forêt) ou la manière dont certaines dynamiques (ex : risque feu ou tempête) influencent le puits de carbone et le partage de la valeur au sein de la filière. En d'autres termes, le modèle a pour objectif de simplifier une réalité complexe afin de tirer des enseignements de long terme, en aucun cas de prédire une réalité future.

## Conclusion

Face à l'urgence climatique et à la crise forestière, il est nécessaire de faire évoluer les outils de suivi qui éclairent les politiques publiques. À l'échelle nationale et internationale, des travaux sont engagés pour mettre à jour les systèmes de comptabilité nationale afin de mieux rendre compte de la valeur des forêts et de la ressource en bois, et d'un potentiel épuisement des ressources forestières. Les comptes nationaux actuels ne reflètent pas directement les contributions de la nature ni les services rendus par les écosystèmes lorsqu'ils ne font pas l'objet d'une transaction marchande ou d'un paiement. Pour pallier ces lacunes, le développement de comptes environnementaux tels que les comptes de la forêt et les comptes d'écosystèmes est essentiel. Ces outils, désormais inscrits dans le règlement européen relatif aux comptes économiques de l'environnement<sup>27</sup>, combinent des indicateurs physiques et monétaires, venant enrichir la comptabilité nationale. Des travaux de recherche et de modélisation, basés sur ces outils et des données complémentaires encore à mobiliser, doivent être poursuivis. L'objectif est double : relever le défi méthodologique que représente la mesure monétaire des services écosystémiques et affiner l'analyse des impacts à long terme des politiques publiques sur les écosystèmes.

---

<sup>27</sup> Règlement (UE) 2024/3024 du Parlement européen et du Conseil du 27 novembre 2024 modifiant le règlement (UE) n° 691/2011 en ce qui concerne l'introduction de nouveaux modules relatifs aux comptes économiques de l'environnement

### Bibliographie

Armington P.S. (1969) : « A theory of demand for products distinguished by place of production », Staff Papers (International Monetary Fund), Vol. 16, No. 1, mars, p. 159-178.

Bastit F., Rivière M., Lobianco A., Delacote P. (2024) : « [Prospective impacts of windstorm risk on carbon sinks and the forestry sector: an integrated assessment with Monte Carlo simulations](#) », *Environmental Research Letters*, vol 19.

Beaussier T., Caurla S., Bellon-Maurel V., Delacote P., Loiseau E. (2022) : « [Deepening the territorial Life Cycle Assessment approach with partial equilibrium modelling: First insights from an application to a wood energy incentive in a French region](#) », *Resources, Conservation and Recycling*, vol 179.

Caurla S., Delacote P., Lecocq F., Barthès J., Barkaoui A. (2013a) : « [Combining an inter-sectoral carbon tax with sectoral mitigation policies: Impacts on the French forest sector](#) », *Journal of Forest Economics*, vol 19, n° 4, p. 450-461.

Caurla S., Lecocq F., Delacote P., Barkaoui A. (2013b) : « [Stimulating fuelwood consumption through public policies: An assessment of economic and resource impacts based on the French Forest Sector Model](#) », *Energy Policy*, vol 63, p. 338-347.

Caurla S., Bertrand V., Delacote P., Le Cadre E. (2018) : « [Heat or power: How to increase the use of energy wood at the lowest cost ?](#) », *Energy Economics*, vol 75, p. 85-103.

Delacote et al. (2021) : « [The Loop Effect: How Climate Change Impacts the Mitigation Potential of the French Forest Sector](#) », *Journal of Forest Economics*, vol 36, n° 3.

France Bois Forêt : « [Transformer le bois](#) ».

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020) : « [Forest Resources Assessment](#) », *Working Paper* 188.

IGN : « [Indicateurs de gestion durable](#) », Rapport 2015.IGN (2024) : « [Mémento de l'inventaire forestier](#) ».

Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) : « [Qu'est-ce que l'inventaire forestier ?](#) ».

Lecocq F., Caurla S., Delacote P., Barkaoui A., Sauquet A. (2011) : « [Paying for forest carbon or stimulating fuel-wood demand? Insights from the French forest sector model](#) », *Journal of Forest Economics*, vol 17, n° 2, p. 157-168.

Lobianco A., Caurla S., Delacote P. & Barkaoui A. (2015) : « [The importance of introducing spatial heterogeneity in bio-economic forest models: Insights gleaned from FFSM++](#) », *Ecological Modelling*, vol 309-310, p. 82-92.

Lobianco A., Delacote P., Caurla S., Barkaoui A. (2016a) : « [Accounting for active management and risk attitude in forest sector models. An impact study on French forests](#) », *Environmental Modeling and Assessment*, vol 21, n° 3, p. 391-405

Lobianco A., Caurla S., Delacote P. & Barkaoui A. (2016b) : « [Carbon mitigation potential of the French forest sector under threat of combined physical and market impacts due to climate change](#) », *Journal of Forest Economics*, vol 23, n° 1, p. 4-26

Lorang E., Lobianco A., Delacote P. (2023) : « [Increasing Paper and Cardboard Recycling: Impacts on the Forest Sector and Carbon Emissions](#) », *Environmental Modeling and Assessment*, vol 28, p. 189-200

Ministère de l'Aménagement du territoire et de la Transition écologique : « [Bilan environnemental de la France](#) », édition 2024

Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (2020) : « [Forêt – Bois](#) »

Observatoire des forêts françaises : « [Panorama des forêts](#) »

Observatoire des forêts françaises : « [Inventaire des émissions de gaz à effets de serre](#) »

Petucco C., Lobianco A., Caurla S. (2020) : « [Economic Evaluation of an Invasive Forest Pathogen at a Large Scale: The Case of Ash Dieback in France](#) », *Environmental Modeling Assessment*, vol 25, p. 1-21

Riviere M., Caurla S. (2021) : « [Landscape implications of managing forests for carbon sequestration](#) », *Forestry: An International Journal of Forest Research*, vol 94, No 1, p. 70-85

Rivière M., Lenglet J., Noirault A., Pimont F., Dupuy J.L. (2023) : « [Mapping territorial vulnerability to wildfires: A participative multi-criteria analysis](#) », *Forest Ecology and Management*, vol 539

Samuelson P.A.(1952) : « Spatial price equilibrium and linear programming », *American Economic Review* 42(3), p. 283-303.

Sauquet A., Lecocq F., Delacote P., Caurla S., Barkaoui A., Garcia S. (2011) : « [Estimating Armington elasticities for sawnwood and application to the French Forest Sector Model](#) », *Resource and Energy Economics*, vol 33, n° 4, p. 771-781

Terra Nova (2025) : « [Pour un nouveau paradigme forestier](#) »



**conseil d'analyse  
économique**

Le Conseil d'analyse économique, créé auprès du Premier ministre, a pour mission d'éclairer, par la confrontation des points de vue et des analyses de ses membres, les choix du gouvernement en matière économique.

**Président délégué** Xavier Jaravel

**Secrétaire générale** Hélène Paris

**Conseillers scientifiques**

Jean Beuve, Samuel Delpeuch,  
Claudine Desrieux, Arthur Poirier

**Économistes/Chargés d'études**

Nicolas Grimpel, Lucie Huang, Alice Lapeyre,  
Emma Laveissière, Antoine Lopes

**Assistante du président délégué**

Orkia Saïb

**Membres** Adrien Auclert, Emmanuelle Auriol,  
Antonin Berjeau, Antoine Bozio, François Fontaine,  
Julien Grenet, Fanny Henriot, Xavier Jaravel,  
Florence Jusot, Sébastien Jean, Isabelle Méjean,  
Thomas Philippon, Vincent Pons, Xavier Ragot,  
Alexandra Roulet, Katheline Schubert,  
Emmanuelle Taugourdeau, Jean Tirole

**Correspondants**

Dominique Bureau, Benoît Mojon, Anne Perrot,  
Aurélien Saussay, Ludovic Subran

Toutes les publications du Conseil d'analyse  
économique sont téléchargeables sur son site :  
[www.cae-eco.fr](http://www.cae-eco.fr)

ISSN 2971-3560 (imprimé)  
ISSN 2999-2524 (en ligne)

**Contact Presse** Hélène Spoladore  
helene.spoladore@cae-eco.fr – Tél. : 01 42 75 77 47