



MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
COHÉSION DES TERRITOIRES
TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Commission de l'économie du
**développement
durable**

Avis et recommandations n°10

Atténuation du changement
climatique et adaptation
de la gestion forestière

Décembre 2023

Les rapports et synthèses de la Commission de l'économie du développement durable sont élaborés en s'appuyant sur l'expertise de ses membres et les échanges en son sein. A défaut de consensus absolu sur tous les aspects des sujets abordés, ils visent à construire une vision partagée de leurs enjeux.

Cette synthèse s'appuie sur les auditions, le 27 novembre 2023, de Béatrice Michalland (SDES/CEDD) et de Philippe Delacote (CEC et Beta-Inrae), respectivement sur:

- les comptes de la forêt

- le rapport « Forest-based climate change mitigation and adaptation in Europe », co-écrit avec Verkerk, P.J., Hurmekoski, E., Kuntu, J., Mathews, R., Mäkipää, R., Mosley, F., Perugini, L., Reyer, C. P. O., Roe, S., Trømborg, E., European Forest Institute, 2022, et dont sont tirés la plupart des tableaux et figures de cet avis.

Atténuation du changement climatique et adaptation de la gestion forestière

1- Alors que la superficie forestière métropolitaine s'est accrue de 20% entre 1985 et 2022, la production biologique brute annuelle des forêts de production s'est tassée (87,8Mm³ sur la période 2012-2020 contre 91,5Mm³ entre 2005 et 2013). Dans le même temps (cf. tableau 1 ci-dessous), la mortalité a augmenté de 54% et les volumes de prélèvements de 20%. La combinaison de ces trois facteurs aboutit à une diminution du gain annuel de bois en forêt de 41,7Mm³ (2005-2013) à 25,4Mm³ (2012-2020).

Tableau 1. Evolution du gain annuel en bois

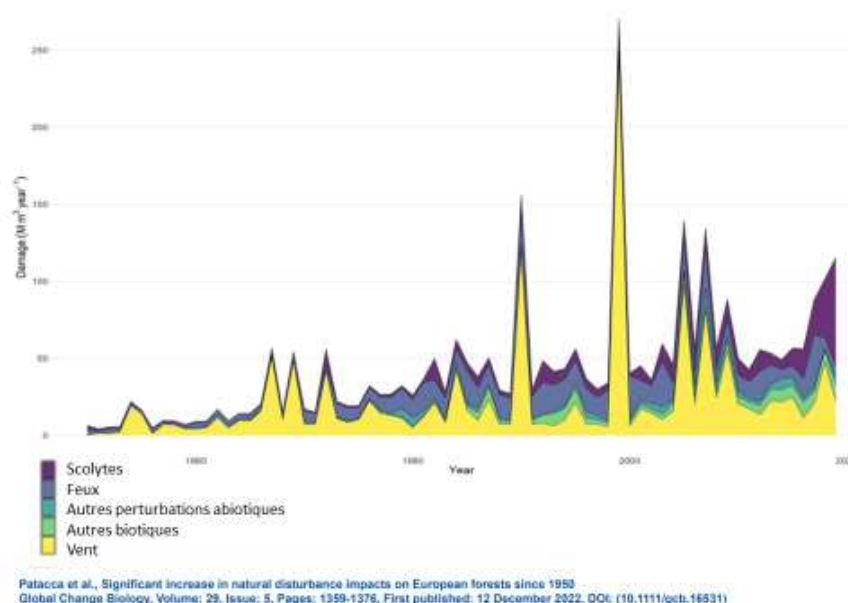
En Mm ³ /an	2005-2013	2012-2020
Production biologique brute	91,5	87,8
Mortalité	7,4	11,4
Prélèvements	42,4	51,0
Gain en forêt = production biologique brute - mortalité - prélèvements	41,7	25,4

Source : France Stratégie, d'après IGN (2022), *Mémento de l'inventaire forestier*, p. 31

La filière bois confrontée au changement climatique.

2- L'accroissement de mortalité est dû notamment à l'augmentation tendancielle des événements perturbateurs (épisodes de sécheresse, pathogènes, tempêtes et incendies), du fait notamment du changement climatique (en France mais plus généralement en Europe, cf. ci-dessous, figure 1).

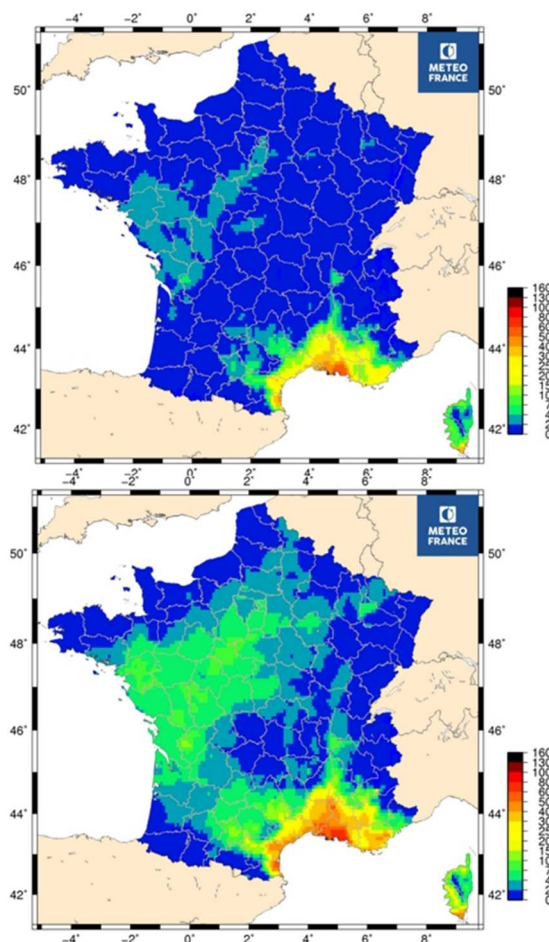
Figure 1. Accroissement tendanciel des perturbations subies par les forêts européennes depuis 1950



En effet, des hivers plus chauds favorisent les attaques de parasites (insectes et champignons) qui étaient détruits ou affaiblis par les gelées. Par ailleurs, des températures plus élevées favorisent l'évapotranspiration des plantes. La végétation s'asséchant, elle devient plus sensible au développement des incendies. Sur certaines régions, notamment le bassin méditerranéen, le réchauffement climatique devrait également entraîner une baisse de la pluviométrie durant les saisons propices aux incendies, aggravant ce risque. Enfin, dans un contexte de réchauffement global et accéléré, les événements extrêmes se multiplient.

Les modélisations, par Météo-France, d'indices caractéristiques de la propension d'un feu de forêt à s'aggraver et se propager sous l'influence des conditions météorologiques (IFM), qui prévoient une extension et une intensification du risque incendie, sont ici illustratives (cf. figure 2).

Figure 2. Evolution du risque incendie (Médiane du nombre annuel de jours IFM \geq 40 – Haut: Horizon 1990 de référence ; Bas : Horizon Milieu de siècle, source Météo-France)



Par ailleurs, le changement climatique modifie la productivité des forêts ainsi que l'aire de répartition des espèces d'arbres (cf. figure 3, source Delacote)).

Figure 3. Impacts du changement climatique



La diminution de productivité provient du manque d'eau qui provoque des arrêts précoces de la croissance des arbres et de la photosynthèse. Celle-ci réduit aussi la croissance annuelle du puits de carbone forestier.

Le puits de carbone affecté

3-Le récent Rapport du Comité des sciences de l'environnement de l'Académie des sciences (juin 2023, cf. Annexe 1) rappelle que les forêts françaises, qui occupent plus de 30 % du territoire métropolitain, contribuent de manière décisive à la lutte contre le réchauffement climatique en piégeant le CO₂ atmosphérique.

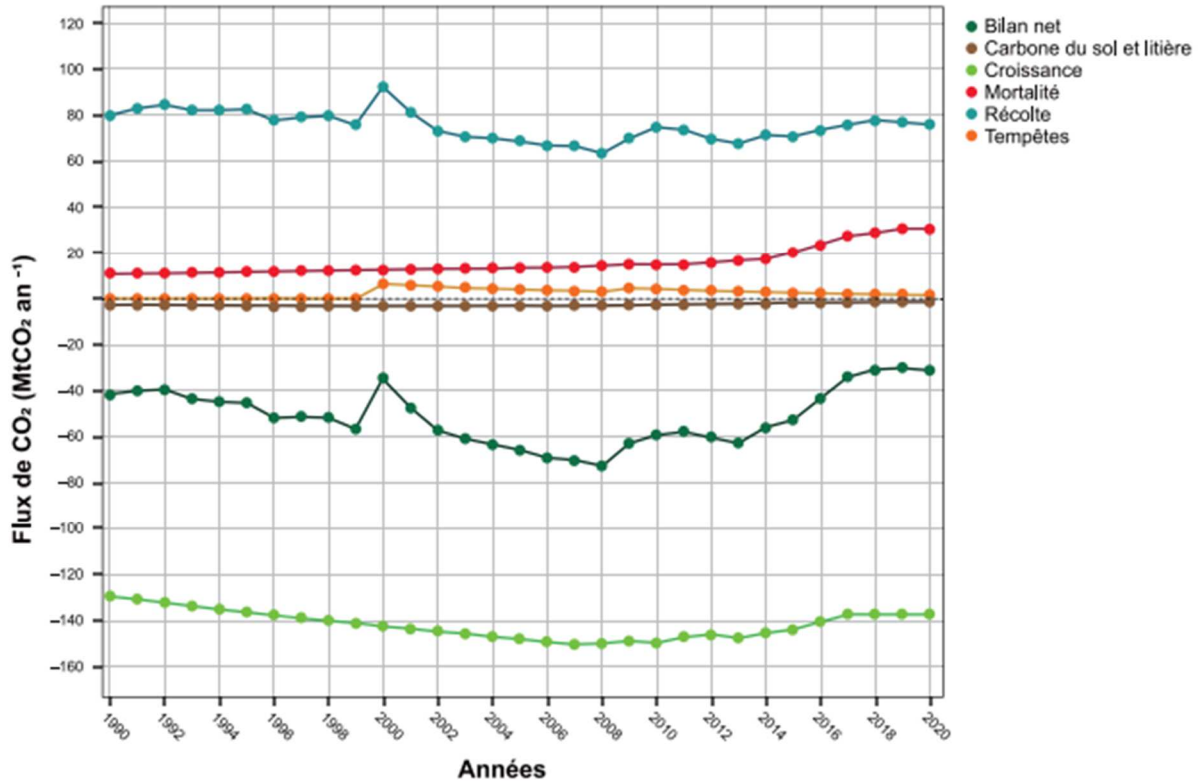
En effet, à l'instar des océans, les forêts font partie des principaux puits de carbone atmosphérique à l'échelle globale, ces réservoirs -naturels ou artificiels- qui stockent le CO₂ en dehors de l'atmosphère. Elles soustraient du dioxyde de carbone à l'atmosphère grâce à la photosynthèse puis le stockent dans le bois et dans les sols. Le CO₂ y est "piégé" pendant plusieurs dizaines ou centaines d'années selon le mode d'exploitation des forêts et le devenir du bois récolté.

Ce rapport met notamment en évidence la diminution du puits de carbone forestier depuis une dizaine d'années, sous les effets conjoints de l'augmentation des prélèvements et du changement climatique. La séquestration de carbone a diminué d'un quart depuis 10 ans (cf. Figure 4).

S'appuyant sur les derniers bilans de l'Inventaire forestier national et du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), ainsi que sur les projections réalisées sur l'évolution du puits et du stock de carbone en forêt, il en conclut que les objectifs gouvernementaux de lutte contre le changement climatique ne pourront pas être tenus et doivent être révisés.

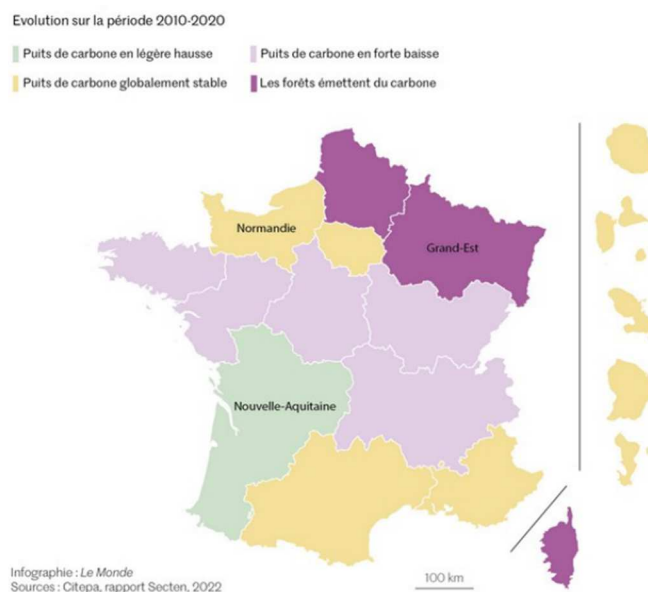
Figure 4. Bilan carbone de la forêt française

Les absorptions nettes de CO₂ sont des flux négatifs et correspondent à la croissance des forêts établies. Les émissions de CO₂ pour la forêt sont des flux positifs et correspondent aux prélèvements de bois, à la mortalité naturelle et aux mortalités exceptionnelles liées aux tempêtes Lothar et Martin (1999) et Klaus (2009). Données CITEPA 2022. Source : Académie des Sciences, 2023



Ce bilan global cache par ailleurs des hétérogénéités importantes entre régions, certaines forêts étant devenues émettrices nettes de carbone.

Figure 5. Des forêts devenues émettrices nettes de carbone (source. Citepa, 2022)



La capacité de notre forêt à jouer le rôle qui en était attendu en matière d'atténuation du changement climatique se trouve donc questionnée, ainsi que les politiques à mettre en œuvre pour l'adapter au changement climatique.

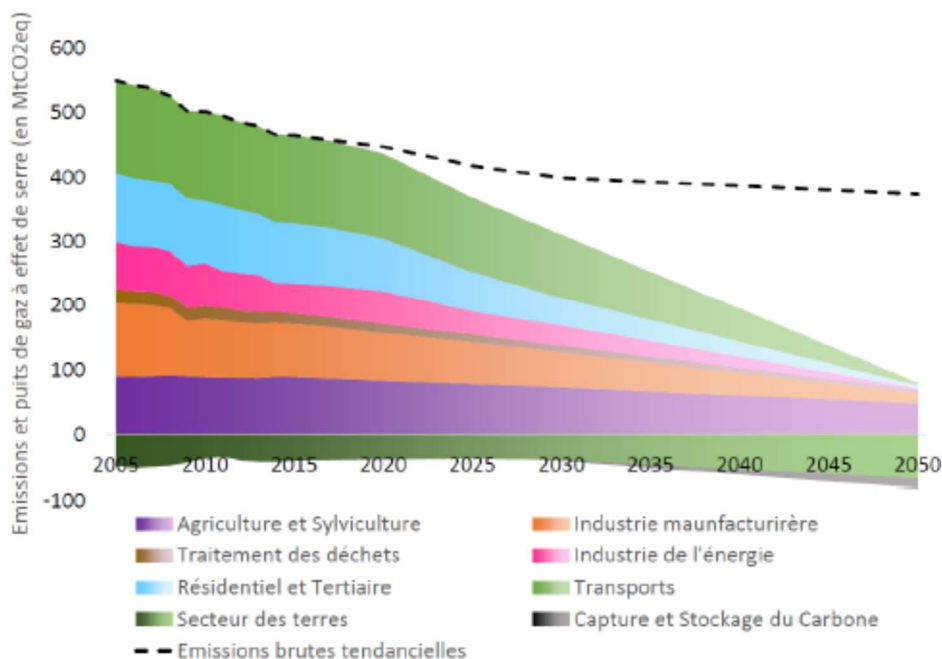
Une pièce essentielle des politiques de décarbonation menacée

4-La filière bois intervient dans les stratégies de décarbonation en tant que ressource alternative renouvelable aux combustibles fossiles, sous réserve que les émissions associées à son utilisation énergétique soient effectivement compensées par les politiques de régénération. Au-delà, on attend une mobilisation accrue du puits de carbone forestier, de manière à disposer de possibilités d'émissions résiduelles suffisantes pour les secteurs où la décarbonation apparaît excessivement coûteuse ou techniquement très difficile.

La forêt contribuait ainsi au scénario de la « SNBC 2 », adoptée en 2020, en tant que « puits de carbone forestier », par la production de matériaux biosourcés pouvant se substituer à des matériaux émetteurs, et par la production de biomasse (bois énergie, produits connexes des industries de transformation du bois, et déchets bois). Le puits de carbone forestier apparaissait même comme la véritable variable d'ajustement de la stratégie (cf. Figure 6), pour compenser les émissions résiduelles de process et de l'agriculture.

Figure 6. SNBC 2020

Trajectoire des émissions et des puits de gaz à effet de serre sur le territoire national entre 2005 et 2050 dans le scénario AMS



5-Dans ce scénario, la surface forestière continuait à s'accroître, encouragée par l'afforestation (plantation d'arbres sur des surfaces n'appartenant pas à l'aire forestière, notamment des terres agricoles délaissées. A distinguer du reboisement ou

de la reforestation de surfaces déboisées) et la récolte augmentait progressivement pour passer de 48 Mm³ en 2015 à 65 Mm³ en 2030 et 83 Mm³ en 2050. De plus, il était supposé que l'usage du bois comme matériau se développait fortement par rapport à l'usage énergétique, la production de produits bois à longue durée de vie (notamment utilisés dans la construction) triplant entre 2015 et 2050. Au final, le puits de la filière forêt-bois était supposé maintenu malgré la baisse dans les forêts actuelles engendrée par l'augmentation de récolte, essentiellement grâce aux puits des produits bois et des nouvelles forêts.

La synthèse du plan « Mieux agir. La planification écologique » présenté en septembre 2023 constate que l'état de nos forêts s'est dégradé de manière beaucoup plus rapide qu'anticipée. En conséquence, il est noté que nous devons adapter et restaurer nos forêts pour maintenir la capacité de notre puits forestier, ainsi que préserver les services naturels que nous rend la forêt (qualité des sols, lutte contre l'érosion, qualité du cycle de l'eau, paysages...).

Conserver et restaurer le potentiel forestier, nouvelles priorités

6-Certes, les évolutions récentes confirment les orientations concernant les inflexions à opérer entre bois-énergie et autres produits bois ainsi que le besoin de gestion plus durable de nos forêts. Mais elles conduisent à des questionnements plus radicaux (cf. note de France Stratégie, « Vers une planification de la filière forêt-bois », 2023), l'adaptation au changement climatique tendant à être considérée comme un préalable dans ce nouveau contexte.

En effet, il apparaît irréaliste de continuer à faire reposer le bouclage des budgets carbone sur des capacités de stockage du carbone dont on ne peut ignorer le caractère plus incertain. De même, les émissions évitées par substitution grâce à l'utilisation du bois-énergie sont à réévaluer. Enfin, les accroissements de prélèvements envisagés apparaissent difficilement compatibles avec la préservation de la biodiversité.

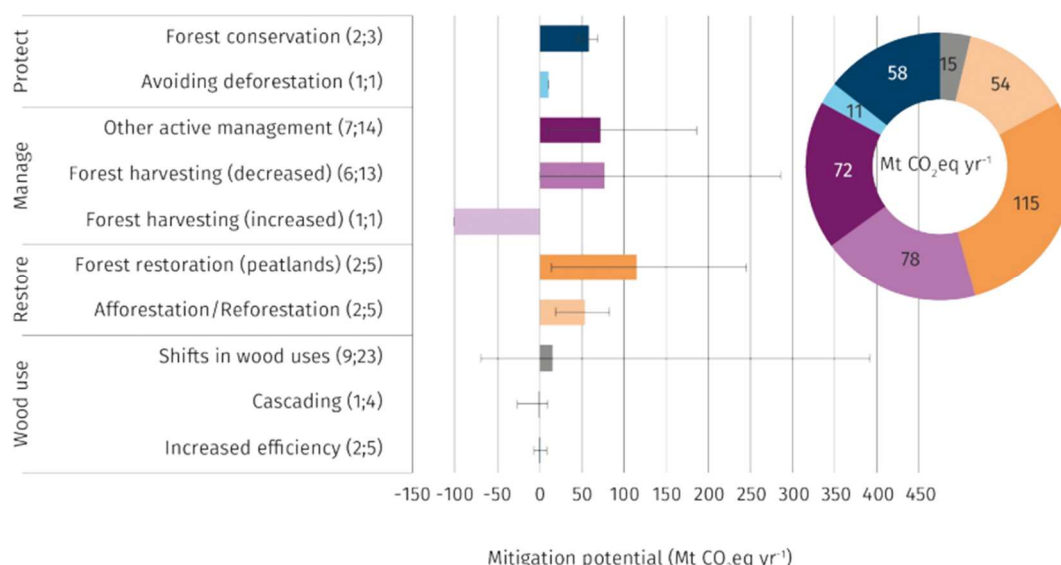
7-Alors que l'accroissement de la production pour substituer la biomasse aux combustibles fossiles et l'accroissement du puits de carbone semblaient aisément compatibles, de véritables arbitrages à opérer émergent, que la politique forestière doit reconnaître (cf. tableau 2 ci-dessous, source rapport Delacote et al., op.cit.). Ces éléments sont cruciaux pour apprécier si le potentiel de séquestration additionnelle est à chercher d'abord des usages du bois ou plutôt des politiques de restauration et d'adaptation pour rendre nos forêts plus résilientes, procurant des bénéfices multiples ; et comment ?

Tableau 2. Interactions, antagonismes, synergies et co-bénéfices entre les différents leviers des politiques forestières

Category	Activity	Impact on other mitigation activities	Interaction with adaptation	Impact on biodiversity
Protect	Avoiding deforestation	Limited or no impacts	Supports adaptation of surrounding forests	Avoids loss of biodiversity
	Forest conservation	Potentially reduces active management and wood use	Supports natural adaptation but decreases options for active adaptation	Supports biodiversity in protected forests
Manage	Forest harvest (decreased)	Potentially reduces active management and wood use	Can foster drought tolerance but decrease stand stability	Supports biodiversity in forests experiencing lower harvest pressure
	Active management (other than harvesting)	Potentially reduces forest conservation	Possible trade-off between carbon storage and fitness	Supports or decreases biodiversity depending on the type of active management
Restore	Forest restoration	Limited or no impacts	Careful selection of species and forest types for restoration improves resilience	Supports biodiversity when structural diversity and tree species diversity increases
	Afforestation/Reforestation	Limited or no impacts	Possible trade-off between establishing resilient forests or maximising sequestration	Supports biodiversity when degraded land is reforested. Reduces biodiversity when ecosystems with high biodiversity are afforested
Wood use	Shifts in wood uses (including by-products)	Limited or no impacts if no additional harvest	Balance between generating revenues to support adaptation actions and increasing harvest pressure which may hamper adaptation	Supports biodiversity when lowering harvest pressure on forests and when less polluting manufacturing processes are applied
	Cascading (end-of-life)	Limited or no impacts	Can reduce harvest pressure on forests to enable focus on adaptation and natural processes	Supports biodiversity by when lowering harvest pressure on forests
	Increased efficiency	Limited or no impacts	Can reduce harvest pressure on forests to enable focus on adaptation and natural processes	Supports biodiversity when lowering harvest pressure on forests and when less polluting manufacturing processes are applied

8-Ces questions ne sont pas propres à la France. Se plaçant au niveau mondial, un article de synthèse récent¹ établit qu'actuellement le stockage du carbone par la forêt est nettement inférieur au potentiel naturel, une grande partie du gisement se trouvant dans les forêts existantes, puis là où les forêts ont été supprimées ou fragmentées. La conclusion est que « **les forêts ne peuvent pas être un substitut aux réductions d'émissions, mais que la conservation, la restauration et la gestion durable des forêts offrent de précieuses contributions à la réalisation des objectifs mondiaux en matière de climat et de biodiversité** ». La figure 7 propose une estimation des différents leviers au niveau européen.

Figure 7 Potentiel d'atténuation forestier en Europe (Verkerk et al., 2022)



¹ Nature, 7 décembre 2023

Besoin d'évaluation et d'optimisation des politiques

9-Dans ce contexte, l'évaluation des politiques forestières est un impératif. Certes, celle-ci est complexe compte-tenu des multiples interactions et incertitudes à prendre en compte. Il importe donc de développer des approches synthétiques qualifiant les différents enjeux : options possibles en matière de gestion forestière et d'utilisation des produits ; perspective de long-terme et adaptation au changement climatique. De plus, les approches macroéconomiques pour définir les objectifs « macro » doivent être couplées avec une gestion locale prenant en compte les spécificités des écosystèmes et de la filière.

10-L'évaluation socio-économique des choix forestiers a une longue tradition puisqu'elle remonte au XIX^e siècle avec les travaux de Faustmann. On peut incorporer dans ce cadre d'analyse les enjeux carbone et les services récréatifs, et plus généralement tous les services pour lesquels on dispose de références monétaires.

Ce type d'études intégrées est courant pour ré-optimiser les durées de rotation dans le nouveau contexte climatique ou pour apprécier les pondérations des différents enjeux par rapport à des choix plus stratégiques. A cet égard, **la revue récente de Bateman et al. (2022, cf. Annexe 2)² souligne l'importance du puits de carbone forestier, mais à intégrer dans une vision d'ensemble des bénéfices et coûts à prendre en compte.** Si les incertitudes sur les résultats de ce type d'études ne doivent pas être masquées, ces travaux fournissent des points de repères utiles. Souvent, ils permettent aussi d'identifier les angles morts sur les impacts à combler.

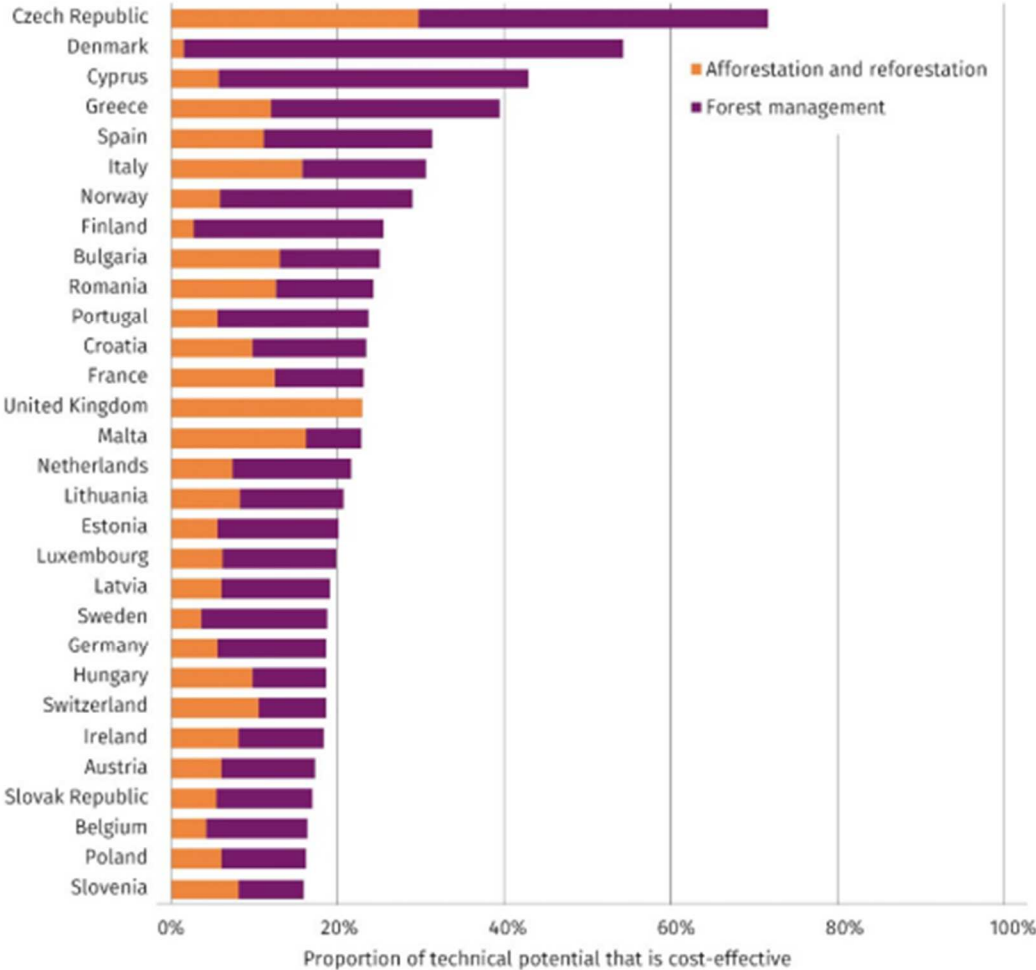
A titre d'illustration, la figure 8 ci-dessous propose une estimation des gisements d'atténuation « coûts-efficaces » par nature, entre reforestation/afforestation et modes de gestion.

La prise en compte des enjeux liés à la biodiversité dans ce cadre demeure plus délicate. Cependant, on dispose d'éléments pour cerner les congruence ou éventuels antagonismes avec les évaluations intégrées. Ceci est essentiel pour la conception des instruments des politiques forestières, qui doivent combiner des paiements pour services environnementaux incitatifs -bien conçus au regard des services visés- et des pratiques reconnues par des labels solides.

Evidemment, ces évaluations et la définition des politiques en ce domaine nécessitent des données sur le fonctionnement de la filière forêt-bois et sur les différents impacts (cf. Annexe 3).

² « A review of planting principles to identify the right place for the right tree for 'net zero plus' woodlands: Applying a place-based natural capital framework for sustainable, efficient and equitable (SEE) decisions », People and Nature, John Wiley & Sons, British Ecological Society

Figure 8. Potentiel des leviers coûts-efficaces (Roe et al. 2021; Verkerk et al. 2022)



Annexe 1. Résumé du Rapport « Les forêts françaises face au changement climatique » Comité des sciences de l'environnement de l'Académie des sciences et points de vue d'Académiciens de l'Académie d'Agriculture de France - juin 2023.

Les forêts françaises couvrent 31% du territoire métropolitain. Elles contribuent de multiples façons au bien-être humain (production de bois, purification de l'air et de l'eau, maintien des sols, habitat pour la biodiversité, alimentation, santé, activités récréatives, etc.) et participent aux Objectifs de Développement Durable fixés par l'ONU. En particulier, la France s'étant engagée à atteindre la neutralité carbone dès 2050, le rôle de puits et de stockage de carbone des forêts est considéré comme un élément majeur de sa Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC).

Depuis quelques années, les forêts françaises, dont la surface n'avait cessé de croître depuis plus d'un siècle, connaissent, de façon inquiétante, une diminution de productivité, des dépérissements massifs et un risque incendie accru. Le changement climatique en cours met ainsi en péril les ressources forestières et leur contribution attendue pour préserver la biodiversité, favoriser le développement rural et la bioéconomie, renforcer la production de bois, assurer le bien-être sociétal et équilibrer le bilan carbone de la France. Les enjeux sont considérables et l'orchestration des mesures à prendre s'avère extrêmement délicate en raison de la diversité des attentes de la société.

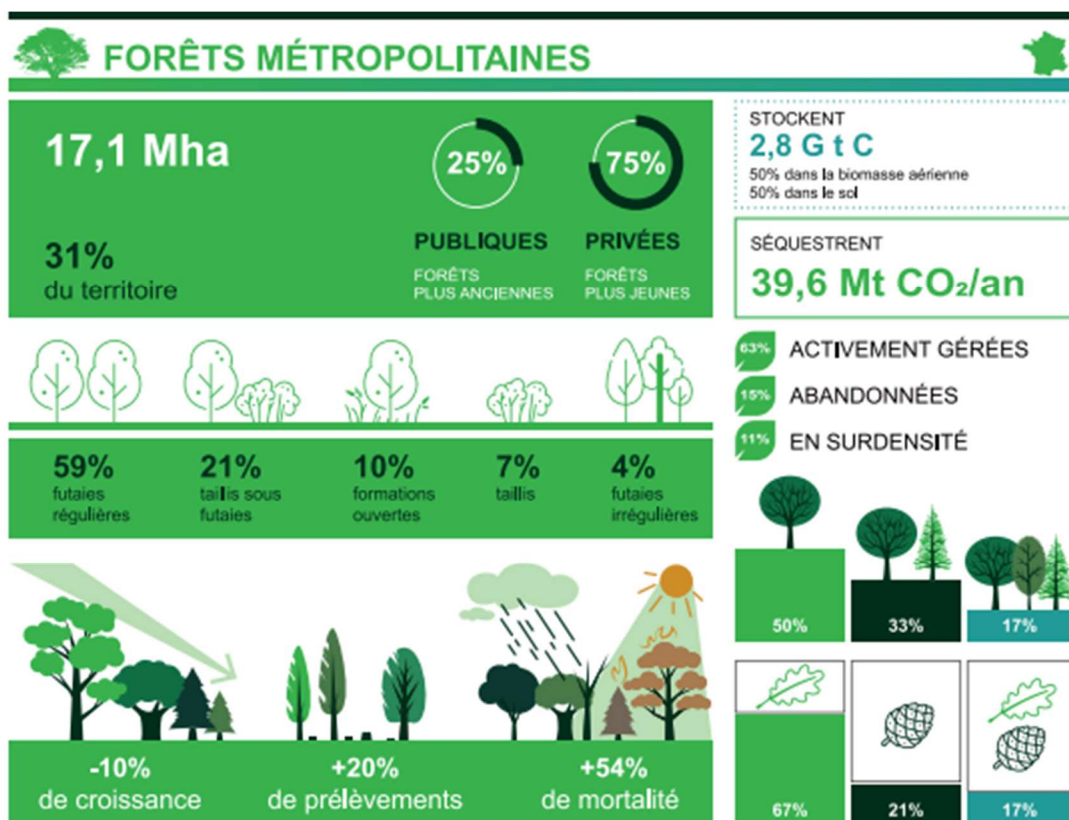
L'Académie des sciences dresse ici un état des lieux des connaissances actuelles sur les diverses contributions des forêts à la société, puis identifie les défis à relever au regard des menaces actuelles et à venir. Finalement, elle présente un ensemble de recommandations pour assurer simultanément la résilience des forêts, leur rôle de puits de carbone, la production de bois, la préservation de la biodiversité, et la qualité des autres contributions du milieu forestier au bien-être humain.

Les recherches scientifiques devront porter sur les connaissances nécessaires à la compréhension du bilan carbone des forêts, l'adaptation du milieu forestier au changement climatique et l'efficacité d'utilisation du bois. Des modèles capables de simuler l'évolution des forêts en réponse aux perturbations naturelles et anthropiques ainsi que les pratiques sylvicoles doivent être développés. Les données nécessaires à leur validation (composition des peuplements, biomasse aérienne et souterraine, flux de carbone) doivent être acquises et diffusées largement. La prise en compte des facteurs physico-chimiques, biologiques, économiques et sociaux dans l'évaluation des enjeux liés aux forêts nécessite des études interdisciplinaires. Enfin, une méthodologie vérifiable et transparente de calcul des émissions évitées grâce aux usages du bois est nécessaire pour évaluer la contribution des produits bois aux objectifs de la SNBC.

Un effort majeur de gestion forestière est nécessaire pour optimiser à l'échelle nationale l'adaptation des forêts au changement climatique, la production de bois et la préservation de la biodiversité. Ces pratiques doivent être flexibles, évolutives et

adaptées au contexte socio-écologique local. Pour gérer les effets du changement climatique par une stratégie sans regrets, la structure des peuplements devra être ajustée en favorisant la sylviculture à couvert continu, en ajustant les densités de peuplement aux conditions hydriques, en augmentant la diversité des essences, en évitant autant que possible les coupes rases dont les impacts écologiques et climatiques sont trop importants, et en conservant des vieux arbres qui sont des refuges pour la biodiversité et représentent un patrimoine génétique à préserver.

Le rôle de la filière bois sera crucial pour la réussite de la transition énergétique. La filière devra optimiser son bilan carbone depuis le prélèvement en forêt jusqu'au recyclage des produits bois et des connexes de scierie. Sa réindustrialisation doit être soutenue afin de permettre la transformation du bois français en France, le développement des produits bois à longue durée de vie, la valorisation des bois de feuillus, et une maîtrise à court-terme des volumes de produits à courte durée de vie. Les politiques publiques devront accompagner la filière forêt-bois de manière cohérente pour assurer le succès de la transition énergétique. La récente diminution du puits net de carbone des forêts appelle à une révision urgente de la SNBC dont les objectifs ne seront pas tenus. D'autres scénarios doivent être évalués sur un temps long et en s'inscrivant dans une approche écosystémique et multifonctionnelle de la forêt. Enfin la gouvernance forestière devra mieux prendre en compte les intérêts et souhaits des différents acteurs.



Annexe 2. Etude anglaise « A review of planting principles to identify the right place for the right tree for 'net zero plus' woodlands: Applying a place-based natural capital framework for sustainable, efficient and equitable (SEE) decisions », I.Bateman et al., 2022

L'article décrit les principes d'une approche en termes d'évaluation du capital naturel et les applique au domaine des forêts, dans le contexte de leur contribution à l'atteinte de l'objectif zéro émission nette de gaz à effet de serre (cf. schéma ci-dessous).

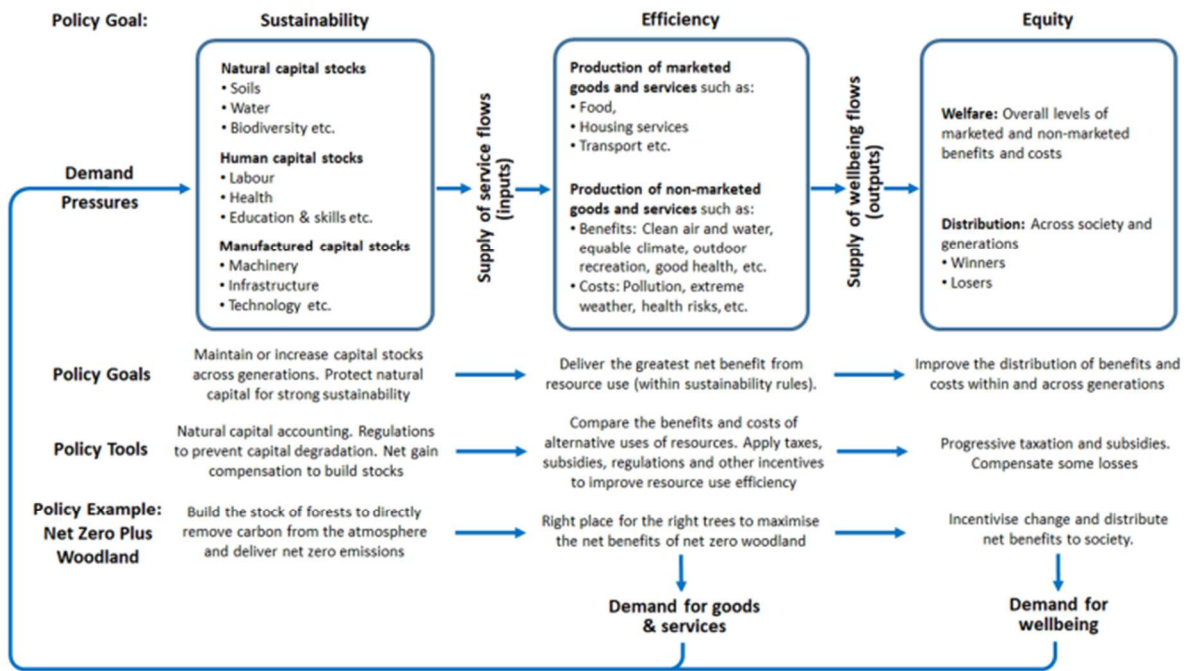


FIGURE 1 Natural capital framework for sustainable, efficient and equitable (SEE) policy formation and decision making with examples from UK woodland creation

Soulignant que l'on dispose de références documentant la grande variété d'avantages potentiels que peuvent fournir les forêts, il met en exergue qu'une focalisation uniquement sur le stockage du carbone négligerait les autres avantages que procurent les forêts. L'évaluation des politiques doit absolument prendre en compte tous ces avantages potentiels, ainsi que les coûts associés, pour que « les bons endroits soient plantés avec les bons arbres ».

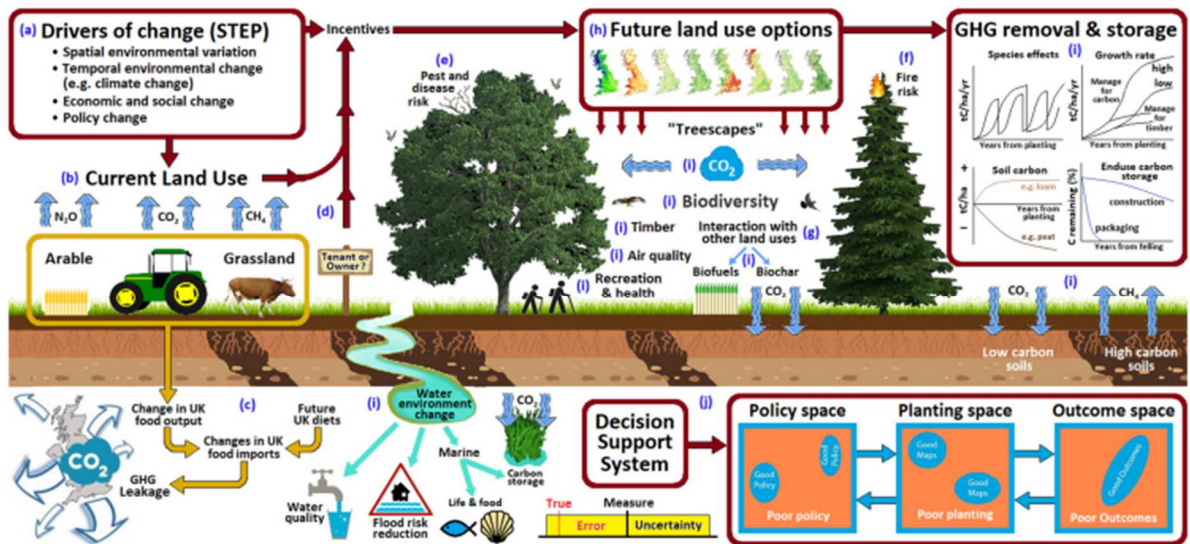


FIGURE 7 The dimensions of a robust woodland creation decision support system (DSS)

