

AVIS D'EXPERTS

Janv.
2022

Forêt, bois énergie et changement climatique

Le « bois-énergie » est la première énergie renouvelable en France, représentant près de 33 % de la production actuelle d'énergie renouvelable. Il a un rôle majeur à jouer dans la transition énergétique de la France.

Cet avis porte sur la contribution à l'atténuation du changement climatique du développement de la production de chaleur à partir de plaquettes forestières, en prenant en compte l'éventuelle baisse du puits forestier liée à une augmentation de la récolte de bois en forêt. Il est basé sur les résultats de l'analyse du cycle de vie du bois-énergie collectif et industriel publiée par l'ADEME, qui propose une première approche de quantification des bilans de gaz à effet de serre (GES) de la production de chaleur à partir de plaquettes forestières issues de différents scénarios sylvicoles dans un contexte d'augmentation de la récolte de bois. Les exemples étudiés montrent une grande variabilité du bilan GES global en fonction des pratiques sylvicoles considérées, et confirme donc l'importance de mieux prendre en compte les variations de puits de carbone forestier dans l'évaluation environnementale du bois énergie dans un contexte d'augmentation des prélèvements.

Afin d'optimiser sa contribution à l'atténuation du changement climatique, l'ADEME recommande de favoriser les pratiques sylvicoles permettant d'augmenter la production de bois énergie tout en limitant la diminution ou en augmentant les stocks moyens de carbone en forêt.

TABLE DES MATIERES

Ce qu'il faut retenir	2
1. Préambule	4
2. Contexte et enjeux	4
1. Trois rôles de la forêt dans l'atténuation du changement climatique	4
2. Impact d'une augmentation de la récolte de bois sur le puits forestier	5
3. Des objectifs ambitieux de développement du bois énergie	6
4. Comptabilisation des émissions biogéniques de la filière bois énergie	8
3. Les recommandations de l'ADEME.....	12
4. Pour en savoir plus.....	12
Annexe 1 – Définitions.....	14
Annexe 2 : Les scénarios projets étudiés.....	15

Ce qu'il faut retenir

Le bois énergie est la première énergie renouvelable en France, avec près de 33 % de la production actuelle d'énergie renouvelable. Il a un rôle majeur à jouer dans la transition énergétique de la France. Il contribue à réduire l'utilisation des ressources fossiles, à améliorer notre indépendance énergétique et à développer une économie créatrice d'emplois notamment dans les zones rurales.

Les objectifs d'augmentation de la production de chaleur à partir de biomasse définis dans la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie sont ambitieux pour les secteurs collectifs, industriels et domestiques.

L'atteinte de ces objectifs devra s'appuyer d'une part sur une hausse des prélèvements de bois en forêt, et d'autre part sur une diversification de l'approvisionnement en biomasse. Pour les secteurs collectifs et industriels en particulier, la biomasse utilisée pour produire de la chaleur peut être diverse, avec une part de bois issu de coupes en forêt ou d'arbres hors forêt (espaces verts et haies) de faible qualité mais également des produits bois en fin de vie, des connexes ou sous-produits de l'industrie de transformation du bois, et des sous-produits agricoles.

Cet avis porte uniquement sur la contribution à l'atténuation du changement climatique du développement de la production de chaleur à partir de plaquettes forestières, en prenant en compte l'éventuelle baisse du puits forestier liée à une augmentation de la récolte de bois en forêt.

Le bois énergie est souvent associée à l'idée de neutralité carbone, notamment parce que dans la majorité des contextes réglementaires ou méthodologiques, sa combustion est associée à une émission de CO₂ nulle (facteur d'émission égal à zéro alors que du CO₂ est physiquement émis vers l'atmosphère)¹. Cette convention de calcul est basée sur l'hypothèse d'un équilibre immédiat entre les émissions de CO₂ engendrées par la combustion du bois et les quantités de CO₂ absorbées lors de la croissance des arbres. Cette hypothèse ne permet pas d'évaluer en réalité l'incidence (positive ou négative) d'une modification du niveau de récolte de bois et des pratiques sylvicoles, induite par le développement du bois-énergie, sur les stocks de carbone et leur évolution en forêt. Elle ne permet pas non plus de tenir compte des dynamiques temporelles des flux liés aux processus de stockage ou déstockage du carbone, selon l'année où cette séquestration ou cette émission a lieu.

Dans un avis récent, l'ADEME rappelle que la neutralité carbone vise à contrebalancer, à l'échelle du globe, toute émission de gaz à effet de serre (GES) issue de l'activité humaine par des séquestrations de quantités équivalentes de CO₂, elle n'a de sens qu'à l'échelle de la planète ou des Etats coordonnés au travers de l'Accord de Paris, et ne doit pas s'appliquer à une autre échelle (territoire infranational, organisation (entreprises, associations, collectivités, etc.), bien ou service, etc.).² La France s'est engagée à atteindre la neutralité carbone sur son territoire à l'horizon 2050.

Plusieurs études scientifiques indiquent que l'augmentation des prélèvements dans les forêts existantes réduirait le rôle de puits de carbone que ces écosystèmes forestiers peuvent jouer à l'horizon 2050. L'effet, dont l'ampleur reste incertaine, dépend du niveau de prélèvement de bois, des pratiques sylvicoles mises en œuvre et de la manière dont elles peuvent améliorer ou détériorer la résilience des forêts face au changement climatique et aux diverses crises qu'elles pourraient être amenées à subir.

Les prélèvements additionnels peuvent donc avoir un impact significatif (positif ou négatif) sur le bilan carbone du bois énergie en fonction du type de massif forestier considéré, des pratiques sylvicoles, de l'horizon temporel et du scénario de référence. Ainsi, **l'ADEME recommande que l'impact induit par une augmentation de la récolte sur les stocks de carbone ou le puits de carbone forestier soit pris en compte dans l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre associées au bois énergie**

Dans une publication récente³, l'ADEME propose une première approche de quantification des bilans de gaz à effet de serre (GES) de la production de chaleur à partir de plaquettes forestières issues de différents scénarios sylvicoles dans un contexte d'augmentation de récolte de bois. Cette approche a permis de prendre en compte

¹ Citepa, Rapport Secten édition 2020 (analyse complémentaire), « La biomasse énergie est-elle neutre en carbone ? » Etienne Mathias & Colas Robert

² <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4524-avis-de-l-ademe-la-neutralite-carbone.html>

³ <https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/5214-analyse-du-cycle-de-vie-du-bois-energie-collectif-et-industriel.html>

l'impact, des variations de carbone dans une parcelle forestière et dans les produits bois, en lien avec des changements de pratiques sylvicoles ou d'occupation des sols. Elle a permis ainsi d'évaluer l'impact d'une récolte accrue de bois sur le stockage de carbone forestier au niveau de cette parcelle et des produits bois générés, par rapport à un scénario de référence.

Les exemples étudiés montrent une grande variabilité du bilan GES global⁴ de la production de chaleur à partir de plaquettes forestières en fonction des pratiques sylvicoles considérées, et confirme donc **l'importance de mieux prendre en compte les variations de puits de carbone forestier dans l'évaluation environnementale du bois énergie dans un contexte d'augmentation des prélèvements. Ainsi, bien que de fortes incertitudes soient associées aux calculs, l'intégration de cet impact de l'amont forestier dans le calcul du facteur d'émission peut le rendre négatif et conduire à une augmentation très significative des stocks de carbone, avoir un effet négligeable ou encore à le dégrader et, dans un cas extrême, le rendre proche de celui du gaz fossile.** Dans les exemples étudiés, la pratique favorisant le stockage de carbone correspond à de nouveaux boisements sur des terres actuellement non boisées en déprise agricole ou des friches urbaines. Les pratiques conduisant à dégrader le facteur d'émission à 30 ans sont notamment la nouvelle exploitation de taillis non exploités, en maintenant un régime de taillis ou par transformation en plantation, et l'exploitation des souches. Les conclusions de cette étude confirment le besoin d'approfondir les connaissances et de faire évoluer les pratiques sylvicoles pour privilégier les plus vertueuses en matière de bilan GES.

Pour chaque cas d'étude, ces résultats ont été évalués pour une parcelle, un type de sylviculture et une essence donnée. Ils ne peuvent donc pas être appliqués au niveau national du fait de l'importante variabilité des sylvicultures, essences et contextes pédoclimatiques en France. Ces travaux ne permettent donc pas pour l'instant de proposer une mise à jour du facteur d'émission moyen du bois énergie en France qui prendrait en compte l'impact moyen sur les puits de carbone.

Par ailleurs, cette approche permet de confirmer les pratiques sylvicoles permettant d'augmenter la production de bois énergie tout en limitant la diminution ou en augmentant les stocks moyens de carbone en forêt. Ainsi il est recommandé de prioriser l'usage du bois ne trouvant pas de débouché matériau et :

- qui aurait dans tous les cas été coupé : actions sylvicoles nécessaires à la récolte du bois d'œuvre (coupes de cloisonnement, etc.), coupes sanitaires, récolte du houppier tout en laissant des menus bois au sol ;
- qui favorise la production de bois d'œuvre : coupes sélectives des arbres de faible diamètre ;
- issu de nouveaux boisements sur des terres actuellement non boisées en déprise agricole ou des friches urbaines.

De plus, l'ADEME recommande de respecter le principe de **priorisation de l'usage du bois dans des matériaux à longue durée de vie** (charpente et couverture, menuiserie et revêtement de sol, ameublement, etc.). En effet, ces matériaux stockent pendant leur durée de vie une partie du carbone prélevé en forêt et peuvent se substituer à d'autres plus émetteurs de gaz à effet de serre (acier, béton, plastique, etc.).

Au contraire, les pratiques qui présentent un plus fort risque de déstockage ou de réduction des dynamiques de stockage, et d'altération de la qualité du sol ou de la biodiversité, sont à éviter : utilisation de gros bois de qualité matériau directement en énergie ; mise en œuvre d'une sylviculture orientée uniquement à la production d'énergie ; transformation des forêts anciennes⁵ en plantations monospécifiques à plus courte rotation ; récolte de souches (sauf exceptions pour risques sanitaires) ; récolte des menus bois au-dessus des seuils recommandés. Des bonnes pratiques ont été décrites dans deux publications récentes de l'ADEME^{6,7}. Pour favoriser cette priorisation, la diversification des plans d'approvisionnement des chaufferies collectives et industrielles, notamment aidées dans le cadre du Fonds chaleur, doit continuer à être favorisée, notamment le recours aux sous-produits agricoles (ex anas le lin, etc.) et industriels, et aux produits bois en fin de vie.

⁴ prenant en compte les émissions fossiles tout au long du cycle de vie (approvisionnement du combustible, consommation des installations, gestion des cendres...), et l'impact sur le stockage de carbone forestier

⁵ Dont le sol est boisé depuis au moins 150 à 200 ans.

⁶ ADEME, [Récolte durable pour la production des plaquettes forestières - Enjeux et bonnes pratiques : focus sur la préservation des sols](#), 2020

⁷ ADEME, [Forêts et usages du bois dans l'atténuation du changement climatique](#), 2021

1. Préambule

Les forêts rendent de nombreux services essentiels à la société. Elles constituent des réservoirs de biodiversité inestimables, contribuent à la conservation des sols et de la qualité des eaux, au captage et au stockage du carbone, aux valeurs et services socio-culturels et fournissent du bois pour les matériaux et l'énergie.

En 2015, l'ADEME a publié un avis décrivant l'effet d'une augmentation des prélèvements dans les forêts existantes sur l'évolution de la séquestration de carbone dans les écosystèmes, par rapport à un scénario de référence « au fil de l'eau » (sans changements dans la gestion)⁸. Dans des conditions environnementales stables, cette augmentation des prélèvements se traduit par une diminution du niveau de stockage de carbone en forêt par rapport au scénario « au fil de l'eau »⁹. Cette diminution de stockage de carbone en forêt est compensée dans le temps par le stockage additionnel de carbone dans les produits bois et par les émissions fossiles évitées par la substitution énergie et matériau. Cependant, **un délai appelé « temps de retour carbone », est nécessaire avant l'obtention de bénéfices en termes d'émissions de GES évitées.** Ce délai dépend des conditions du territoire (productivité des essences, type de sol, antécédents culturaux, risque d'événement extrême, etc.), du type de gestion forestière, de la répartition de la récolte entre les différents usages (matériaux, industrie, énergie) et de l'ampleur de la substitution énergétique et de la substitution matériau. **Le temps de retour carbone est d'autant plus court que l'usage du bois prélevé est optimisé.**

Plusieurs travaux scientifiques compilés par le Centre de recherche de la Commission Européenne (JRC)¹⁰ confirment cette analyse et montrent que, **selon la ressource utilisée pour produire de l'énergie, les gains en matière d'émissions de GES évitées par rapport à des sources d'énergie fossile peuvent être réalisables soit à court terme (10 ans) soit à moyen ou long terme (50 ans ou plus).**

Depuis 2015, des travaux scientifiques et études stratégiques ont été conduits et repris dans la sphère internationale ou nationale sur cette question¹¹, confirmant la nécessité d'intégrer les impacts sur les stocks et les puits de carbone en forêt liés à une modification du niveau de récolte de bois ou des pratiques sylvicoles dans le bilan carbone des énergies ou produits à base de bois prélevé en forêt.

L'avis proposé ici vise à mettre en lumière les derniers enseignements acquis sur l'effet du développement de la **filière bois énergie** sur les stocks de carbone et le puits forestier.

2. Contexte et enjeux

1. Trois rôles de la forêt dans l'atténuation du changement climatique

En absorbant du dioxyde de carbone (CO₂), grâce à la photosynthèse, les forêts jouent trois rôles essentiels dans l'atténuation du changement climatique¹² :

- 1) un rôle de **réservoir** du fait du stockage de carbone (dit « biogénique ») dans la végétation (y compris le bois mort et la litière) et les sols des forêts, ainsi que dans les produits bois ;
- 2) un rôle de **puits** si les stocks de carbone dans le réservoir forestier augmentent permettant ainsi de retirer du CO₂ de l'atmosphère¹³ ;

⁸ Par manque de connaissances disponibles, il a été considéré que les scénarios d'augmentation des prélèvements et de référence étaient impactés de la même façon par les perturbations naturelles. Or les modes de gestion peuvent influencer de manière significative sur les impacts des perturbations naturelles sur la séquestration et les stocks de carbone en forêt.

⁹ Toutefois, l'augmentation des prélèvements, en induisant une modification des pratiques sylvicoles peut conduire, dans certains cas, à une séquestration de carbone additionnelle (ex : conversion de taillis en futaie, sur-densification des futaies, augmentation de densité des plantations, amélioration génétique).

¹⁰ Voir références JRC 2014 et JRC 2021

¹¹ Des références précises sont indiquées dans la rubrique en savoir plus.

¹² Un court lexique est proposé en annexe du présent document.

¹³ Inversement une réduction des stocks génère des émissions de CO₂ : c'est une source de carbone. Actuellement en France les forêts constituent également un puits de carbone car les stocks de carbone des forêts augmentent chaque année, notamment lié à un niveau de prélèvement inférieur à l'accroissement biologique net de la mortalité.

3) un rôle de **réduction des émissions d'origine fossile** grâce à l'utilisation du bois en **substitution** d'autres matériaux (acier, ciment, etc.) ou énergies (charbon, pétrole, gaz, etc.), davantage consommateurs ou émetteurs de carbone fossile.

Par sa capacité à maintenir et à augmenter les stocks de carbone en dehors de l'atmosphère, dans les forêts et les produits bois (rôle 1 et 2), et à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'origine fossile (rôle 3), **le secteur forêt-bois est stratégique pour atteindre l'objectif de neutralité carbone en 2050**. Ces mécanismes doivent être évalués conjointement car ils sont interconnectés : **une action de réduction des émissions d'origine fossile par substitution, ou destinée à favoriser le stockage dans les produits bois, peut avoir un effet sur la fonction de puits ou de réservoir de carbone des forêts.**

2. Impact d'une augmentation de la récolte de bois sur le puits forestier

Dans des conditions environnementales stables, lorsque l'exploitation de la forêt atteint une forme de régime permanent (maintien du niveau de prélèvement de bois, des pratiques sylvicoles et de la surface des forêts), alors les stocks de carbone à l'échelle des massifs forestiers tendent à l'équilibre sur le long terme. De même, lorsqu'on maintient une stabilité au sein de la filière bois (niveau de récolte de bois, répartition de la récolte entre les différents usages, durée de vie des produits bois, taux de recyclage matière, etc.), les stocks de carbone dans les produits bois tendent également à l'équilibre sur le long terme. Le puits forestier est amené à s'annuler à long terme car l'augmentation de stock de carbone est limitée.

Une augmentation de la récolte ou une modification de gestion sylvicole peut perturber cet équilibre et avoir un effet sur le niveau de stockage du carbone dans les écosystèmes. Cette augmentation de la récolte aura également une incidence sur le stockage de carbone dans les produits bois. Par ailleurs, les effets du changement climatique sur les forêts peuvent également perturber cet équilibre en augmentant la mortalité ou en impactant l'accroissement biologique. **Ceci révèle la nécessité de développer, des approches nouvelles pour intégrer les variations de stocks et puits dans les forêts et les produits bois liées à une augmentation des prélèvements.**

En France, les stocks de carbone en forêt ne sont pas encore arrivés à l'équilibre. La forêt française est un puits de carbone comme le confirme le dernier rapport du Citepa¹⁴. Ceci est lié en partie au fort rythme d'augmentation de la surface forestière (9,5 Mha en 1830 à 16,9 Mha en 2018). Par ailleurs, jusqu'à présent, le prélèvement de bois est resté inférieur à l'accroissement biologique net de la forêt¹⁵. Cependant, la dynamique d'augmentation de stock sur pied ralentit sous l'effet de plusieurs phénomènes (maturité des peuplements, changement climatique, mortalité, augmentation des prélèvements...). Les dernières données de l'Inventaire Forestier National (IFN) montrent même une stabilisation des stocks de bois sur pied en 2019¹⁶. Ces résultats portent sur une période trop courte pour en dégager des enseignements, et devront être affinés ou révisés dans les prochaines campagnes d'inventaire.

Deux études¹⁷ scientifiques conduites à l'échelle nationale montrent qu'une augmentation des prélèvements de bois en forêt (tout en restant en deçà de l'accroissement biologique net des forêts) réduirait de façon significative le puits de carbone forestier à l'horizon 2050. En effet, dans l'hypothèse où l'on maintiendrait la même structure de filière bois (répartition de la récolte entre les différents usages, durée de vie des produits, etc.), l'augmentation des stocks de carbone dans les produits bois induite par l'augmentation des prélèvements ne compenserait que partiellement la réduction du puits dans la forêt. La compensation plus ou moins importante de cette réduction du puits dans les forêts par l'augmentation du stockage dans les produits bois dépend notamment de la répartition de la récolte entre les différents usages du bois et de la durée de vie des produits bois.

L'effet plus ou moins important de la hausse des récoltes sur le puits et sur les stocks de carbone en forêt dépend du niveau d'augmentation de la récolte de bois, des pratiques sylvicoles mises en œuvre, ainsi que de la manière dont ces pratiques peuvent améliorer ou détériorer la résilience des forêts face au changement climatique et

¹⁴ <https://www.citepa.org/fr/secten>

¹⁵ Selon l'inventaire forestier de l'IGN, le volume de bois prélevé chaque année représente en moyenne 60 % de l'accroissement net des forêts de l'hexagone sur la période 2009-2017.

¹⁶ https://www.ign.fr/sites/default/files/2021-03/ign_cp_donnees_inventaire2019_memento2020.pdf

¹⁷ Voir références : Roux A., Colin A., Dhote J.-F., Schmitt B. (coord.) et al., 2020 et Valade A., Bellassen V., Luyssaert S., Vallet P., Njakou Djomo S., 2017

aux diverses crises qu'elles pourraient être amenées à subir (tempêtes, incendies, sécheresse, invasions biologiques, etc.).

RESILIENCE ET ADAPTATION DES FORETS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les forêts sont sensibles à la fois aux évolutions climatiques, à la pollution atmosphérique et à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes. Ces perturbations conduisent à une modification de la vitesse de croissance et à une surmortalité des peuplements, et peuvent également modifier les aires potentielles de répartition des essences. Ces impacts auront donc des conséquences sur les services écosystémiques fournis par les forêts.

Les forêts ont la capacité de résister et de se régénérer, permettant à l'écosystème de revenir à un nouvel état d'équilibre. Cette résilience écologique peut s'observer à plus ou moins long terme après un événement de dépérissement ou une perturbation. Cependant, la dynamique des changements attendus peut dépasser dans certaines situations leur capacité d'adaptation naturelle, ou avoir lieu sur des échelles de temps très longues. Dans ce contexte, favoriser la résilience des forêts peut jouer un rôle majeur pour limiter la dégradation des forêts et des services écosystémiques associés.

De façon générale, les pratiques favorisant la résilience des peuplements et réduisant les risques face aux impacts attendus du changement climatique sur les forêts sont donc à favoriser. La diversité constitue un élément central des stratégies.

On considère généralement que la résilience des peuplements repose sur la diversité des essences et des structures à différentes échelles géographiques ou à l'échelle des peuplements (diversité des essences, âges et tailles sur la parcelle).

La préservation de la qualité des sols et de la biodiversité (y compris le patrimoine génétique) favorise le bon fonctionnement des écosystèmes et donc leur résilience. Elle repose sur certains points de vigilance rappelés dans des publications récentes de l'ADEME : éviter le labour du sol en plein avant plantation, prendre des mesures contre le tassement des sols, préserver les zones humides et les cours d'eau, conserver une part de gros et petits bois morts par terre et debout ainsi que des arbres creux, limiter la récolte des rémanents des coupes (menus bois et souches), créer des trames de vieux bois ou îlots de vieillissement, etc.

La **diversification des modes de gestion** diminue les risques dans l'espace et dans le temps. La gestion forestière représente une des solutions pour maîtriser une partie des risques, grâce au contrôle de la densité et de l'âge des peuplements, ainsi qu'à l'adaptation des essences aux conditions de station qui évoluent dans le temps. **Laisser certaines surfaces en libre évolution** (sans intervention) contribue également à diversifier les modes de gestion et à favoriser les mécanismes naturels d'adaptation des forêts.

Pour définir des stratégies d'adaptations des forêts au changement climatique adaptées aux différentes situations les diagnostics de vulnérabilité et de biodiversité à l'échelle des peuplements sont des outils à encourager.

3. Des objectifs ambitieux de développement du bois énergie

Le bois énergie regroupe à la fois le bois utilisé par les ménages (appareils indépendants de chauffage type inserts, poêles ainsi que les chaudières dans les maisons et les immeubles collectifs), les chaufferies biomasse dans l'industrie, l'agriculture, le collectif et le tertiaire, ainsi que la chaleur renouvelable produite par les cogénérations biomasse.

Le bois énergie est aujourd'hui la première énergie renouvelable en France, et représente à lui seul 33% de la production d'énergie renouvelable¹⁸. Il a un rôle majeur à jouer dans la transition énergétique de la France.

Les objectifs d'augmentation de la production de chaleur à partir de biomasse définis dans la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) sont ambitieux à la fois pour les secteurs collectif, industriel et domestique.

Dans les secteurs collectif et tertiaire, le développement des réseaux de chaleur est indispensable pour mobiliser massivement les gisements locaux d'énergie renouvelable et de récupération (EnR&R) non distribuables autrement.

¹⁸ www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-du-climat-france-europe-et-monde-edition-2022

Dans l'industrie, l'enjeu est le remplacement des chaudières alimentées en énergie fossile par des chaudières biomasse, mais également par d'autres énergies renouvelables ou de récupération (chaleur fatale, géothermie, solaire).

Enfin, s'agissant du chauffage au bois domestique, il s'agit de remplacer à un rythme rapide les appareils indépendants de chauffage au bois peu performants par des équipements plus performants en termes de rendement énergétique et d'émissions de polluants atmosphériques. Cette action de renouvellement des appareils à bois est à inscrire dans une politique globale de rénovation énergétique des logements et de baisses de consommation. Ces actions de renouvellement du parc doivent également s'accompagner de la mise en œuvre de bonnes pratiques (qualité du combustible, gestion du feu, entretien) et d'un dimensionnement de l'appareil adapté au besoin.

L'atteinte des objectifs de production de chaleur à partir de biomasse devra s'appuyer sur une hausse des prélèvements de bois en forêt et sur une diversification de l'approvisionnement (bois déchet, connexes de scieries, sous-produits agricoles et industriels). Néanmoins, les objectifs de mobilisation de la biomasse à des fins énergétiques définis par la PPE **ont été fixés en s'assurant que le taux de prélèvement pour l'ensemble des usages de la biomasse reste en deçà de l'accroissement des forêts**. L'étude prospective IGN/FCBA/ ADEME¹⁹ montre un potentiel de récolte additionnelle important en forêt grâce à une dynamisation de la sylviculture, tout en maintenant des pratiques de gestion durable. Ces perspectives devront probablement être adaptées lors de la révision de la PPE pour prendre en compte les résultats des derniers inventaires forestiers qui laissent à penser que le changement climatique aurait déjà des effets sur le rythme de croissance forestière et sur la mortalité.

Tous secteurs d'utilisation confondus, le bois énergie représente au total environ 21,3 Mm³ de bois prélevé directement en forêt en 2018 (8,6 Mm³ commercialisé dont 2,7Mm³ pour les plaquettes forestières ; environ 12,6 Mm³ autoconsommé²⁰) sur un total d'environ 55,8 Mm³ récolté en France métropolitaine²¹.

Pour le chauffage domestique au bois, le bois bûche est la ressource majoritairement utilisée. Il s'agit essentiellement d'une ressource locale constituée à 64 % de bois prélevé en forêt, à 23 % de bois issu de l'entretien des vergers ou des haies et à 13 % de bois de récupération/de rebuts. On constate qu'au fil des années, le volume de bois de chauffage domestique est en diminution du fait du meilleur rendement des appareils, d'une meilleure isolation des logements et du développement des appareils à granulés. Les granulés sont en majeure partie produits à partir de connexes de scierie.²²

Pour les secteurs collectif et industriel, la ressource utilisée peut être diverse incluant la valorisation des produits bois matériau en fin de vie, des connexes ou sous-produits de l'industrie de transformation du bois, du bois issu de coupes en forêt ou d'arbres hors forêt (espaces verts et haies) et des sous-produits agricoles. (Tableau 1).

Tableau 1 : Part des différentes ressources de bois énergie consommées, selon le secteur²³

	Chauffage au bois collectif	Secteur industriel
Plaquettes forestières*	70 %	35,5 %
Déchets verts et bois issu de coupes hors forêt	10 %	7 %
Connexes des industries du bois	6 %	13 %
Produits bois matériaux en fin de vie	8 %	20 %
Sous-produits agricoles	1 %	4,5 %
Sous-produits industriels et autres	-	20 %
Granulé	5 %	-

* Bois prélevé directement en forêt

¹⁹<https://bibliothèque.ademe.fr/produire-autrement/2514-disponibilites-forestieres-pour-l-energie-et-les-materiaux-a-l-horizon-2035.html>

²⁰ En considérant que 75% du bois autoconsommé provient des forêts

²¹ dont 38,9 Mm³ de bois commercialisé et 16,9 Mm³ autoconsommé intégrant forêt et hors forêt

²² ADEME, Solagro, Biomasse Normandie, BVA, 2018. [Etude sur le chauffage domestique au bois : Marchés et approvisionnement](#)

²³ Ces données sont issues d'une enquête interne de 2016.

La hausse prévue de production de chaleur à partir de biomasse sera essentiellement portée par les secteurs collectifs et industriels. La part des plaquettes forestières dans le mix global d’approvisionnement de ces deux secteurs ne devrait cependant pas augmenter. Il est plutôt attendu une plus forte utilisation de déchets de bois (bois B, bois souillé) dans le secteur industriel, aux dépens des bois d’emballage SSD (sortie du statut de déchet, typiquement des palettes) et des connexes des industries du bois. Dans le secteur collectif, il est attendu un développement du granulé (valorisant des connexes de scieries) ainsi que des déchets verts et du bois hors forêt, aux dépens des connexes et bois SSD.²³

Dans ce contexte, le débat actuel sur le bilan carbone du bois énergie²⁴ ne concerne pas toutes les ressources, mais plus particulièrement le développement des récoltes directes de bois énergie (plaquettes forestières) en forêt et les pratiques sylvicoles associées.

4. Comptabilisation des émissions biogéniques de la filière bois énergie

Les inventaires nationaux

Dans l’inventaire national des gaz à effet de serre, les émissions de CO₂ liées à la combustion du bois énergie sont comptabilisées au moment des prélèvements de bois dans le calcul du puits de carbone forestier. Cette comptabilisation est réalisée dans le secteur intitulé « Utilisation des terres, changement d’affectation des terres et foresterie » (UTCATF). Pour ne pas donner lieu à de problèmes de double compte, ces émissions biogéniques ne sont pas comptabilisées dans le secteur de l’énergie. Le calcul du puits forestier correspond au bilan net entre les captations de carbone liées à la croissance des arbres, et les émissions de carbone liées à la dégradation/combustion du bois soit par mortalité naturelle ou à cause d’évènements extrêmes (ex : incendie), soit à l’issue des prélèvements du bois. En effet, le carbone stocké dans l’arbre prélevé est réémis sous forme de CO₂ lors de la dégradation des rémanents en forêt, et lors de la fin de vie des produits et combustibles bois. Ainsi le puits forestier intègre les variations de stock de carbone dans les forêts et dans les produits bois (en tenant compte de la durée de vie du bois mort et des produits bois). Les variations de stock de carbone dans les forêts intègrent également les éventuelles variations de stocks de carbone dans la litière et les sols.

Pour prendre en compte les effets sur le puits forestier d’une modification des pratiques sylvicoles ou du taux de prélèvements du bois dans les forêts existantes, le Règlement (UE) n° 2018/841 relatif au secteur UTCATF marque l’obligation de comptabilisation du puits forestier par rapport à un niveau de référence projeté, établi sur la base des pratiques historiques²⁵.

Les facteurs d’émissions issus des Analyses de Cycle de Vie (ACV)

L’analyse du cycle de vie est l’outil le plus abouti en matière d’évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux. Cette méthode normalisée permet de mesurer les effets quantifiables de produits (biens ou services) sur l’environnement. Parmi les impacts environnementaux qu’il est possible d’évaluer figure l’impact sur le changement climatique, par unité de produit. Par exemple, pour l’évaluation de l’impact sur le changement climatique de la production d’1MWh de chaleur produit à partir de plaquette, le résultat sera exprimé en kg de CO₂ équivalent (on comptabilise plusieurs types de gaz à effet de serre (GES), convertis en équivalents CO₂) émis par MWh de chaleur produite. Ce chiffre est appelé « facteur d’émission ».

²⁴ Le 11 février 2021, plus de 500 scientifiques ont adressé [une lettre](#) aux présidents américain et sud-coréen, au premier ministre japonais, à la présidente de la Commission européenne et au président du Conseil européen, dans laquelle ils s’opposent aux coupes de bois en forêt dédiées au bois énergie.

²⁵ FRL pour « Forest Reference Level » en anglais. La comparaison entre le puits forestier, estimé selon des catégories comptables propres au règlement n°2018/841 (« terres forestières gérées »), et le FRL permettra de comptabiliser un débit comptable ou crédit comptable, calculé sur chaque période d’engagement. Pour plus d’information voir : « [Plan Comptable Forestier National de la France incluant le Niveau de Référence pour les Forêts \(FRL\) pour les périodes 2021-2025 et 2026-2030](#) »

Dans les facteurs d'émission GES des combustibles bois intégrés dans des bases de données publiques (ex : Base Carbone® de l'ADEME), **les émissions de CO₂ issues de la combustion du bois sont considérées comme équivalentes aux flux captés lors de la croissance des arbres**. Ce bilan CO₂ global nul est considéré valable en France comme dans tous les pays où il y a peu de déforestation, et lorsque les prélèvements du bois restent en deçà de l'accroissement biologique forestier. Cependant, **ces conditions (non déforestation et prélèvements en deçà de l'accroissement au niveau national) sont nécessaires mais non suffisantes pour évaluer l'impact climatique des émissions de CO₂ biogéniques d'origine anthropique**. En effet, ce bilan CO₂ global nul ne permet pas de tenir pleinement compte des impacts de changements de pratiques de gestion forestières sur les stocks (à des échelles infranationale) et sur les puits de carbone. Cela ne permet pas non plus de tenir compte des dynamiques temporelles des processus de stockage et déstockage du carbone selon l'année où cette séquestration ou émission a lieu. En effet, augmenter la récolte augmente les émissions de CO₂ biogéniques (combustion/dégradation du bois prélevé en forêt) alors que l'accroissement biologique des forêts n'augmente ni au même rythme ni dans les mêmes proportions. Les échelles de temps sont importantes : d'un côté la régénération met du temps à reconstituer les stocks et de l'autre côté, sans la hausse de la récolte, le carbone serait resté séquestré dans les forêts plus longtemps et les arbres auraient également pu continuer leur croissance (cette croissance plafonne toutefois à un certain âge, ce qui implique que l'impact est borné). Par ailleurs, intensifier les coupes peut conduire à réduire les dynamiques de stockage du carbone dans les sols.

Révision du principe de neutralité des émissions de CO₂ de combustion du bois dans les facteurs d'émission

L'ACV sur le bois énergie collectif et industriel, publiée par l'ADEME en 2021, permet d'analyser les bilans environnementaux de divers scénarios (ressources bois, puissance chaufferie, chaleur/cogénération, etc.). **Une partie de l'étude plus exploratoire**, sur un nombre limité de cas-types (1-remise en gestion d'un taillis, 2-récolte accrue de produits annexes à la récolte de bois d'oeuvre, 3-plantation sur une terre arable non boisée en déprise agricole), **permet de mieux prendre en compte l'effet de l'augmentation des prélèvements sur le puits et sur les stocks de carbone dans les forêts** en se comparant par rapport des scénarios de référence (1-évolution du taillis sans coupe, 2-les produits annexes des coupes de bois d'oeuvre restent en forêt et se décomposent 3-colonisation lente de la parcelle non boisée par un boisement spontané).

Parmi les enseignements phares de cette étude, il apparaît que la gestion sylvicole a une influence significative sur le bilan GES total (biogénique et fossile²⁶) de la production d'énergie à partir de plaquettes forestières issues d'une augmentation de la récolte de bois et engendre une grande variabilité telle que présentée sur la figure ci-dessous.

Cette variabilité est fonction :

- du système de gestion sylvicole mis en œuvre :
 - la remise en gestion d'un taillis en **bleu**,
 - la récolte accrue de produits annexes à la récolte de bois d'oeuvre en **jaune**,
 - la plantation sur déprise agricole en **vert** ;
- de l'horizon de temps considéré :
 - en couleur foncée l'horizon à 30 ans (court-terme),
 - en couleur claire l'horizon à 100 ans (moyen-terme) ;
- de l'évolution des stocks de carbone dans le scénario de référence considéré.

Au sein de ce bilan GES total, la contribution des GES d'origine fossile est faible (entre 11 et 32 kgCO₂ éq/MWh_{th} selon le scénario sylvicole) par rapport à la contribution des GES d'origine biogénique.

²⁶ Les émissions de GES fossiles associées à l'ensemble du cycle de vie du bois énergie intègrent l'utilisation des énergies fossiles pour la gestion sylvicole, la préparation du combustible, le transport, le fonctionnement des chaufferies et la gestion de cendres.

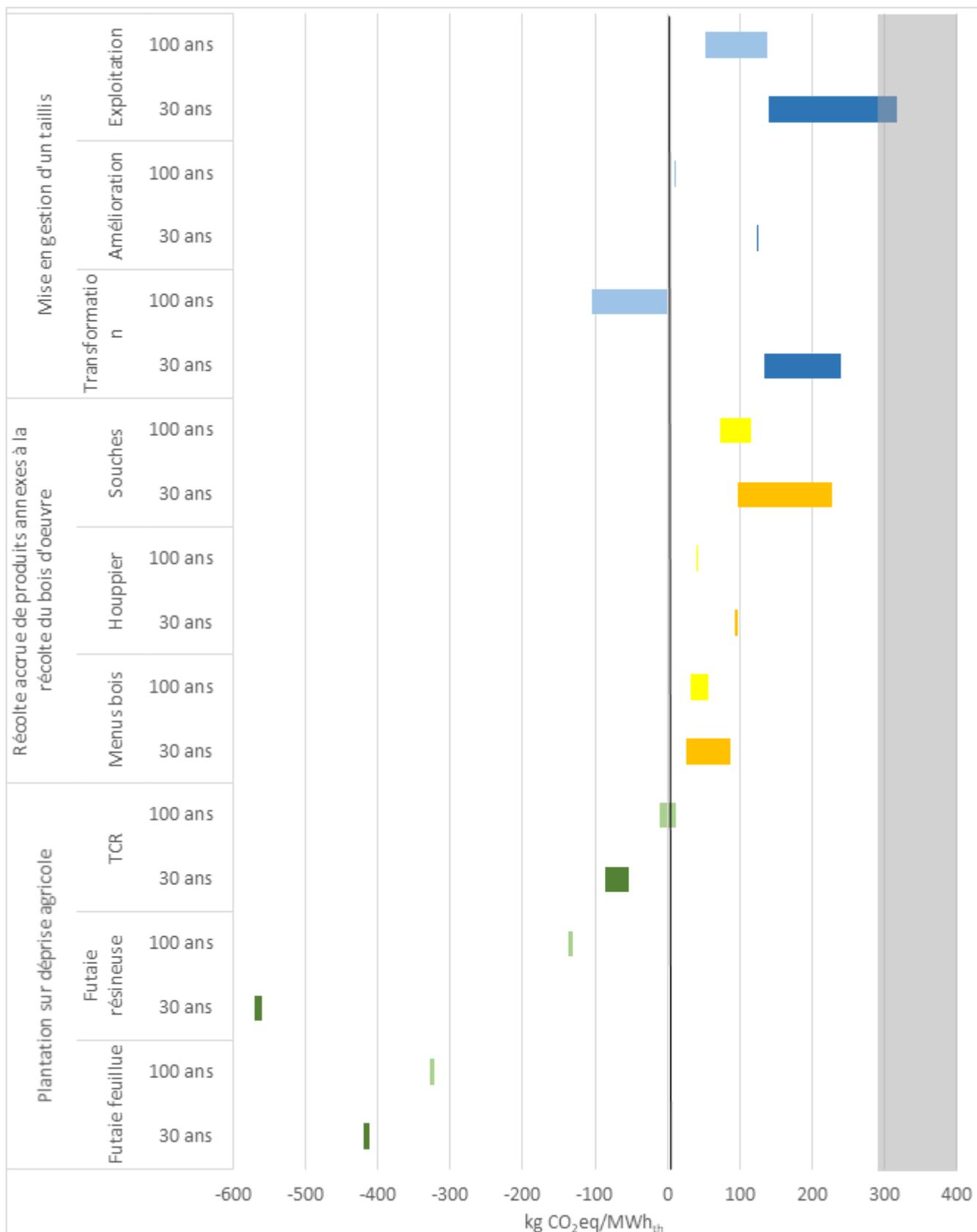


Figure : Bilan GES²⁷ (biogénique et fossile) de la production d'1 MWh de chaleur à partir de plaquettes forestières issues de différents scénarios sylvicoles, permettant une augmentation de la récolte du bois énergie. *La zone grisée correspond à la fourchette d'émissions*

²⁷ Ici, un bilan GES supérieur à zéro représente une augmentation de carbone dans l'atmosphère par rapport à la situation de référence (soit par une réduction des puits de carbone soit par une émission de GES). Un bilan GES inférieur à zéro réduit la quantité de GES atmosphérique par un renforcement des puits de carbone dans le réservoir forestier par rapport à la référence.

GES de la filière gaz nature²⁸. Le maximum de cette fourchette correspond à la variante avec des fuites de méthane élevées, et le minimum correspond à un haut rendement de la chaufferie gaz et à de faibles fuites de méthane.

Bien que des fortes incertitudes soient associées aux calculs (notamment l'évolution des stocks de carbone en forêt dans le scénario de référence et les impacts sur le carbone du sol), les résultats pour les cas-types étudiés montrent que :

- À court terme (30 ans), le bilan GES de la production d'énergie à partir de plaquettes issues des scénarios d'augmentation de récolte sur la forêt existante est dégradé. Le scénario le plus défavorable du point de vue du bilan GES correspond à **la remise en gestion des taillis en maintenant un système d'exploitation en taillis suivi du scénario de récolte de souches** et du scénario **transformation**. Inversement, le scénario le plus favorable du point de vue du bilan GES correspond à la **plantation sur déprise agricole**.

- À plus long terme (100 ans), le bilan GES de la production d'énergie à partir de plaquettes issues des scénarios d'augmentation de la récolte sur des forêts existantes s'améliore. L'impact sur les GES atmosphériques à 30 ans est toujours supérieur à celui à 100 ans. En effet, à 100 ans, les stocks de carbone dans les écosystèmes après la récolte accrue du bois présente une reconstitution plus importante et les stocks dans le scénario de référence plafonnent ou se réduisent. **Ainsi, pour les stratégies d'augmentation des prélèvement du bois dans les forêts existantes, le bilan GES est meilleur pour les horizons de temps longs.**

A contrario, pour les plantation sur terres non boisées en déprise agricole, l'impact sur les GES atmosphérique à 100 ans se dégrade (car les stocks dans le scénario de référence continuent à augmenter contrairement au scénario plantation, du fait des récoltes de bois), mais le facteur d'émission reste proche de zéro (Taillis à courte rotation), ou nettement négatif (résineux ou feuillus).

Les résultats pour les cas-types étudiés (figure ci-dessus) montrent que le **bilan GES biogénique à 30 ans et à 100 ans de la production d'1 MWh de chaleur à partir de plaquettes forestières, sur une parcelle donnée, dans un contexte d'augmentation de la récolte de bois, peut être négatif ou positif, et varie sur une plage importante et influe de manière significative sur le bilan GES total.**

Il ressort également que le bilan GES total de ces exemples reste plus faible que celui de la production de la même quantité d'énergie à partir de gaz naturel, sauf dans un cas spécifique. En effet, ce résultat s'observe pour l'ensemble des scénarios étudiés intégrant une augmentation de la récolte de bois, sauf pour le résultat à 30 ans **du scénario concernant la nouvelle gestion d'un taillis existant en maintenant un système d'exploitation en taillis**. Dans ce dernier cas, on trouve un recouvrement entre les bilans GES totaux pour la production d'1 MWh de chaleur en chaufferie alimentée par du bois et par du gaz. Ces résultats sont évalués pour une parcelle et une type de sylviculture/essence donnée et ne peuvent donc pas être appliqués au niveau national du fait de la variabilité des sylvicultures, essences et contextes pédoclimatiques en France. Ces travaux ne permettent donc pas pour l'instant de proposer une mise à jour du facteur d'émission moyen du bois énergie en France qui prendrait en compte l'impact moyen sur les puits de carbone.

Cette approche de quantification est considérée comme « innovante et exploratoire » et devra faire l'objet d'approfondissements. En effet, l'interprétation des résultats doit se faire en tenant compte des limites de l'étude relatives aux données et à la méthodologie.

Par ailleurs, cette approche permet d'apporter des éléments pour confirmer les pratiques sylvicoles permettant d'augmenter la production de bois énergie tout en limitant la diminution ou en augmentant les stocks moyens de carbone en forêt. Par exemple, créer des systèmes forestiers productifs dans les zones de déprise agricole non boisée, tout en respectant les bonnes pratiques pour préserver la biodiversité et le paysage, peut générer des gisements de bois énergie intéressants. Les résultats confirment les recommandations actuelles sur les pratiques de gestion forestière : l'intérêt de favoriser des systèmes bois énergie croisés avec une production de bois matériau, la nécessité de prendre en considération les spécificités des parcelles (stock de carbone initial, fertilité et productivité, état sanitaire), ainsi que l'enjeu des stocks de carbone dans les sols.

²⁸ Facteur d'émission entre 290 kg CO₂ éq/MWhth et 400 kg CO₂ éq/MWhth. La valeur du facteur d'émission disponible dans la Base Carbone ADEME est de 242 kg CO₂ eq/MWh th. Dans le cadre de cette étude, une analyse de sensibilité à partir de publications récentes faisant état des fuites de méthane a été réalisée afin de détailler et déterminer les fuites par étape du cycle de vie et ainsi améliorer les inventaires issus d'ecoinvent. En effet, le ratio de méthane relargué dans l'atmosphère est un paramètre essentiel dans le calcul des impacts du gaz naturel. Le taux de fuite considéré va de quelques dixièmes de pourcent à 5 %, pour l'amont et l'aval hors distribution. Une variante sur le mix de provenance du gaz a également été considérée, se basant sur des projections pour l'Europe de l'IEA dans son World Energy Outlook (2019) pour 2030.

3. Les recommandations de l'ADEME

Le bois énergie est une énergie renouvelable indispensable à la transition énergétique de la France. Pour optimiser sa contribution à l'atténuation du changement climatique, l'ADEME recommande de respecter le principe de **priorisation de l'usage du bois dans des matériaux à longue durée de vie** (charpente et couverture, menuiserie et revêtement de sol, ameublement, etc.). En effet, ces matériaux stockent pendant leur durée de vie une partie du carbone prélevé en forêt et peuvent se substituer à d'autres matériaux plus émetteurs de GES (acier, béton, plastique, etc.).

Le bois énergie doit se développer sur la base de la **complémentarité avec les usages matériaux, en priorisant du bois ne trouvant pas de débouché matériau** et :

- qui aurait dans tous les cas été décomposé (et donc le carbone réémis) dans la filière bois : produits bois en fin de vie, ainsi que des produits connexes et de sous-produits des industries de transformation du bois matériau ;
- qui aurait dans tous les cas été coupé : actions sylvicoles nécessaires à la récolte du bois d'œuvre (coupes de cloisonnement, etc.), coupes sanitaires, récolte du houppier tout en laissant des menus bois au sol ;
- qui favorise la production de bois d'œuvre : coupes sélectives des arbres de faible diamètre ;
- issu de nouveaux boisements sur des terres non boisées en déprise agricole ou des friches urbaines.

Au contraire, les pratiques qui présentent un plus fort risque de déstockage ou de réduction des dynamiques de stockage, et d'altération de la qualité du sol ou de la biodiversité, sont à éviter : utilisation de gros bois de qualité matériau directement en énergie ; mise en œuvre d'une sylviculture orientée uniquement à la production d'énergie ; transformation des forêts anciennes²⁹ en plantations monospécifiques à plus courte rotation ; récolte de souches (sauf exceptions pour risques sanitaires) ; récolte des menus bois au-dessus des seuils recommandés⁶.

La diversification des plans d'approvisionnement des chaufferies collectives et industrielles doit être favorisée, notamment le recours aux sous-produits agricoles et aux produits bois en fin de vie. Les mécanismes de collectes de ces produits doivent donc être soutenus. Dans le cadre du Fonds chaleur, le plan d'approvisionnement fait l'objet de critères spécifiques, que l'ADEME continuera de faire évoluer, à la lumière des nouvelles connaissances et des réglementations à venir, pour répondre aux objectifs ambitieux de développement du bois énergie tout en assurant sa durabilité et en optimisant sa contribution à l'atténuation du changement climatique.

L'ADEME poursuit ses travaux de soutien à l'acquisition de connaissances, notamment via l'appel à projet de recherche GRAINE et via le financement d'études, pour évaluer la disponibilité en bois dans les territoires et améliorer les pratiques sylvicoles afin de minimiser les impacts sur les écosystèmes et favoriser la résilience des forêts face au changement climatique. Concernant l'aval, la recherche se poursuit également pour optimiser les usages du bois, en améliorant notamment la valorisation des feuillus, très présents dans la forêt française, et en trouvant de nouveaux débouchés dans la construction en développant les produits biosourcés

4. Pour en savoir plus

- ADEME, [Forêt et atténuation du changement climatique - Avis de l'ADEME](#), Juin 2015
- ADEME, [Forêts et usages du bois dans l'atténuation du changement climatique](#), 2021
- ADEME, [Récolte durable pour la production des plaquettes forestières - Enjeux et bonnes pratiques : focus sur la préservation des sols](#), 2020
- Observatoire des pratiques [GERBOISE](#), coordonné par le GIP ECOFOR entre 2015 et 2018
- Forest Research (Royaume-Uni) a publié un rapport en 2015 pour la Commission Européenne sur les impacts carbone de l'utilisation de la biomasse énergie en Europe, dans différents scénarios entre 2010

²⁹ Dont le sol est boisé depuis au moins 150 à 200 ans.

et 2050. Ce rapport propose un logigramme détaillé d'évaluation de sources de bois énergie, permettant d'identifier le risque pour le bilan carbone associé à tel ou tel gisement.

- JRC 2014. [Carbon accounting of forest bioenergy](#)
- JRC 2021, [The use of woody biomass for energy production in the EU](#).
- Roux A., Colin A., Dhote J.-F., Schmitt B. (coord.) et al., 2020. Filière forêt-bois et atténuation du changement climatique : entre séquestration du carbone en forêt et développement de la bio économie. Versailles, éditions Quae, 170 p. (<https://www.quae-open.com/produit/150/9782759231218/filiere-foret-bois-et-attenuation-duchangement-climatique>)
- Valade A., Bellassen V., Luyssaert S., Vallet P., Njakou Djomo S., 2017. Bilan carbone de la ressource forestière française - Projections du puits de carbone de la filière forêt-bois française et incertitude sur ses déterminants. [Rapport de recherche] auto-saisine, p.66. <hal-01629845> (<https://www.ademe.fr/projet-bicaff-bilan-carboneressource-forestiere-francaise>)
- Les acteurs de la forêt et du bois ont réalisé une feuille de route pour l'adaptation des forêts au changement climatique³⁰.

³⁰ Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, [Feuille de route pour l'adaptation des forêts au changement climatique](#), 2020

Annexe 1 – Définitions

Réservoir et stocks de carbone forestiers : Le réservoir de carbone forestier est composé de différents compartiments interconnectés : la biomasse aérienne et souterraine, le bois mort, la litière, la matière organique des sols et les produits bois. La quantité de carbone contenue dans l'ensemble de ces compartiments à un moment donné correspond aux stocks de carbone forestiers.

Puits de carbone : Tout système qui absorbe plus de carbone qu'il n'en émet est un puits de carbone. Les puits de carbone sont essentiels pour atteindre les objectifs de neutralité carbone à l'échelle planétaire. La neutralité carbone implique un équilibre entre les émissions de gaz à effet de serre et la séquestration de carbone atmosphérique par des puits.

Puits forestier : Le réservoir forestier est considéré comme un puits lorsque son stock de carbone, qui cumule l'ensemble des compartiments dans les forêts et les produits bois, augmente. À l'inverse, une réduction des stocks représente une émission de carbone vers l'atmosphère. Pour calculer cette évolution, un bilan est réalisé entre le carbone entrant, issu de la croissance de la biomasse vivante, et sortant, lié aux pertes par mortalité et prélèvements du bois (en tenant compte de la durée de vie du bois mort et des produits bois). Le puits forestier intègre ainsi les variations de stock de carbone dans les forêts et dans les produits bois. À l'échelle de la forêt, le bilan comptabilise également les variations de stocks dans la litière et les sols.

Substitution matériau et énergie : La substitution fait référence à l'utilisation accrue du bois en remplacement d'autres matériaux et énergies non renouvelables. Elle se calcule en comparant les émissions fossiles de la filière bois (sylviculture, chaîne de transformation, transport, etc.) aux émissions fossiles qui auraient été émises par d'autres filières lors de la production d'un même service.

Éclaircie : Réduction de la densité d'un peuplement non arrivé à maturité en vue d'améliorer la croissance et la forme des arbres restants.

Futaie : Peuplement forestier composé d'arbres issus de régénération naturelle ou artificielle à partir de graines (opp. à taillis) destinés à atteindre un plein développement avant d'être récoltés.

Taillis : Peuplement issu des rejets de souches et drageons (opp. à futaie). Ne concernent que les peuplements feuillus, les résineux ne rejetant pas de souche sauf rare exception. Peuplements composés d'arbres de petit diamètre que l'on coupe périodiquement. Ce type de régime forestier est essentiellement utilisé pour produire du bois de chauffage.

Conversion d'un taillis par des coupes d'amélioration : Opération sylvicole qui consiste à passer d'un taillis (ou taillis sous futaie) à une futaie feuillue par régénération naturelle à partir des essences en place.

Transformation d'un taillis : Opération sylvicole qui consiste à remplacer le peuplement existant par un nouveau peuplement avec une ou plusieurs essences principales n'existant pas dans le peuplement initial. Dans les cas étudiés les nouveaux peuplements constitueront des futaies. Exemple : coupe d'un taillis de châtaignier suivie d'un reboisement en douglas

Taillis à Courte Rotation (TCR) : Il s'agit d'espèces qui rejettent de souche telles que le peuplier, le saule, le robinier ou l'eucalyptus qui sont exploitées avec des rotations de 5 à 10 ans pour les TCR.

Annexe 2 : Les scénarios projets étudiés

		Cas-type 1	Cas-type 2	Cas-type 3
		Mise en gestion d'un taillis (châtaigner) non exploité	Récolte accrue de produits annexes à la récolte de bois d'œuvre	Plantation sur déprise agricole (non boisée)
Scénarios projet	Exploitation en taillis		Menus bois (futaie douglas/chêne) 	Futaie feuillus (chêne) 
	Amélioration en futaies feuillus		Houppier (douglas) 	Futaie résineux (douglas) 
	Transformation plantation (douglas/chêne)		Souches (douglas) 	Taillis à courte rotation (TCR, eucalyptus) 
S. ref.	Évolution naturelle sans exploitation de ce système de taillis		Les produits annexes ne sont pas récoltés, et se décomposent en forêt	Boisement spontané