





# Bois-énergie et atténuation du changement climatique : une réflexion qui s'inscrit dans un contexte global

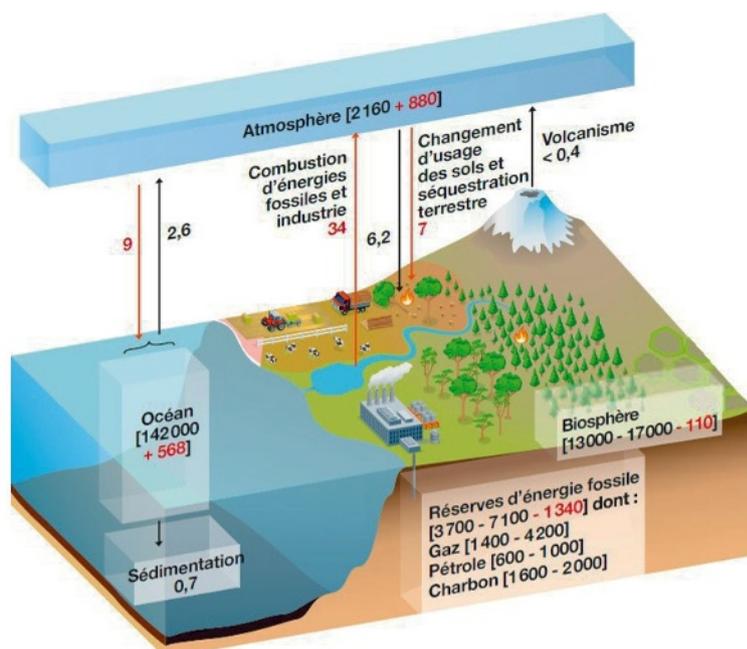
Le principe d'atténuation du changement climatique consiste à stabiliser rapidement les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, à un niveau qui réduit le plus possible toute répercussion néfaste pour les écosystèmes et leurs habitants, humains et non-humains. Pour cela, les actions d'atténuation visent à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre, tels que les forêts et les sols.

Le bois-énergie a un rôle important à jouer en la matière, en se substituant aux énergies fossiles et en constituant une opportunité pour la forêt de stocker plus de carbone tout en s'adaptant aux conséquences du changement climatique. Prendre les décisions les mieux adaptées suppose toutefois d'avoir une vision

globale des problématiques environnementales et des dynamiques humaines à l'œuvre car elles constituent les parties interdépendantes d'un ensemble complexe.

## Le changement climatique, une des neuf limites planétaires

Les limites planétaires sont des seuils, à l'échelle mondiale, à ne pas dépasser pour que l'humanité puisse vivre dans un écosystème sûr, c'est-à-dire évitant les modifications brutales, non-linéaires, potentiellement catastrophiques et difficilement prévisibles de l'environnement.

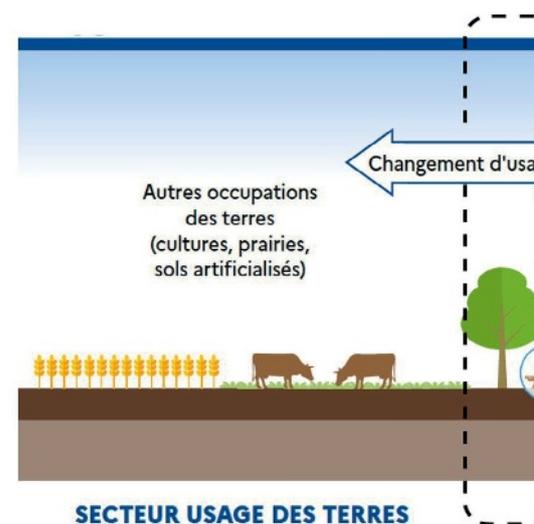


Note : ce graphique présente : (i) entre crochets, la taille des réservoirs aux temps préindustriels en milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> en noir et leur variation sur la période 1750-2011 en rouge ; (ii) sous forme de flèches, les flux de carbone entre les réservoirs en milliards de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an (voir glossaire). Les flux préindustriels sont en noir. Ceux qui sont liés aux activités anthropiques entre 2010 et 2019 sont en rouge.

### Réservoirs et flux de gaz à effet de serre : exemple du CO<sub>2</sub> au cours de la période 2010-2019

(flux en GtCO<sub>2</sub> éq/an, stocks en GtCO<sub>2</sub> éq). Source : MTE/SDES d'après GIEC, 1<sup>er</sup> groupe de travail, 2013 et The global carbon project, Global carbon budget, 2020.

- Bilan carbone biogénique : absorptions liées à l'accroissement biologique des forêts ou à la combustion du bois par mortalité naturelle et fin de vie des produits bois ajoutées les variations de carbone dans les sols et la litière.
- Bilan carbone fossile : émissions GES liées à l'utilisation de combustibles fossiles (transformation, transport, utilisation, fin de vie).
- Régulation de la qualité et des flux des eaux
- Biodiversité
- Patrimoine
- Stockage de carbone
- Maintien de la fertilité des sols et prévention contre l'érosion
- Chasse et cueillette
- Régulation des températures
- Services récréatifs



Ce concept a été proposé par une équipe internationale de vingt-six chercheurs en 2009, mis à jour par des publications régulières et est reconnu et adopté par de nombreuses instances aux niveaux national (ministère de la Transition écologique notamment), européen (Union européenne) et international (ONU). Il consiste en neuf processus planétaires retenus comme limites car, ensemble et du fait de leurs interactions, ils remettent en cause la stabilité de la biosphère. Parmi les neuf limites, six sont considérées comme déjà dépassées en 2022 (changement climatique, érosion de la biodiversité, perturbation des cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphore, changements d'utilisation des sols, utilisation d'eau douce, introduction d'entités nouvelles dans l'environnement - pollution chimique), deux ne sont pas franchies (appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique, acidification des océans) et une n'a pas encore été quantifiée (concentration des aérosols atmosphériques).

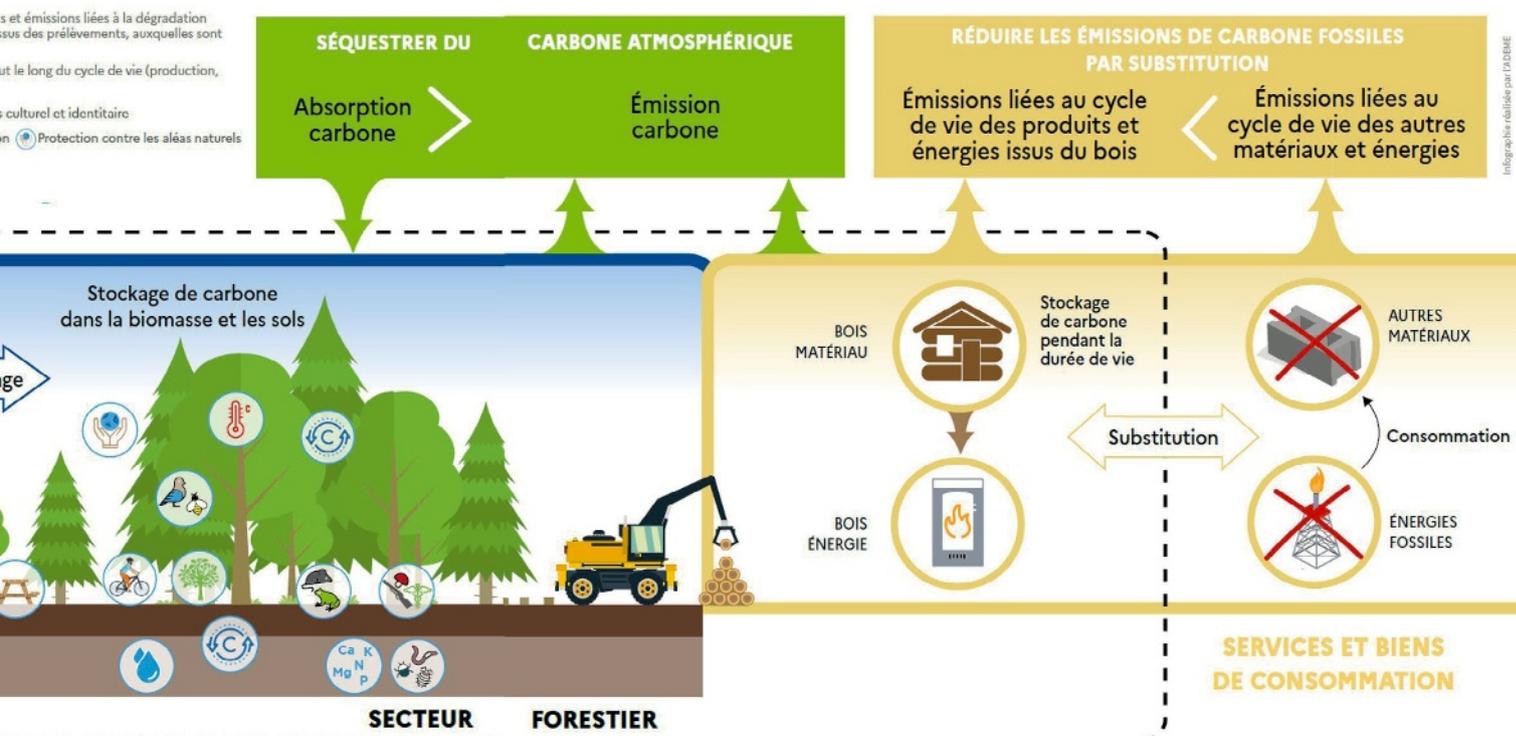
### La forêt et le bois, piliers du cycle du carbone

En absorbant du CO<sub>2</sub> grâce à la photosynthèse, les forêts jouent trois rôles essentiels dans l'atténuation du changement climatique. Tout d'abord, un rôle de réservoir du fait du stockage de carbone dans la végétation et les sols des forêts, ainsi que dans les produits bois. Ensuite, un rôle de puits car l'augmentation des stocks de carbone dans le réservoir forestier permet de retirer du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère (à l'inverse, les forêts peuvent devenir des sources de carbone si les stocks diminuent). Enfin, un rôle de réduction des émissions de gaz à effet

de serre d'origine fossile grâce à l'utilisation du bois en substitution d'autres matériaux (acier, ciment...) ou énergies (charbon, pétrole, gaz) davantage consommateurs ou émetteurs de carbone fossile.

Ces mécanismes sont parfois regroupés sous l'appellation « 4S » : séquestration de carbone en forêt (réservoir et puits in situ), stockage du carbone dans les produits bois (réservoir et puits ex situ) et deux types de substitution, matériau et énergie. Ils 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.

Il est important de noter que la capacité d'atténuation de la forêt repose sur son état de santé, sur l'adéquation entre essences et caractéristiques pédoclimatiques des stations ainsi que sur la préservation de ses différentes fonctions écologiques (biodiversité, qualité des sols, régulation des flux hydriques...). Les massifs seront soumis aux effets du changement climatique, c'est pourquoi favoriser leur résilience et leur adaptation constitue un enjeu impérieux pour mener à bien l'action d'atténuation. À l'inverse, seul un changement climatique atténué permettra d'assurer la réussite des stratégies d'adaptation des forêts. Pour plus d'information, se référer au document « Forêts et usages du bois dans l'atténuation du changement climatique » réalisé par l'Ademe (<https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4647-forêts-et-usages-du-bois-dans-l-atténuation-du-changement-climatique-9791029714498.html>).



La forêt et les usages du bois dans le cycle du carbone au sein des services écosystémiques. Ademe



# Chaudières collectives et industrielles : émissions de gaz à effet de serre liées à la production et à la consommation des combustibles bois

## Une étude portant sur le cycle de vie des combustibles bois

En 2021, l'Ademe a publié l'étude « *analyse du cycle de vie du bois-énergie collectif et industriel* ». Dans sa première partie, réalisée par RDC Environnement avec le support technique de Biomasse Normandie, sont évaluées les différentes filières de production et consommation de combustibles bois selon la méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV), en particulier pour les enjeux liés à l'utilisation des terres, aux émissions de particules, à l'acidification de l'air, à l'eutrophisation terrestre, à l'utilisation des ressources fossiles et au changement climatique. Pour ce dernier, le principe de neutralité carbone des émissions biogéniques a été appliqué : cette hypothèse postule un équilibre global entre, d'une part, les émissions de CO<sub>2</sub> engendrées par la combustion du bois (comptabilisées en positif) et, d'autre part, les quantités de CO<sub>2</sub> absorbées lors de la croissance des arbres dont ce bois est issu (comptabilisées en négatif), ce qui se traduit par une stabilité des stocks de carbone forestier. Le présent article présente les principales hypothèses et conclusions relatives aux émissions de gaz à effet de serre (GES).

## Des scénarios représentatifs des situations de terrain

La production de chaleur à partir de bois a été étudiée selon six scénarios : scénario 1 : plaquettes forestières sèches dans une chaudière de faible puissance (0 à 0,5 MW) du secteur collectif/tertiaire ; scénario 2 : plaquettes forestières humides dans une chaudière de moyenne puissance (0,5 à 5 MW) du secteur collectif/tertiaire ; scénario 3 : produits connexes de la transformation du bois dans une chaudière de puissance élevée (5 à 50 MW), consommés sur site en vue d'alimenter un process industriel ; scénario 4 : déchets de bois « *propres* » dans une chaudière de moyenne puissance (0,5 à 5 MW) du secteur collectif/tertiaire ; scénario 5 : déchets de bois « *adjuvants* » dans une chaudière de puissance élevée (5 à 50 MW) en industrie ; scénario 6 : granulés blancs français issus de produits connexes de la transformation du bois dans une chaudière de faible puissance (0 à 0,5 MW) du secteur collectif/tertiaire.

Ce nombre limité de scénarios, représentatifs de la filière en France métropo-

litaine, a été défini en vue de répondre aux questionnements principaux de l'étude et de faciliter l'appropriation de ses résultats. Il est à noter que les chaudières sont considérées être alimentées par un seul type de combustible bien que dans la pratique elles peuvent utiliser un mix en comportant plusieurs. Par ailleurs, les installations de petite puissance représentent une part importante du nombre de chaudières en fonctionnement mais une faible proportion de la quantité de chaleur bois produite.

Certains des scénarios ont fait l'objet de variantes afin d'appréhender les impacts du type de peuplement forestier et donc des opérations sylvicoles, du séchage forcé des plaquettes forestières, de la distance de transport des combustibles bois, de l'abatement des oxydes d'azote contenus dans les gaz de combustion par utilisation de réactifs, de la condensation des fumées, de l'import de granulés américains...

## De faibles émissions de gaz à effet de serre d'origine fossile

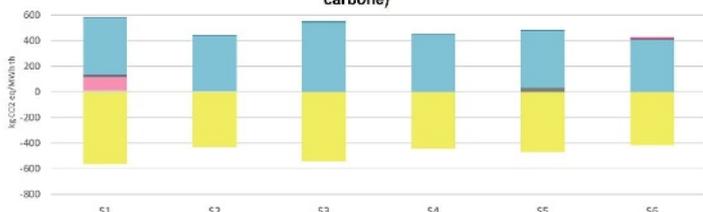
La production / livraison de combustibles bois et la production d'énergie à partir de ceux-ci nécessitent des consommations d'énergie intermédiaires : carburants pétroliers pour les matériels d'exploitation forestière, les broyeurs, cribles et chargeurs, les camions pour le transport et la livraison ; électricité pour certains équipements de broyage et criblage installés en poste fixe, pour la production de granulés et pour le fonctionnement des chaudières ; bois pour le séchage des sciures avant granulation.

Des consommations d'énergie sont également associées à la fabrication des matériels, à la construction des chaudières, à la production des réactifs utilisés pour le traitement des fumées dans certaines catégories d'installations ainsi qu'à la préparation et à la valorisation des cendres (épandage).

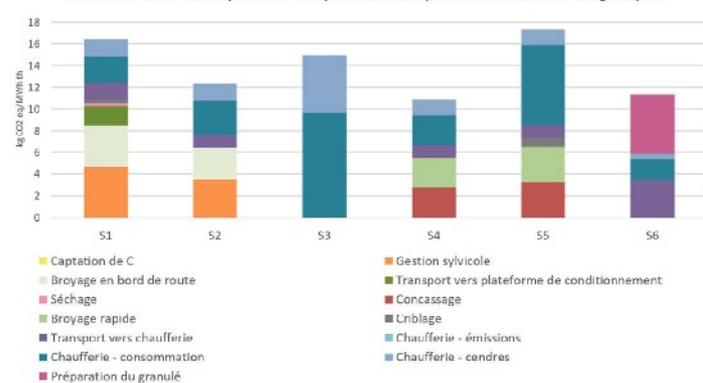
Les émissions de GES liées à ces consommations sont dues aux énergies fossiles (très majoritairement des carburants pétroliers du fait de la forte décarbonation du mix électrique français) et varient de 11 à 17 kgCO<sub>2</sub>éq/MWh<sub>th</sub> selon les scénarios étudiés, soit de l'ordre de 3 % des émissions globales de GES obtenues en ajoutant les émissions biogéniques (lesquelles sont équivalentes aux absorptions par les arbres en croissance selon le principe de neutralité carbone ici considéré). Ces valeurs ne sauraient cependant permettre une

comparaison des scénarios entre eux car, d'une part, ce critère seul est insuffisant et, d'autre part, les situations envisagées répondent à des besoins spécifiques et ne sont donc pas interchangeables (chauffage de locaux ou process industriel, puissance faible, moyenne ou forte, ressource disponible localement...).

**Bilan des GES - Avec absorptions et émissions biogéniques (selon le principe de la neutralité carbone)**



**Bilan des GES - Sans prise en compte des absorptions et émissions biogéniques**



**Bilan des émissions de gaz à effet de serre des scénarios étudiés, avec et sans prise en compte des absorptions et émissions biogéniques.**

Ademe / RDC Environment / Biomasse Normandie / FCBA

Les variantes réalisées pour certains scénarios apportent des enseignements complémentaires.

Tout d'abord, le type de peuplement forestier et la nature des bois concernés par la production de plaquettes impliquent des itinéraires sylvicoles différents. Les émissions de GES de ces opérations aboutissant à la mise en bord de route des bois représentent de 15 à 45 % du total des émissions de GES d'origine fossile pour les plaquettes. En valeur absolue, les émissions les plus importantes sont constatées pour des situations très peu fréquentes, à savoir les taillis à courte rotation (du fait des étapes de plantation et de fertilisation) et l'utilisation des souches (la récolte est plus énergivore et le taux de cendres plus élevé implique une gestion de celles-ci plus conséquente).

Il est également confirmé que l'augmentation de la distance de transport impacte sensiblement les émissions de GES totales. Ainsi, pour les plaquettes forestières humides, faire varier le rayon d'approvisionnement moyen de 35 km à 200 km occasionne une hausse de 43 %, l'augmentation étant de 120 % pour 500 km. L'import de granulés américains (10 500 km en bateau et 775 km en camion) aurait quant à lui pour effet une hausse de 450 % des émissions de GES par rapport à une production nationale (175 km en camion).

Par ailleurs, la mise en œuvre d'une unité de condensation des fumées permet une réduction de 10 à 20 % de la contribution au changement

climatique du fait de l'amélioration significative du rendement thermique qui en résulte (réduction de la quantité de bois nécessaire pour produire la même quantité de chaleur). Cette solution nécessite toutefois la présence d'une source froide à une température de l'ordre de 50 °C afin que la condensation soit effective.

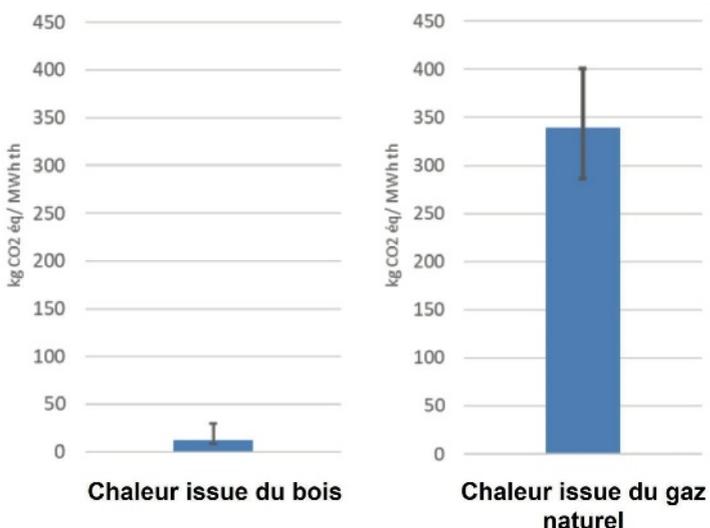
Enfin, la mise en place d'un dispositif d'abattement des oxydes d'azote par réduction non catalytique sélective (SNCR) présente un intérêt modéré car donnant lieu à des transferts d'impacts entre enjeux environnementaux : réduction de la contribution à l'acidification de l'air du fait d'émissions moindres de NO<sub>x</sub> mais augmentation de la contribution au changement climatique, aux émissions de particules et à l'utilisation de ressources fossiles du fait du recours à l'ammoniac et aux fuites observées en émissions. La réalisation d'une analyse plus poussée reste nécessaire pour dégager des conclusions sur le traitement SNCR dans le cas d'autres types de chaufferies biomasse au-delà du scénario étudié.

**Un fort intérêt du bois par rapport au gaz naturel**

Dans le cadre de l'étude, les bilans en analyse de cycle de vie pour les combustibles bois ont été comparés à ceux du gaz naturel.

Pour ce dernier, l'ensemble des étapes a été considéré selon la base de données Ecoinvent. Pour l'amont : exploration, production, regroupement et transformation du gaz ; les impacts associés sont imputables au gaz distribué en France quel que soit le mode de distribution. Pour l'aval : éventuelle liquéfaction (puis regazéification), transport international et distribution finale du gaz à l'utilisateur.

Des publications récentes ont fait état de fuites de méthane potentiellement importantes sur la chaîne de production et distribution du gaz naturel. Le méthane ayant un pouvoir de réchauffement global bien supérieur à celui du



**Émissions de gaz à effet de serre pour la production de chaleur à partir de bois et de gaz naturel.** Ademe / RDC Environment / Biomasse Normandie / FCBA



CO<sub>2</sub>, une analyse de sensibilité a été réalisée afin de détailler et déterminer les fuites par étapes du cycle de vie et ainsi améliorer les inventaires issus d'Ecoinvent : 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 les projections à 2030 pour l'Europe de l'Agence internationale de l'énergie (IEA, World Energy Outlook 2019).

La conclusion de la comparaison est que la production de chaleur à partir de bois en chaufferie collective ou industrielle présente un fort intérêt pour l'atténuation du changement climatique face au gaz naturel, la fourchette d'émission de GES étant de 11 à 30 kgCO<sub>2</sub>éq/MWh<sub>th</sub> pour la première (respectivement pour des broyats de bois « propres » et des plaquettes forestières issues de souches), contre 290 à 400 kgCO<sub>2</sub>éq/MWh<sub>th</sub> pour la seconde (selon l'importance des fuites de méthane).

✓ ZOOM

### Petit historique des études relatives à l'analyse du cycle de vie du bois-énergie

En 2005, une première évaluation environnementale du chauffage au bois dans les secteurs domestique, collectif et industriel est réalisée pour le compte de l'Ademe.

En 2015, cette dernière publie une « étude préliminaire à la réalisation de bilans environnementaux sur le chauffage au bois » (<https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/2482-etude-preliminaire-a-la-realisation-de-bilans-environnementaux-sur-le-chauffage-au-bois.html>). Sur la base d'un état des lieux des principales difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre des méthodologies existantes, cette étude établit des recommandations sur les aspects liés à la comptabilisation des émissions biogéniques et identifie les besoins de travaux de recherche additionnels.

En 2021, une nouvelle « analyse du cycle de vie du bois-énergie collectif et industriel » est réalisée pour le compte de l'Ademe (<https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/5214-analyse-du-cycle-de-vie-du-bois-energie-collectif-et-industriel.html>).

Elle comporte deux parties :

- la première a pour objectif d'évaluer le bilan environnemental des principales filières bois-énergie concernées (selon la méthodologie

de l'analyse du cycle de vie – ACV – et en utilisant le principe de neutralité carbone des émissions biogéniques) afin d'identifier, pour chacune d'entre elles, les étapes du cycle de vie les plus contributrices dans une perspective d'écoconception et de préciser les conditions de production de chaleur permettant d'optimiser l'intérêt environnemental par rapport au gaz naturel (réalisation par RDC Environment avec le support technique de Biomasse Normandie) ;

- la seconde a pour objectif d'évaluer les bilans des gaz à effet de serre de la production de chaleur à partir de plaquettes forestières issues de différents scénarios sylvicoles intégrant une récolte accrue du bois ; elle constitue une première approche méthodologique permettant de mieux comprendre l'effet de l'augmentation de la récolte de bois sur les variations des stocks et puits de carbone forestiers (dans les forêts et les produits bois) liées aux changements des pratiques de gestion forestière ou d'usage des sols (réalisation par FCBA, intégration des résultats de la première partie concernant le carbone fossile par RDC Environment).

# Comptabilisation du carbone biogénique dans le contexte d'utilisation accrue de bois-énergie d'origine sylvicole

## À contexte nouveau, approches nouvelles

Le bois-énergie est souvent associé à l'idée de neutralité carbone du fait d'un facteur d'émission nul dans la majorité des contextes réglementaires ou méthodologiques. Cette convention de calcul est basée sur l'hypothèse d'un équilibre immédiat entre les émissions de CO<sub>2</sub> engendrées par la combustion du bois et les quantités de CO<sub>2</sub> absorbées lors de la croissance des arbres. Elle ne permet toutefois pas d'évaluer l'incidence 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.

Valable jusqu'à présent en France, ce principe sera probablement amené à évoluer avec l'augmentation prévue de la mobilisation de bois d'origine sylvicole pour un usage matière et pour la production d'énergie, dans un contexte où le changement climatique apportera son lot de perturbations (impact sur l'accrois-

sement biologique, augmentation de la mortalité... ). Il est ainsi nécessaire de développer des approches nouvelles pour appréhender au mieux les variations de stocks de carbone dans les forêts et les produits bois.

### Une première étude à visée exploratoire

Dans le cadre de l'étude relative à l'analyse du cycle de vie (ACV) du bois-énergie collectif et industriel publiée fin 2021, l'Ademe a souhaité apporter une première pierre à l'édifice avec l'évaluation du bilan des gaz à effet de serre (GES) de la production de chaleur à partir de plaquettes forestières issues d'une récolte accrue de bois en forêt.

Réalisée par FCBA et RDC Environment, cette approche innovante vise à approfondir les limites de l'hypothèse de la neutralité carbone des émissions biogéniques et ainsi proposer des perspectives d'évolution. Elle s'appuie sur quelques scénarios types comparés à des scénarios de référence pour, d'une part, évaluer l'impact (positif ou négatif) de la hausse de la production et de la récolte de bois sur le stockage de carbone forestier (à l'échelle de la parcelle forestière) et, d'autre part, apporter des éléments pour sélectionner les pratiques sylvicoles permettant d'accroître la production de bois-énergie tout en limitant la diminution ou en augmentant les stocks moyens de carbone en forêt.

### Des scénarios variés

Le projet Gerboise (gestion raisonnée de la récolte de bois-énergie), mené pour le compte de l'Ademe par le GIP Ecofor et de nombreuses autres parties prenantes de 2015 à 2018, a montré que les plaquettes forestières proviennent des arbres de taillis simples ou taillis sous futaie de feuillus (43 %), des houppiers des arbres de futaies de feuillus ou de résineux (32 %) et des arbres issus des coupes d'éclaircie et de dépressage des futaies (26 %). D'autres études estiment que la disponibilité en bois est importante dans les taillis simples et sous-futaie et que le potentiel de récolte additionnelle des menus bois ainsi que des houppiers et arbres d'éclaircie des futaies n'est pas négligeable (les

conditions de récolte des menus bois doivent être analysées au cas par cas selon la fertilité du sol et les contraintes techniques d'exploitation). Dans le cadre de l'étude sur l'ACV, le potentiel de production et/ou récolte de bois supplémentaire à l'horizon des prochaines décennies, l'existence et la fiabilité des données nécessaires aux simulations et les pratiques actuelles en matière de production de plaquettes forestières ont amené à étudier trois cas-types comportant chacun un scénario de référence et trois scénarios projets, selon deux grands axes. Le premier axe est l'augmentation de la récolte de bois forestier sur des forêts existantes, soit par la mise en gestion d'un taillis non exploité (cas-type 1, avec exploitation en taillis, amélioration vers la futaie ou transformation par plantation), soit par des récoltes accrues de produits annexes à la récolte de bois d'œuvre dans des futaies de feuillus ou résineux déjà gérées (cas-type 2, avec récolte des menus bois, récolte des houppiers et tiges de faible diamètre ou récolte des souches). Le second axe est l'augmentation de la surface forestière en réalisant des plantations sur des terres arables non boisées en déprise agricole (cas-type 3, avec mise en place d'une futaie de feuillus, d'une futaie de résineux ou d'un taillis à courte rotation).

Il est à noter que les souches ne sont quasiment jamais récoltées (à l'exception du pin maritime dans les Landes) et le scénario projet les concernant porte uniquement sur des plantations de résineux où leur enlèvement pourrait éventuellement se développer davantage. Par ailleurs, le boisement des terres en déprise agricole par l'action de l'homme n'est pas représentatif de pratiques actuelles mais c'est une possibilité mise en avant par des politiques publiques, notamment dans le cadre du label bas-carbone.

Chacun des scénarios est étudié sur des durées de 30 et 100 ans afin de tenir compte des dynamiques temporelles des processus de stockage et déstockage de carbone dans les réservoirs forestiers. Cet aspect est un élément important car, pour éclairer les décisions, la contribution des actions à l'atténuation du changement climatique à court terme doit être mise en regard avec leur contribution à moyen et long termes : les horizons de temps de la

|                  | 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                           |   |



forêt (plusieurs décennies voire siècles) s'articulent avec ceux du changement climatique (objectif de neutralité carbone en 2050).

## Des résultats instructifs

Les résultats pour les cas-types étudiés montrent que le bilan du carbone biogénique à 30 et 100 ans, 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. Il impacte ainsi de manière significative le bilan global des GES de la production de chaleur à partir de plaquettes forestières (les énergies fossiles utilisées de la forêt à la chaufferie n'ont qu'une influence marginale). Bien que de 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), des enseignements majeurs peuvent être esquissés.

À court terme (30 ans), le bilan des GES de la production d'énergie à partir de plaquettes issues des scénarios d'augmentation de récolte en forêt existante est dégradé. Les situations les plus défavorables sont la remise en exploitation d'un taillis en appliquant une gestion de maintien en taillis, la récolte de souches et la conversion d'un taillis en futaie par plantation. Inversement, le scénario le plus favorable est la plantation sur déprise agricole en vue d'obtenir une futaie. À plus long terme (100 ans), le bilan des GES de la production d'énergie à partir de plaquettes issues des scénarios d'augmentation de la récolte sur des forêts existantes s'améliore car, à 100 ans, les stocks de carbone dans les écosystèmes après la récolte accrue du bois présentent une reconstitution plus im-

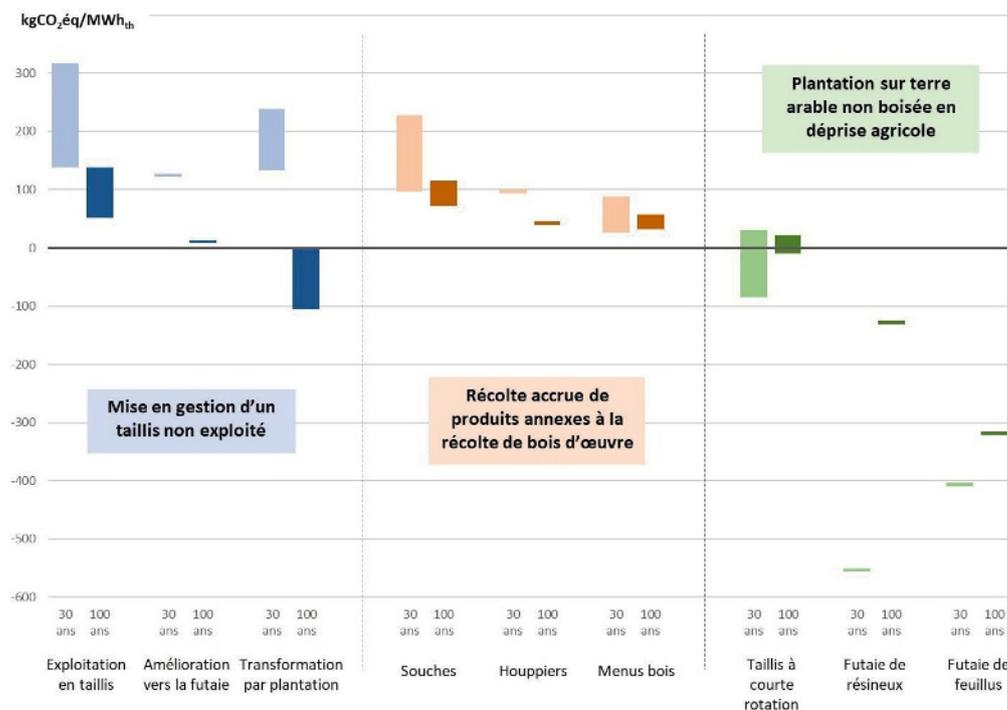
portante et les stocks dans le scénario de référence plafonnent ou se réduisent. A contrario, pour la plantation sur terre non boisée en déprise agricole, l'impact à 100 ans se dégrade car les stocks dans le scénario de référence continuent à augmenter alors que dans les scénarios projets les stocks plafonnent à l'issue des récoltes de bois (toutefois, le facteur d'émission est quasi nul pour le taillis à courte rotation et nettement négatif pour la futaie de feuillus ou de résineux).

Par ailleurs, l'approche menée apporte des éléments sur les pratiques sylvicoles permettant d'accroître la production de bois-énergie en limitant la diminution ou en augmentant les stocks moyens de carbone en forêt. En particulier, la conversion des taillis dépérissants en futaie et la création de systèmes forestiers productifs dans les zones de déprise agricole non boisées, tout en préservant la biodiversité et le paysage, sont des pistes intéressantes en la matière.

Les résultats confirment également les recommandations actuelles relatives à la gestion forestière : la complémentarité des usages énergie et matériau est un élément clé à préserver, les spécificités des parcelles (stock de carbone initial, fertilité et productivité, état sanitaire) doivent être prises en considération, le maintien de la fertilité et de la teneur en carbone des sols ainsi que la préservation de la biodiversité sont des enjeux importants.

## Un sujet qui reste à approfondir

Les auteurs de l'étude précisent que celle-ci a un caractère « innovant et exploratoire » et que le sujet nécessite d'être approfondi. Les résultats sont uniquement valables pour les scénarios envisagés et leur interprétation



**Bilan des gaz à effet de serre (carbone biogénique et fossile) de la production de chaleur à partir de plaquettes forestières issues de différents scénarios sylvicoles permettant une augmentation de la récolte du bois-énergie.**

Ademe / FCBA / RDC Environment

doit se faire en tenant compte des limites relatives aux données et à la méthodologie. En particulier, les évaluations sont effectuées à l'échelle de la parcelle, avec des caractéristiques pédoclimatiques, un type de sylviculture et une essence donnés : les constats ne peuvent pas être extrapolés au niveau national du fait de la variété des contextes forestiers. Les résultats ne sont ainsi pas généralisables à la totalité de l'énergie produite en France à partir de plaquettes forestières et ne s'appliquent pas non plus aux combustibles issus de produits connexes de l'industrie du bois ou de déchets de bois. Cependant, l'étude montre que l'impact induit par une augmentation de la récolte de bois sur les stocks de carbone ou le puits de carbone forestier n'est pas négligeable et qu'il doit donc être pris en compte dans l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre associées au bois-énergie.