

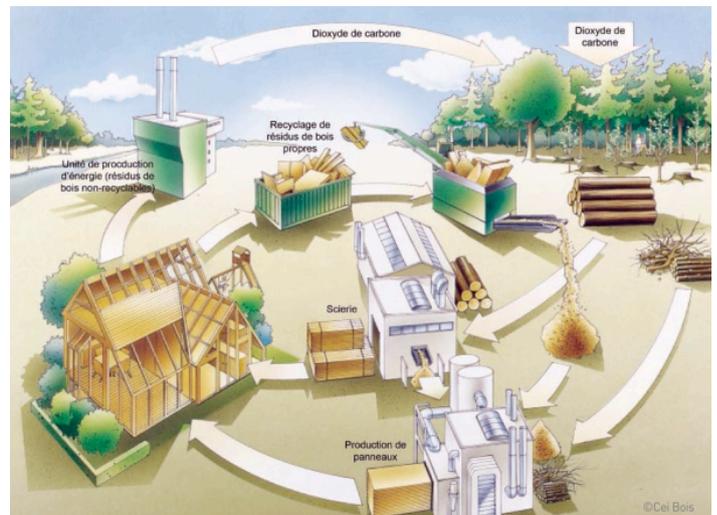
# Le bois et ses dérivés peuvent-ils se substituer à d'autres matériaux et sources d'énergies au bénéfice du climat ?

Le bois est historiquement un matériau d'usage structurel utilisé en construction, en ameublement, pour l'emballage et également une source d'énergie. Il est aujourd'hui en compétition pour certains de ces usages, d'une part avec d'autres matériaux industriels qui dominent les marchés évoqués, tels que le béton, l'acier, la terre cuite, les matières plastiques et d'autre part avec les énergies fossiles, charbon, pétrole, gaz et énergie nucléaire. Pour de nombreuses applications, le différentiel de coût en émissions de CO<sub>2</sub> fossile de la mise à disposition des produits bois par rapport à leurs concurrents peut permettre des réductions d'émissions de gaz à effet de serre d'origine fossile et atténuer ainsi le changement climatique et ses effets.

## Qu'est-ce que l'effet de substitution ?

Les études évaluant l'impact de la filière forêt bois sur le changement climatique évoquent le stockage du carbone en forêt, le stockage du carbone dans les produits bois et les effets de substitution. En effet, lorsque l'on souhaite comparer plusieurs scénarios d'évolution de la filière, on obtient pour chacun des scénarios des assortiments différents de produits et de combustibles bois rendant chaque scénario différent en termes de services rendus. L'extension des frontières du système aux produits concurrents permet de rendre les scénarios comparables. On peut aussi considérer qu'une production additionnelle ou au contraire une diminution de la mise à disposition d'un produit ou combustible bois engendre des variations de production des produits concurrents.

L'effet de substitution correspond au différentiel d'émissions de gaz à effet de serre fossile entre le cycle de vie d'un produit ou combustible bois et le cycle de vie des produits ou combustibles concurrents à fonctionnalité équivalente. Le bilan de gaz à effet de serre d'un produit ou d'un combustible se calcule grâce à l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), méthodologie qui est normalisée. Le bilan du produit bois intègre les impacts de la sylviculture, de l'exploitation forestière, de la première transformation, de la seconde transformation, des différentes phases de transport, de la maintenance du produit bois et de sa fin de vie (fig.1). Si le produit bois et le produit concurrent sont valorisés en énergie ou recyclés, un crédit est alloué. Le bilan d'un combustible bois intègre les impacts de la sylviculture, de l'exploitation forestière, de la combustion du bois et de la gestion des cendres (elles peuvent par épandage retourner en forêt).



**Figure 1. Cycle de vie du bois.** Noter que ce schéma ne représente pas la combustion directe du bois «frais» (Source : <http://xylofutur.fr/les-filieres/>)

De nombreux coefficients de substitution ou facteurs de déplacement existent dans la littérature. Plusieurs précautions doivent être prises avant de les utiliser :

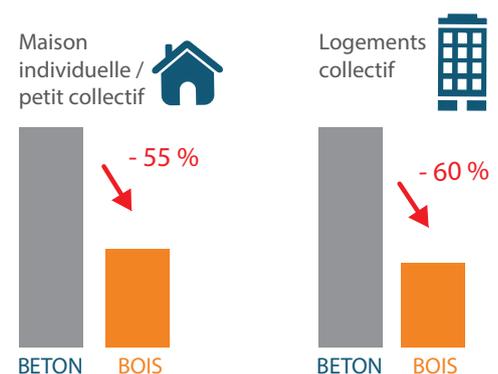
- le bois peut être utilisé comme matériau ou comme énergie ou successivement en matériau puis en énergie, et des sous-produits d'un processus de transformation du bois peuvent être utilisés en énergie ; il faut donc correctement définir ce que l'on considère comme étant de la substitution énergétique et de la substitution matière.
- les unités sont importantes : il est nécessaire de savoir à quoi se rapportent les coefficients. En effet, certains coefficients sont calculés par m<sup>3</sup> de bois sortant de la forêt, entrant dans la chaîne de production, d'autres par kg de carbone contenu dans le produit final et donc sortant de la chaîne de production.
- la filière bois génère de nombreux co-produits au cours des processus de transformation. Certaines études intègrent la valorisation de ces co-produits dans les coefficients de substitution, d'autres les calculent séparément.
- certain coefficients de substitution intègrent l'ensemble du cycle de vie des produits bois, d'autres sont calculés séparément pour la production et pour la fin de vie, étant donné que ces deux étapes n'interviennent pas au même moment.

### Substitution matière : substitution du bois à d'autres matériaux

De nombreuses études montrent que les bilans de gaz à effet de serre fossile des produits bois est inférieur à celui des produits concurrents. Une méta-analyse réalisée en 2010 montre que le produit bois permet d'éviter en moyenne 2,1 t d'équivalent carbone par tonne de carbone contenue dans le produits bois (référence Sathre, R., and J. O'Connor). Une étude réalisée au niveau européen en 2016 (Rüter et al., "ClimWood2030, Climate Benefits of Material Substitution by Forest Biomass and Harvested Wood Products: Perspective 2030) montre que « l'utilisation matériau des produits bois entraîne une baisse des émissions de GES fossile sur l'ensemble du cycle de vie par comparaison à des produits alternatifs fonctionnellement équivalents de l'ordre de 1.5 à 3.5 t CO<sub>2</sub> par tonne de produits bois » (soit entre 1 t et 2,5 tonnes d'équivalent carbone par tonne de carbone contenue dans le produits bois). Il s'agit là de valeurs moyennes européennes, les scénarios nationaux correspondant aux parts de marché des différents matériaux auxquels le bois peut se substituer, le mix énergétique et les scénarios de fin de vie des produits peuvent faire varier significativement ces valeurs. Si l'on remplaçait les produits bois par d'autres matériaux, les émissions de GES fossiles seraient donc d'autant plus élevées. Cette même étude conclut que, d'ici 2030, « une forte augmentation de l'utilisation du bois en remplacement d'autres matériaux, notamment dans la construction ... peut réduire les émissions de GES de 11 Mt CO<sub>2</sub> eq/an par rapport au scénario de référence » (atteinte des objectifs de l'UE pour 2020 en matière d'énergie et de climat et scénario «business as usual» jusqu'en 2030) . La figure 2 illustre l'intérêt de la construction en bois par rapport au béton en termes d'émission de CO<sub>2</sub> évitée.

#### Figure 2. Gain de CO<sub>2</sub> de la construction en structure bois par rapport à la construction traditionnelle

Une construction en bois plutôt qu'en béton permet d'éviter une part significative des émissions de CO<sub>2</sub> liées au gros-œuvre : en moyenne 55% pour une maison individuelle et 60% pour un logement collectif, sans prendre en compte le stockage du carbone. En moyenne, cela correspond à une diminution d'environ 1/4 des émissions totales liées à la construction du logement. Pour une maison individuelle en bois de 100 m<sup>2</sup>, les émissions évitées par rapport à une construction traditionnelle s'élèvent à 10 tonnes de CO<sub>2</sub> environ, tandis que pour un bâtiment collectif de 2000 m<sup>2</sup> (R+5 avec 6 logements par étage), les émissions évitées par rapport à une construction traditionnelle s'élèvent à 370 tonnes de CO<sub>2</sub> environ. (Source : étude carbone 4, 2015 - cette étude n'a toutefois pas fait l'objet d'une revue critique, et de ce fait n'est pas conforme aux normes ISO 14040 et 14044).

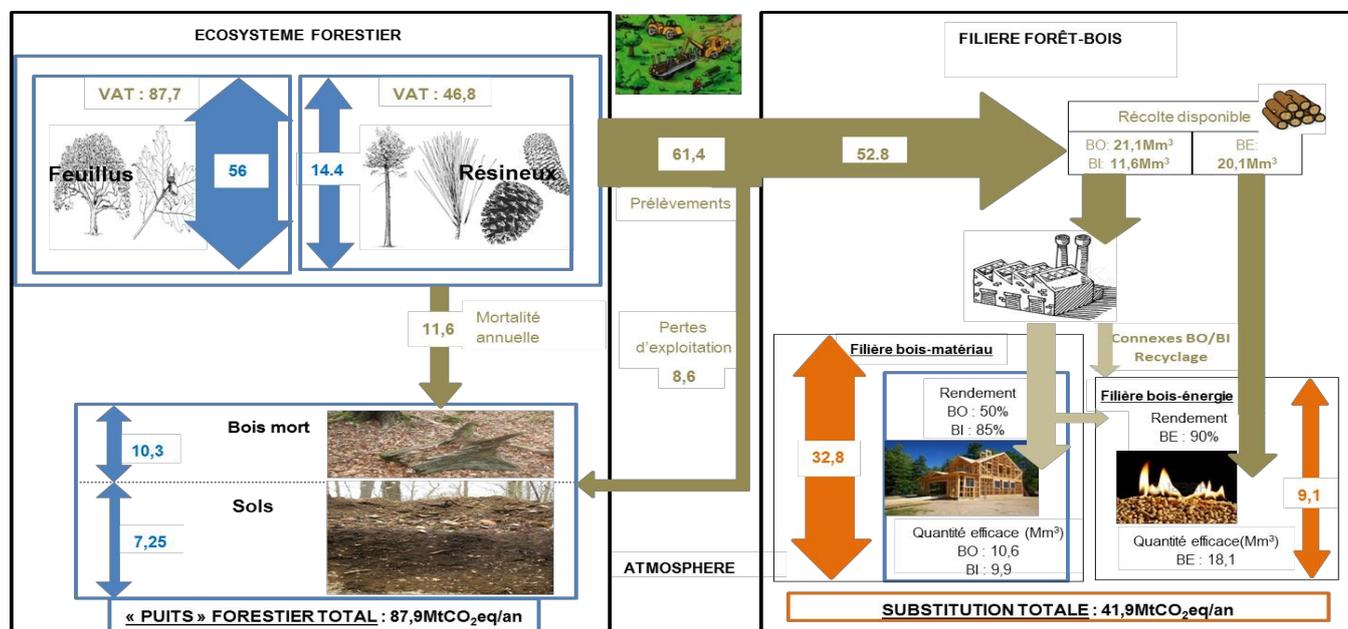


### Substitution énergie : substitution du bois à d'autres sources d'énergie

La consommation d'énergies fossiles (gaz naturel, pétrole, charbon) est la plus importante cause d'émission de CO<sub>2</sub> d'origine fossile. La combustion du bois génère aussi des émissions de CO<sub>2</sub> mais d'origine « biomasse ». La préparation de ce combustible bois (broyage), sa mise à disposition pour les chaufferies (transport) sont cependant à l'origine de l'utilisation de carburants fossiles (ex : diesel) et donc de quelques émissions de dioxyde de carbone fossile. Le bilan des émissions de GES d'origine fossile du bois-énergie reste cependant largement inférieur à celui des énergies fossiles. A titre d'exemple, il est estimé que la substitution du fioul domestique par le broyat de palette permet d'éviter l'émission de 296 kg de CO<sub>2</sub> d'origine fossile par MWh (source : bilan carbone ADEME/FCBA). Le développement de chaufferies et de centrales fonctionnant au bois en substitution de combustibles fossiles est donc un moyen de réduire ces consommations et donc les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine fossile. Pour ce qui concerne la situation française, le facteur de substitution moyen pour l'ensemble des productions d'énergie à partir du bois est de l'ordre de 0,5 t CO<sub>2</sub> eq./m<sup>3</sup>, soit environ 0,6 t d'équivalent carbone par tonne de carbone contenu dans le combustible bois (référence : ADEME. 2015. "Les Avis de l'ADEME - Forêts et Atténuation du Changement Climatique."). Une estimation de la contribution de la substitution «énergie» dans la filière française est donnée en fig.3.

### Le potentiel de substitution de la filière bois en France métropolitaine : situation actuelle et perspectives

Une étude synthétique publiée en France en 2016 (fig. 3) présente un bilan global en 2013 pour le secteur forêt-bois des flux annuels de matière et de CO<sub>2</sub> au niveau des forêts et de la filière bois. On observe un fort effet «puits» des écosystèmes forestiers qui fixent chaque année environ 88 Mt eq.CO<sub>2</sub> s'ajoutant au stock déjà présent. En revanche, l'effet «puits» des produits à base de bois est faible.

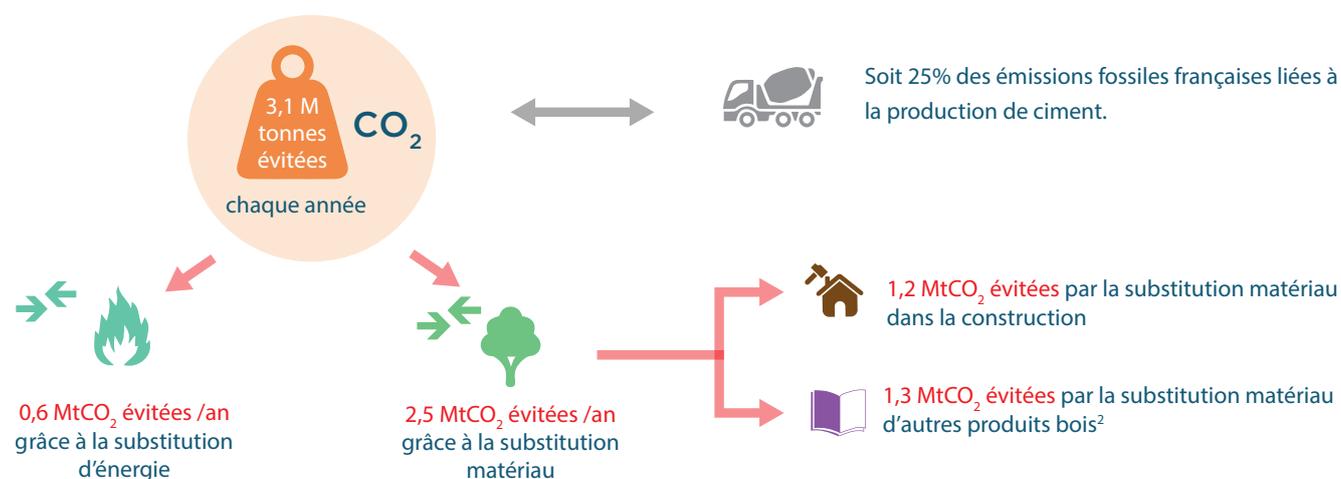


**Figure 3. Flux de matière et de CO<sub>2</sub> aux différents stades de la filière forêt-bois française en 2013 (VAT=Volume aérien total, BO=Bois d'œuvre, BI=Bois d'industrie, BE=Bois énergie) - (Source : Les leviers forestiers pour lutter contre le changement climatique - Résumé du rapport de l'étude réalisée par l'INRA pour le compte du MAAF – juin 2016)**

- Effet de substitution (MtCO<sub>2</sub>eq évités/an) SUBSTITUTION
- Variation des stocks de carbone dans l'écosystème forestier (MtCO<sub>2</sub>eq/an) STOCKAGE
- Bois provenant de la forêt (Mm<sup>3</sup>/an)
- Bois provenant de l'industrie ou produits en fin de vie (Mm<sup>3</sup>/an)

\* La variation de stock de carbone dans les produits bois a été estimée à 0 et -0,1 MtCO<sub>2</sub>eq/an pour BO et BI respectivement et n'apparaît donc pas dans les flux de CO<sub>2</sub> de la filière en 2013

L'effet de substitution du bois à d'autres matériaux et sources d'énergie est très important, respectivement 32,5 et 9,1 Mt eq CO<sub>2</sub>/an. Ceci incite également à privilégier les stratégies visant à développer l'utilisation du bois d'oeuvre et à faire intervenir la combustion en fin de cycle de vie.



**Figure 4. Le développement de la construction bois peut contribuer significativement à la réduction de l'émission de GES d'origine fossile** - Un triplement de la construction bois d'ici à 2030, constitué pour moitié de CLT (cross laminated timber) et pour moitié d'ossature bois, et alimenté avec 100% de bois français, permettrait des bénéfices considérables d'un point de vue environnemental : émission évitée de 3,1 Mt de CO<sub>2</sub>/an (et aussi économique (emploi, balance commerciale) (Source : étude carbone 4, 2015)

Pour estimer les bénéfices en termes d'émission de GES fossile que pourrait apporter un développement de l'utilisation du bois, des scénarios ont été élaborés. L'un d'entre eux a estimé qu'un triplement de la construction bois d'ici à 2030 permettrait d'éviter d'émettre annuellement 3,1 Mt de CO<sub>2</sub> (fig.4). Assurer cette production avec 100% de bois français nécessiterait : i) d'augmenter la récolte de résineux de 25% d'ici à 2030, soit de 1,5% par an ; ii) de produire 2,4 Mm<sup>3</sup> de sciages résineux séchés supplémentaires, soit 5 fois plus qu'en 2012 ; iii) d'investir de l'ordre de 800 millions à 1 milliard d'euros dans des outils de première et deuxième transformation.

#### Pour en savoir plus

Carbone forêt-bois : des faits et des chiffres (réalisation, FCBA, mise à jour 30.06.2014) [http://www.fnbois.com/sites/default/files/mediatheque/Vademecum\\_Carbone-Foret-Bois\\_2012.pdf](http://www.fnbois.com/sites/default/files/mediatheque/Vademecum_Carbone-Foret-Bois_2012.pdf)

Étude carbone 4, 2015 [http://www.codifab.fr/sites/default/files/etude\\_carbone\\_4\\_note\\_de\\_communication\\_filiere\\_bois\\_vf\\_mai\\_2015.pdf](http://www.codifab.fr/sites/default/files/etude_carbone_4_note_de_communication_filiere_bois_vf_mai_2015.pdf)

Leviers forestiers en termes d'atténuation pour lutter contre le changement climatique. Dhôte J.-F. et al., (2016). Résumé du rapport d'étude pour le Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, Paris : INRA-DEPE

**Recommandation** : lire en complément les fiches : 3.04, 6.04, 6.05, 6.06, 7.05, et 7.13

#### Ce qu'il faut retenir

- Le bois est un matériau qui peut se substituer à des matériaux d'origine minérale ou fossile, dont la fabrication génère plus d'émissions de GES ; la substitution de ces matériaux par le bois permet donc de réduire les émissions de GES fossiles.
- De même, le bois énergie peut se substituer à l'utilisation de combustibles fossiles tels que le gaz, le pétrole et le charbon, avec des bénéfices de réduction des émissions de GES fossiles significatifs.
- L'évitement de l'émission de CO<sub>2</sub> fossile par substitution (énergie, et surtout bois matériau) est très important ; il peut être amplifié par le développement de l'utilisation de bois dans la construction.