

QUEL AVENIR POUR LA FORÊT EUROPÉENNE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET À L'OBJECTIF DE NEUTRALITÉ CARBONE ?

PRÉAMBULE

The Shift Project, association d'intérêt générale créée en 2010, œuvre par ses travaux et ses actions à la transition vers une économie libérée des énergies fossiles et des émissions de gaz à effet de serre (GES). *The Shift Project* a publié lors des dernières campagnes présidentielles un manifeste⁽¹⁾ rappelant la nécessité et l'urgence d'engager le pays dans une trajectoire de réduction de ses émissions de GES à la hauteur des accords pris en 2015 à Paris lors de la COP 21. Neuf propositions ciblant différents secteurs (production d'électricité, transports, bâtiments, agriculture...) accompagnent ce manifeste et détaillent les mesures sans lesquelles *The Shift Project* ne voit pas comment l'Union européenne (UE) pourrait atteindre en 2050 l'objectif officiel d'une diminution d'un facteur quatre par rapport aux émissions de 1990 et *a fortiori* la neutralité carbone au cours de la seconde moitié de ce siècle.



La forêt, à la croisée des enjeux climatiques et énergétiques, fait l'objet de l'une de ces propositions. Les auteurs du présent article en ont été les principaux rédacteurs et se proposent de vous présenter leurs travaux. Précisons d'entrée que ni l'un, ni l'autre, ne sont spécialistes (académiques ou professionnels) de la problématique et que l'approche adoptée, aussi rigoureuse que puissent le souhaiter les auteurs, a tout à gagner de sa confrontation avec le regard et l'expérience des forestiers professionnels, des acteurs de la filière bois et de toute personne impliquée dans la gestion ou l'utilisation de cette ressource.

Nous garderons le cadre européen initial de l'étude en donnant de temps en temps des chiffres et des références français afin de plus facilement se représenter les actions proposées.

(1) Ce manifeste et les neuf propositions associées peuvent être consultés à l'adresse suivante : <http://decarbonizeurope.org/>.

CONTEXTE

Du fait des incertitudes inhérentes à la comptabilité forestière et aux différentes sources de renseignements statistiques à disposition (Eurostat, Forest Europe, IGN, MAA...), nous sommes conscients que les valeurs que nous utilisons ne sont pas nécessairement identiques à celles d'autres études et peuvent être discutées. Néanmoins, ce sont avant tout les ordres de grandeur et la méthode employée qui structurent notre travail et nos conclusions. Nous présentons notre méthode de façon explicite afin que chacun puisse juger de sa pertinence et refaire s'il le souhaite les calculs avec des données différentes.

La forêt européenne, un puits de carbone menacé ?

En 2015, l'UE⁽²⁾ possédait 161 millions d'hectares de surfaces forestières⁽³⁾ dont 17 se trouvaient en France métropolitaine (tableau I ci-dessous, données Eurostat). Ces forêts sont en expansion depuis le XIX^e siècle avec une accélération au milieu du XX^e siècle suite à l'abandon de nombreuses terres agricoles, cela représente aujourd'hui un gain net d'environ 430 000 ha par an pour l'UE et 110 000 ha par an pour la France. Par ailleurs, pour les forêts en exploitation, les prélèvements sont en moyenne inférieurs à la production biologique nette⁽⁴⁾ (autour de 70 % de la production, avec des variations selon les années, données Eurostat), le volume de bois sur pied par unité de surface augmente donc lui aussi en moyenne d'une année sur l'autre.

TABLEAU I **La forêt européenne, une augmentation en surface et en volume** (a)

	Surface forestière	Évolution de la surface forestière	Production biologique nette ^{(b),(c)}	Prélèvements ^(b)	Stock ^(b)	Évolution de l'accroissement annuel surfacique ^(b)
Unité	1 000 ha	1 000 ha par an	millions de m ³ sur écorce par an	millions de m ³ sur écorce par an	millions de m ³ sur écorce	m ³ sur écorce par hectare par an
Année	2015	2005-2015	2010	2015	2015	2005-2015
UE-28	161 082	+ 432	777	500	23 149	+ 1,5
France métropolitaine	16 989	+ 113	83	60	2 697	+ 1,2

(a) D'après la base de données Eurostat.

(b) Ne concerne que les forêts exploitables.

(c) Données non disponibles pour 2015.

Cette augmentation en surface et en volume de la forêt constitue un puits de carbone important. À l'échelle de l'UE, ce sont 426 millions de tonnes de CO₂ (Mt CO₂) qui ont ainsi été absorbées en 2015 par la croissance des arbres soit près de 10 % des 4 400 Mt équivalent CO₂ (Mt CO₂éq) émises cette année (émissions brutes, données EEA). Le puits forestier français était quant à lui de 53 Mt CO₂ en 2015 et compensait près de 11 % des émissions brutes (487 Mt CO₂éq, données EEA). Ce stockage du carbone atmosphérique est l'une des fonctions majeures des

(2) UE-28, en incluant le Royaume-Uni.

(3) Et 21 millions d'hectares de surfaces boisées non considérées comme des forêts (haies et autres alignements, petits bois de moins d'un demi-hectare, formations basses telles que garrigues et maquis, etc.).

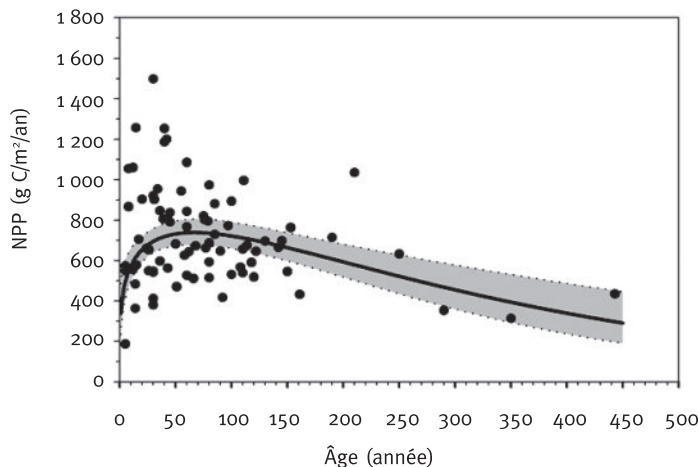
(4) Croissance des arbres d'une parcelle moins pertes naturelles.

écosystèmes forestiers dans la lutte contre le changement climatique. Toutefois, des doutes émergent sur les capacités des forêts européennes à maintenir ce rôle.

Précisons tout d'abord que ce puits de carbone est temporaire et réversible⁽⁵⁾ :

— Temporaire car le stockage a lieu tant que la forêt est en croissance. Cette croissance ne pouvant être infinie, il arrive un moment où la biomasse par unité de surface atteint un maximum et où un équilibre se met en place entre la séquestration de carbone par photosynthèse et son relargage par respiration des arbres vivants et décomposition du bois mort (*via* la respiration des organismes décomposeurs du bois). Notons que les sols forestiers participent également au stockage de matière organique (et donc de carbone) mais qu'ils sont eux aussi sujets à saturation⁽⁶⁾. À ce stade de maturité, le bilan carbone d'une forêt est globalement neutre. La séquestration de carbone par un écosystème forestier au cours du temps prend donc la forme d'une courbe dissymétrique, l'intensité des flux et les temps caractéristiques variant selon les biomes (figure 1, ci-dessous).

FIGURE 1 **PRODUCTION PRIMAIRE NETTE (NPP)**
DE FORÊTS TEMPÉRÉES SELON L'ÂGE DU PEUPEMENT (D'après Tang *et al.*, 2014)
La séquestration de carbone par l'écosystème est proportionnelle à la production primaire nette.



— Réversible car toute perturbation (naturelle ou anthropique) augmentant la mortalité au sein d'une forêt conduit, en un temps plus ou moins long, au relargage du carbone qui y avait été stocké⁽⁷⁾, sauf dans le cas d'une récolte de bois destinée à des matériaux à longue durée de vie, nous y reviendrons.

Deux questions se posent alors pour les forêts européennes : où se situe le taux de séquestration actuel par rapport au maximum attendu ? Le stock de carbone en place risque-t-il d'être déstabilisé par les conséquences du changement climatique ?

(5) Le lecteur intéressé par ces questions de séquestration du carbone pourra consulter avec profit les articles de Powlson *et al.* (2011), Coomes *et al.* (2012), Smith (2014), Stephenson *et al.* (2014) et Tang *et al.* (2014).

(6) Des transferts peuvent cependant avoir lieu vers des réservoirs de long terme comme les couches profondes du sol ou des bassins sédimentaires mais les flux alors mis en jeu (de l'ordre de 0,5 % de la production primaire nette, Coomes *et al.*, 2012) sont négligeables face à ceux à l'œuvre lors de la constitution de l'écosystème.

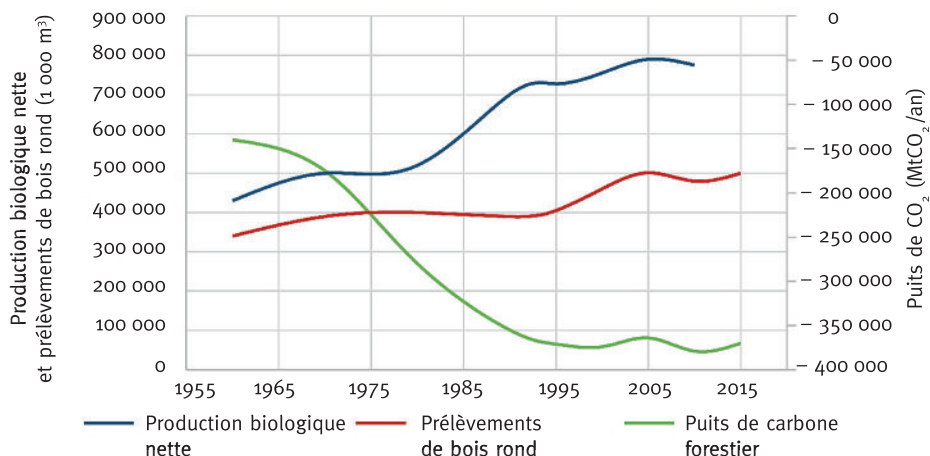
(7) Des inquiétudes existent également sur les risques de déstabilisation du carbone séquestré dans les sols, notamment forestiers, face à un réchauffement global (Melillo *et al.*, 2017). Cela conduirait à des émissions massives et incontrôlables de CO₂ et de méthane (piégé sous forme d'hydrates de méthane dans les pergélisols).

FIGURE 2

**ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION BIOLOGIQUE NETTE,
DES PRÉLÈVEMENTS DE BOIS ROND
ET DU PUIXS DE CARBONE DES FORÊTS EUROPÉENNES EN PLACE DE 1960 À 2015**

Mis à jour d'après Nabuurs *et al.* (2013).

Les données sont manquantes pour la production biologique nette en 2015



Sans entrer dans les détails, il semblerait que, malgré des prélèvements stables depuis le début du XXI^e siècle, la production biologique des forêts en place⁽⁸⁾ et le puits de carbone associé n'augmentent plus (figure 2 ci-dessus, Nabuurs *et al.*, 2013). Cela s'expliquerait par l'effet combiné d'un ralentissement de la production dû au vieillissement des forêts et par une augmentation des perturbations naturelles en cohérence avec le changement climatique en cours : sécheresses et incendies estivaux, tempêtes, pathogènes et ravageurs⁽⁹⁾ (Nabuurs *et al.*, 2013 ; Seidl *et al.*, 2014 ; ONERC, 2014 pour un bon aperçu des effets attendus du changement climatique sur la forêt française).

Au-delà d'une moindre séquestration de carbone, un tel ralentissement de la production biologique aurait bien entendu un impact direct sur la disponibilité future de la ressource forestière et donc sur les autres moyens d'atténuation des émissions que permettent les usages du bois.

La production de bois et son utilisation dans les différentes filières

En 2015, les prélèvements de bois rond issu des forêts de l'UE s'élevaient à 500 millions de mètres cubes (hm³, hectomètres cubes) sur écorce (tableau I, p. 260, 485 hm³ en 2010) et restaient inférieurs à la production biologique nette (777 hm³ en 2010, données non disponibles pour 2015). Cette vision globale d'une gestion durable de la ressource forestière ne doit cependant pas masquer certaines tendances locales à la surexploitation⁽¹⁰⁾ voire à la déforestation. Celle-ci, même en Europe, n'est pas anecdotique puisque environ 100 000 ha par an sont concernés (moyenne sur la période 1990-2010, Nabuurs *et al.*, 2013, à comparer au gain net de 430 000 ha par an précédemment évoqué). L'étalement urbain, le développement des infrastructures de transports, des zones commerciales ou industrielles en sont les principales causes.

(8) Les forêts en place correspondent à la catégorie 'forest land remaining forest land' des inventaires d'émissions, autrement dit les forêts âgées de 20 ans minimum.

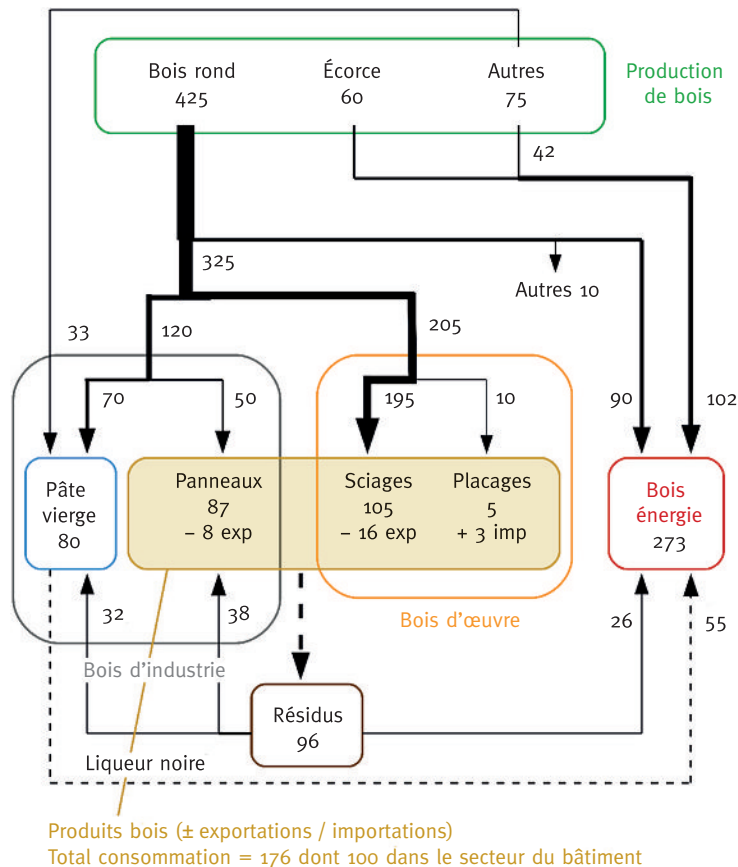
(9) Voir par exemple les cas de l'oïdium du Chêne (*Erysiphe alphitoides*, Marçais et Desprez-Loustau, 2014) et du scolyte typographe (*Ips typographus*, Seidl *et al.*, 2008), également abordés dans le rapport de l'ONERC (2014).

(10) Voir à ce propos les cartes publiées par Levers *et al.* (2014).

Si le bois rond issu des forêts représente environ 85 % de la ressource en bois, il convient d'y ajouter les résidus de coupes et le bois des surfaces non forestières (voir note 3, p. 259). L'ensemble de la production européenne de bois représentait 560 hm³ équivalent bois rond (ebr) en 2010 (Mantau, 2012, données Eurostat).

FIGURE 3 LA PRODUCTION DE BOIS DE L'UE-27 EN 2010 ET SON UTILISATION DANS LES DIFFÉRENTES FILIÈRES

Les valeurs sont exprimées en millions de mètres cubes (hm³) ebr. Les flèches en tirets indiquent les sous-produits des éléments dont elles sont issues. Les données sont issues de Eurostat, FAOstat et Mantau (2012) en utilisant si besoin les facteurs de conversion indiqués dans UNECE/FAO Timber Section (2010).



Le bois ainsi récolté a trois débouchés principaux (figure 3, ci-dessus) :

- la filière **bois d'œuvre** : elle reçoit le plus grand volume de bois ronds (une petite moitié). Ceux-ci sont transformés une première fois dans les scieries et les usines de placage puis une seconde fois afin de fournir des produits pour la construction, la menuiserie, l'ameublement, l'emballage et la manutention (palettes). Environ 50 % de produits connexes sont générés par les activités de première transformation et rejoignent les filières bois industrie et bois énergie (BIBE).
- la filière **bois industrie** : elle reçoit un gros quart des bois ronds auxquels s'ajoutent des résidus forestiers, des connexes de scieries et des matériaux recyclés. L'ensemble est broyé et constitue la matière première des usines de panneaux (fibres et particules) et de l'industrie papetière.

— la filière **bois énergie** : elle reçoit un petit quart des bois ronds auxquels s'ajoutent là aussi des résidus forestiers et industriels et des produits en fin de vie. Précisons que l'on inclut dans cette filière l'écorce des arbres⁽¹¹⁾ puisqu'elle est brûlée dans les usines de première transformation pour fournir de la chaleur (séchage des sciages) et de l'électricité en cogénération.

Une information importante mais non précisée dans les données consultées est la part des produits bois utilisée dans le secteur du bâtiment. Sur les 176 hm³ ebr de panneaux et de produits issus de la transformation du bois d'œuvre consommés dans l'UE en 2010, nous avons fait l'hypothèse qu'environ 100 hm³ ebr étaient destinés à la construction. Il s'agit probablement d'une surévaluation mais cette hypothèse nous sert avant tout à « cadrer » notre proposition et n'a pas d'influence sur le potentiel de réduction d'émissions de GES puisque ce dernier dépend de la quantité *supplémentaire* de produits bois mobilisés et non de la quantité initiale (voir ci-dessous).

Ces différents usages du bois laissent entrevoir deux voies d'atténuation des émissions de GES :

— la **substitution matériau** : le bois est utilisé à la place de matériaux de construction dont la fabrication émet davantage de GES (en particulier le béton et l'acier). Ce procédé permet en outre de conserver le carbone séquestré lors de la croissance de l'arbre.

— la **substitution énergie** : le bois vient remplacer des combustibles fossiles pour produire de l'énergie. Le carbone séquestré est alors relargué lors de la combustion.

PROPOSITION ET ACTIONS À MENER

Doubler l'utilisation des produits bois en construction d'ici 2050

Nous proposons d'augmenter de 100 hm³ ebr le volume des produits bois utilisé chaque année dans la construction, ce qui reviendrait à doubler le flux actuel (voir hypothèse ci-dessus).

Ces produits bois doivent nécessairement venir *en remplacement* de matériaux émissifs (béton, acier, aluminium...) et non pas s'ajouter aux usages actuels sans quoi aucune réduction n'est possible. L'objectif retenu dans notre proposition est de faire croître le taux d'utilisation du bois et des produits issus du bois comme matériaux de construction d'un facteur trois en moyenne dans la construction neuve et d'un facteur deux au moins dans la rénovation.

Nous préférons orienter notre proposition vers la substitution matériau plutôt qu'énergétique pour plusieurs raisons :

— la transformation des grumes pour leur usage en tant que bois d'œuvre est également à l'origine de sous-produits pouvant être valorisés énergétiquement ou permettre la fabrication d'autres produits bois (bois industrie) eux-mêmes valorisables énergétiquement en fin de vie. Il y a ainsi un effet d'entraînement sur l'ensemble de la filière favorisant l'utilisation « en cascade » de la ressource ;

— insister sur (et subventionner) la substitution énergétique seule peut mener à une utilisation non optimale de la ressource comme par exemple dans le cas de production d'électricité dans une centrale à biomasse sans valorisation de la chaleur ;

— la valeur ajoutée et la création d'emplois sont supérieures lors du développement du bois d'œuvre et de filières de construction dédiées, par rapport à la simple valorisation énergétique ;

(11) Considérée ici au taux de 12 % du volume en moyenne pour une grume, soit une valeur proche de celles du Sapin et de l'Épicéa, essences principales de la filière bois européenne (11 % pour les deux essences ; FCBA, 2015).

— augmenter la part de bois dans les bâtiments permet de constituer un stock de carbone et donc de prolonger le puits de carbone des forêts lors de la construction du parc de bâtiments contenant des produits bois⁽¹²⁾.

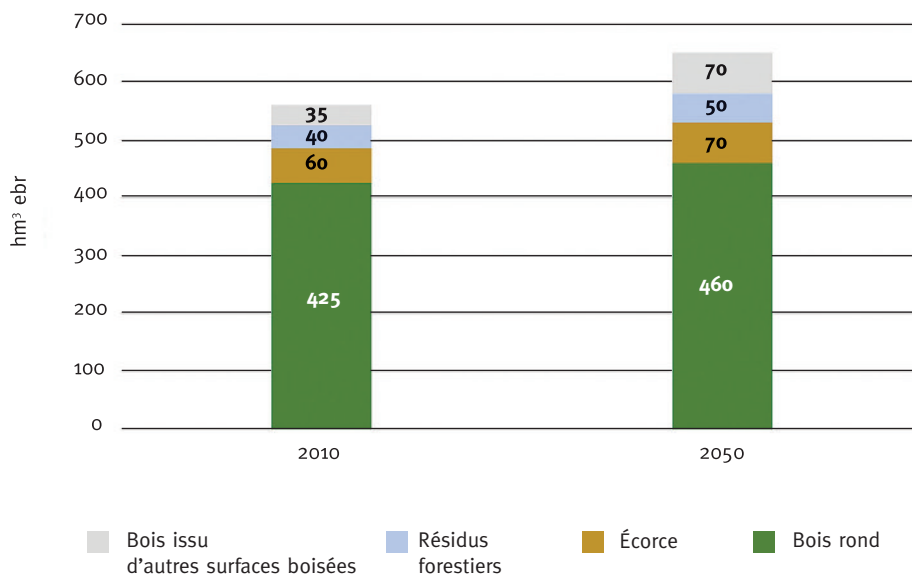
Pour parvenir à ce résultat, nous envisageons plusieurs actions que nous détaillons ci-dessous.

Mobiliser une ressource en bois plus importante et plus variée

Une première piste à explorer concerne l'augmentation de la production de bois. Toutefois, nous l'avons vu plus haut, la production biologique des forêts européennes semble avoir atteint son maximum et risque par ailleurs d'être affectée par les conséquences du changement climatique. Aussi dans l'hypothèse d'un plafonnement de la production biologique à 800 hm³ sur écorce, les prélèvements pourraient augmenter légèrement et atteindre 530 hm³. Ce taux moyen de 66 % reste compatible avec l'accroissement du stock et maintient une pression modérée sur les écosystèmes forestiers⁽¹³⁾ et donc sur les fonctions qui en dépendent (biodiversité, protection des sols, cycle et qualité de l'eau, etc.). En comptant les résidus de coupe, les surfaces forestières produiraient ainsi 55 hm³ ebr supplémentaires (figure 4, ci-dessous).

FIGURE 4 COMPARAISON DE LA PRODUCTION DE BOIS EN 2010 ET EN 2050 SELON LE SCÉNARIO DÉCRIT DANS CET ARTICLE

L'augmentation des prélèvements de bois rond s'accompagne d'une augmentation similaire d'écorce et de résidus de coupe. Au total, la production de bois en 2050 est supérieure de 90 hm³ à la production de 2010.



(12) Nous soulignons pour insister sur l'aspect encore une fois temporaire de ce puits de carbone. Le stock de produits bois dans le bâtiment ne peut croître indéfiniment, un équilibre finit par être atteint entre les flux entrants (nouveaux produits bois) et sortants (valorisation énergétique des produits bois en fin de vie). C'est la *variation de volume* du stock de produits bois et non sa taille qui détermine donc la « force » du puits de carbone.

(13) Il est envisageable de viser des taux de prélèvements plus importants afin de stimuler davantage la filière bois et de permettre un renouvellement plus rapide de certaines forêts plus menacées par les conséquences du changement climatique. Différentes stratégies de gestion peuvent donc être menées selon les contextes régionaux et la place accordée aux autres fonctions de la forêt (ONERC, 2014 ; INRA et IGN, 2017).

Si le potentiel d'augmentation de la production de bois des forêts nous semble relativement limité (+ 10 %), celui des surfaces boisées non forestières est en revanche beaucoup plus important. Le développement de l'agroforesterie, la plantation de haies ou l'aménagement de zones en déprise en taillis à courte rotation permettraient de doubler⁽¹⁴⁾ la production de ces espaces fournissant ainsi 35 hm³ ebr supplémentaires (figure 4, p. 265).

La mobilisation des ressources supplémentaires détaillée ci-dessus permettrait un gain de 35 hm³ de bois rond utilisables dans la construction. Cependant, une part importante du potentiel est constituée de bois non approprié à cet usage ou dont le côté dispersé rendrait la collecte et l'acheminement vers les usines compliqués. Il est donc nécessaire de réorganiser les flux de bois rond au sein de la filière pour atteindre les objectifs fixés en termes de production de matériaux de construction en bois.

Réorganiser les usages du bois rond vers la construction

Nous proposons de réorienter vers les scieries et les usines de panneaux 20 hm³ de bois rond actuellement destinés à la fabrication de pâte à papier et 50 hm³ de bois rond destinés à la production d'énergie (figure 5, p. 267).

Si un tel transfert ne pose *a priori* pas de problème technique pour les usines de panneaux qui peuvent s'accommoder de grumes de plus petite taille ou de moindre qualité, cela n'est pas le cas pour les scieries et les usines de placages. Une étude détaillée de la proportion du bois rond des filières BIBE qui pourrait être réorientée vers une valorisation en bois d'œuvre sortait du cadre de notre travail. Elle conditionne néanmoins la faisabilité de ces substitutions ou les changements de pratiques à mettre en place au niveau des parcelles pour y parvenir. La gestion finale de la ressource et les produits bois obtenus en 2050 dans ce scénario sont présentés figure 5 (p. 267).

Plusieurs éléments peuvent être relevés :

- la consommation de produits bois passe de 176 à 295 hm³ ebr. Cette hausse est assurée en grande partie par les usines de panneaux (63 hm³ ebr) puis la production de bois d'œuvre (35 hm³ ebr) et le rééquilibrage commercial (21 hm³ ebr). Sur ces 119 hm³ ebr supplémentaires, 100 sont destinés à la construction conformément à notre proposition ;

- la filière papetière compense la baisse d'approvisionnement en bois rond par davantage de résidus forestiers et industriels ;

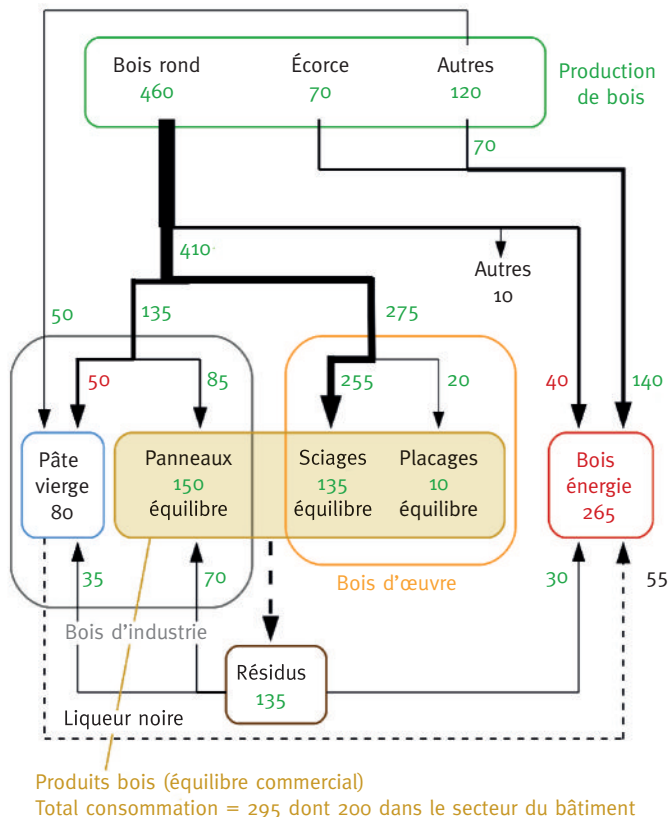
- l'utilisation du bois énergie diminue légèrement, la baisse d'approvisionnement en bois rond étant majoritairement compensée par le bois issu des surfaces non forestières. Les caractéristiques de ce dernier et les contraintes logistiques liées à son exploitation font qu'il est principalement dirigé vers une production d'énergie locale (réseaux de chaleur avec cogénération et autoconsommation).

Bien entendu, d'autres arbitrages peuvent être envisagés et cette analyse globale gagnerait à intégrer les spécificités locales et les contraintes techniques et logistiques liées aux différents usages. Néanmoins, elle propose un cadre chiffré à partir duquel d'autres scénarios peuvent être imaginés.

(14) Hypothèse plutôt conservatrice, le potentiel pourrait être encore supérieur dans le cas d'un développement important de l'agroforesterie.

FIGURE 5 LA PRODUCTION DE BOIS EUROPÉENNE EN 2050 ET SON UTILISATION DANS LES DIFFÉRENTES FILIÈRES SELON LE SCÉNARIO DÉCRIT DANS CET ARTICLE

Les valeurs sont exprimées en millions de mètres cubes (hm³) ebr.
 Les flèches en tirets indiquent les sous-produits des éléments dont elles sont issues.
 La couleur des nombres indique une augmentation (vert) ou une diminution (rouge) du volume par rapport à 2010.



Encourager la structuration de la filière bois

Le scénario envisagé nécessite un développement de la filière bois à tous les niveaux : exploitations forestières et agricoles (agroforesterie), usines de première et seconde transformations du bois, acteurs de la construction bois, du recyclage et de la valorisation énergétique de la biomasse...

Nous donnons quelques pistes qui permettraient de structurer la filière dans ce sens :

- au niveau de l'Union européenne : préparer les éléments (livre vert) définissant le cadre législatif et les financements adaptés à une meilleure mobilisation des produits bois vers la construction. Les investissements seraient de l'ordre de 70 milliards d'euros sur 35 ans⁽¹⁵⁾ (Carbone 4, 2015) et seraient dirigés vers l'augmentation de la ressource (plantations, agrofores-

(15) Soit 2 milliards d'euros par an. À titre de comparaison, le plan d'investissement pour l'Europe (plan Juncker) a prévu des financements de l'ordre de 100 milliards d'euros par an sur la période 2015-2017 (European Commission, 2017).

terie), sa gestion durable (certifications et labels), le développement des usines de transformation et des techniques de construction bois et la construction proprement dite.

– au niveau des États : utiliser la commande publique comme levier pour encourager la construction bois aussi bien en neuf qu'en rénovation. Veiller au respect de la hiérarchisation des usages du bois en subventionnant davantage la valorisation en tant que matériau et en dynamisant l'utilisation des ressources non forestières locales pour les besoins en énergie. S'assurer du recyclage et de la valorisation énergétique des produits bois et papier en fin de vie⁽¹⁶⁾.

– au niveau des gestionnaires et exploitants forestiers : faire valoir l'importance du rôle de la forêt et des professions qui y sont liées dans la transition carbone. En effet, la forêt est davantage perçue par de nombreux citoyens par sa valeur récréative et environnementale que par ses aspects productifs. Une sensibilisation des citoyens aux différents rôles des forêts associée à une gestion exemplaire et à la préservation de zones non exploitées est souhaitable afin d'éviter des blocages. Encourager les petits propriétaires à se regrouper afin d'améliorer l'exploitation des parcelles fragmentées. Anticiper les conséquences du changement climatique dans leurs pratiques (sélection des essences, structures irrégulières...), à ce propos, la lecture du rapport de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique sur la gestion forestière face au changement climatique est riche d'enseignements (ONERC, 2014)⁽¹⁷⁾.

– au niveau des acteurs de la construction bois : considérer les produits bois dans une démarche plus large de construction « bas carbone » avec d'autres matériaux biosourcés ou peu émissifs (paille, chanvre, terre...) et un design adapté (taille du logement, modularité, performance thermique...). Intégrer les produits bois aux chantiers de rénovation et d'isolation (panneaux, laine de bois...). Développer l'usage des essences propres au contexte régional, en particulier pour les forêts naturellement dominées par les feuillus.

POTENTIEL DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GES ET AUTRES BÉNÉFICES

Pour faire cette estimation, nous avons considéré le coefficient de substitution moyen de 3,9 tCO₂ par tonne de produits bois (masse sèche). Autrement dit, l'utilisation d'une tonne de produits bois à la place de matériaux de construction émissifs permet d'éviter l'émission de 3,9 tCO₂. Ce coefficient est issu d'une méta-analyse de 21 études sur le sujet et semble correspondre à un ordre de grandeur relativement fiable (Sathre et O'Connor, 2010 ; INRA et IGN, 2017). Il intègre les émissions évitées lors de la phase de production des matériaux, lors de la construction, mais également les effets de substitution énergétique des connexes produits lors de la fabrication des produits bois et des produits bois eux-mêmes en fin de vie.

Nous avons toutefois préféré ne pas prendre en compte cet effet lié à la substitution énergie d'une part car, dans notre scénario, une large partie des connexes est redirigée vers la filière bois industrie, d'autre part car la diminution attendue de l'usage des combustibles fossiles dans le mix énergétique européen rend les émissions évitées par l'usage du bois énergie de plus en plus faibles. Cela est d'autant plus marqué pour des produits bois à longue durée de vie comme c'est le cas des matériaux de construction. Nous avons ainsi retenu après correction le coefficient de substitution suivant : 1,8 tCO₂ évitée par tonne sèche de produits bois substituée. En utilisant ce chiffre conservatif nous obtenons une valeur minimale des émissions de GES évitées, elles seront vraisemblablement supérieures.

(16) Permettant ainsi d'éviter de possibles émissions de méthane lors de la décomposition du bois en décharge.

(17) Voir également à ce sujet les travaux et actions du réseau AFORCE (Adaptation des Forêts au Changement Climatique). <http://www.reseau-aforce.fr/>.

La substitution annuelle de 100 hm³ supplémentaires de produits bois (65 hm³ de panneaux et 35 hm³ de bois d'œuvre) dans la construction permettrait à l'UE en 2050 de réduire ses émissions de GES d'environ 100 MtCO₂⁽¹⁸⁾. L'application de notre proposition à l'échelle de la France aboutit à une mobilisation annuelle supplémentaire de 9 hm³ de produits bois et une réduction des émissions en 2050 de 7,7 MtCO₂⁽¹⁹⁾.

Précisons que ce calcul n'inclut pas les effets de séquestration du carbone lors de la constitution du stock de produits bois du bâtiment. Pour une tonne de produit bois mobilisée, 1,8 tonne de CO₂ est séquestrée⁽²⁰⁾. On peut donc s'attendre à un puits de carbone du même ordre que les émissions évitées *tant que le stock continue à croître*. Des études plus approfondies seraient nécessaires pour estimer la valeur finale possible de ce stock et donc le CO₂ ainsi séquestré.

Ces 100 MtCO₂ de réduction des émissions annuelles de l'UE demeurent faibles au vu de la tâche restante à accomplir (environ 4 % de l'objectif « facteur quatre »⁽²¹⁾), néanmoins, le développement de l'utilisation du bois dans la construction aurait d'autres bénéfices.

Encourager l'économie forestière pourrait permettre de valoriser des terres en déprise ou dégradées en améliorant par ailleurs localement la qualité de l'eau et des sols. Cela aboutirait à une création nette d'emplois non délocalisables (Carbone 4, 2015) et au développement de savoir-faire techniques indispensables à la construction d'une économie décarbonée. Enfin, la stimulation de la demande en bois doit favoriser le développement de l'agroforesterie et encourager les gestionnaires forestiers à gérer durablement les exploitations mais également à anticiper les conséquences du changement climatique sur cette ressource précieuse.

Félix LALLEMAND

Doctorant en écologie
Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité
(ISYEB)
UMR 7205 CNRS MNHN UPMC EPHE
Muséum national d'Histoire naturelle
Sorbonne Universités
12 rue Buffon, CP 39
F-75005 PARIS
et
The Shift Project
54 rue de Clichy
F-75009 PARIS

André-Jean GUÉRIN

Ingénieur général honoraire
des Ponts, des Eaux et des Forêts
Membre correspondant
de l'Académie d'agriculture de France
et
The Shift Project
54 rue de Clichy
F-75009 PARIS

BIBLIOGRAPHIE

CARBONE 4, 2015. Développer la construction bois en France pour améliorer l'indépendance énergétique, réduire les émissions de gaz à effet de serre et développer l'emploi. *Étude de l'entreprise Carbone 4*, 2015. [En ligne] Consultable sur <http://www.carbone4.com/sauver-le-climat-avec-nos-forets-la-construction-touche-du-bois/>

CGAAER, 2015. *Les contributions possibles de l'agriculture et de la forêt à la lutte contre le changement climatique*. Rapport du Conseil général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux. 83 p.

(18) Nous utilisons les masses volumiques suivantes : 0,628 tonne sèche par mètre cube pour les panneaux et 0,45 tonne sèche par mètre cube pour les produits issus du bois d'œuvre (Eurostat, 2011). La masse totale de produits bois mobilisés est donc de 56,6 tonnes sèches.

(19) Pour la situation française, on pourra se référer aux rapports du CGAAER (2015) et de l'INRA et l'IGN (2017).

(20) 1 t de produit bois contient 0,5 t de carbone (Eurostat 2011) et 1 t de carbone correspond à 3,67 t de CO₂.

(21) Objectif 1 410 Mt CO₂éq d'émissions nettes en 2050 soit une réduction de 2 590 Mt CO₂éq par rapport aux émissions en 2015 (données EEA).

- COOMES D.A., HOLDAWAY R.J., KOBE R.K., LINES E.R., ALLEN R.B., 2012. A general integrative framework for modelling woody biomass production and carbon sequestration rates in forests. *Journal of Ecology*, vol. 100, pp. 42-64.
- EEA. *Base de données de l'Agence européenne pour l'environnement (European Environment Agency)*. [En ligne] Consultable sur <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>
- EUROPEAN COMMISSION. Investment Plan for Europe: the Juncker Plan. *Page du site internet de la Commission européenne*. [En ligne] https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-juncker-plan_en (consultée le 30/10/2017).
- EUROSTAT. *Base de données sur l'Union européenne*. [En ligne] <http://ec.europa.eu/eurostat/>
- EUROSTAT, 2011. Forestry in the EU and the world. A statistical portrait. *Eurostat statistical books*. Luxembourg : Publications Office of the European Union. 107 p.
- FAOSTAT. *Base de données de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture*. [En ligne] Consultable sur <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- FCBA, 2015. *Mémento FCBA 2015*. Paris : Institut Technologique FCBA (Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement). 46 p.
- INRA, IGN, 2017. *Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique ? Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon 2050*. Rapport d'étude pour le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. 96 p. + 226 p. (annexes).
- LEVERS C., VERKERK P.J., MÜLLER D., VERBURG P.H., BUTSIC V., LEITÃO P.J., LINDNER M., KUEMMERLE T., 2014. Drivers of forest harvesting intensity patterns in Europe. *Forest Ecology and Management*, vol. 315, pp. 160-172.
- MANTAU U., 2012. Wood flows in Europe (EU27). *Project report*. Celle. 31 p.
- MARÇAIS B., DESPREZ-LOUSTAU M-L., 2014. European oak powdery mildew: impact on trees, effects of environmental factors, and potential effects of climate change. *Annals of Forest Science*, vol. 71, pp. 633-642.
- MELILLO J.M., FREY S.D., DEANGELIS K.M., WERNER W.J., BERNARD M.J., BOWLES F.P., POLD G., KNORR M.A., GRANDY A.S., 2017. Long-term pattern and magnitude of soil carbon feedback to the climate system in a warming world. *Science*, vol. 358, pp. 101-105.
- NABUURS G-J., LINDNER M., VERKERK P.J., GUNIA K., DEDA P., MICHALAK R., GRASSI G., 2013. First signs of carbon sink saturation in European forest biomass. *Nature Climate Change*, vol. 3, pp. 792-796.
- ONERC, 2014. *L'Arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change*. Rapport de l'Observatoire national sur les effets du changement climatique. 181 p.
- POWLSON D.S., WHITMORE A.P., GOULDING K.W.T., 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science*, vol. 62, pp. 42-55.
- SATHRE R., O'CONNOR J., 2010. Meta-analysis of greenhouse gas displacement factors of wood product substitution. *Environmental Science & Policy*, vol. 13, pp. 104-114.
- SEIDL R., RAMMER W., JÄGER D., LEXER M.J., 2008. Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. *Forest Ecology and Management*, vol. 256, pp. 209-220.
- SEIDL R., SCHELHAAS M-J., RAMMER W., VERKERK P.J., 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change*, vol. 4, pp. 806-810.
- SMITH P., 2014. Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? *Global Change Biology*, vol. 20, pp. 2708-2711.
- STEPHENSON N.L., DAS A.J., CONDIT R., RUSSO S.E., BAKER P.J., BECKMAN N.G., COOMES D.A., LINES E.R., MORRIS W.K., RÜGER N. *et al.*, 2014. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature*, vol. 507, pp. 90-93.
- TANG J., LUYSSAERT S., RICHARDSON A.D., KUTSCH W., JANSSENS I., 2014. Steeper declines in forest photosynthesis than respiration explain age-driven decreases in forest growth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, pp. 8856-8860.
- UNECE/FAO TIMBER SECTION, 2010. *Forest products conversion factors for the UNECE Region*. Geneva : Publication de l'UNECE/FAO Timber Section. 38 p.

**QUEL AVENIR POUR LA FORÊT EUROPÉENNE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET À L'OBJECTIF DE NEUTRALITÉ CARBONE ?
[Résumé]**

La forêt occupe une place centrale dans la question du changement climatique. Elle compense en effet chaque année une partie de nos émissions de gaz à effet de serre (GES) et les produits issus de la filière bois peuvent se substituer à des matériaux ou à des combustibles fossiles fortement émetteurs de GES. Mais face aux conséquences du changement climatique, la forêt et les services que nous en tirons sont également vulnérables. Nous présentons dans cet article une proposition publiée par l'association *The Shift Project* pour dynamiser la filière bois de l'Union européenne (UE) dans le but de réduire ses émissions de GES. Après avoir rappelé le rôle des forêts européennes dans la séquestration du carbone et dressé un panorama de la filière bois de l'UE, nous proposons de doubler d'ici 2050 la substitution des produits bois à d'autres matériaux de construction plus émissifs (béton, acier, aluminium...). Nous envisageons ensuite les actions à mettre en place pour atteindre cet objectif : augmentation de la production de bois, réorientation des flux et structuration de la filière. La mise en œuvre de ce programme permettrait à l'UE de réduire ses émissions d'au moins 100 millions de tonnes de CO₂ en 2050 en profitant par ailleurs d'autres bénéfices économiques, sociaux et environnementaux.

**WHAT IS THE FUTURE OF EUROPEAN FORESTS CONFRONTED WITH CLIMATE CHANGE AND THE CARBON NEUTRALITY OBJECTIVE?
[Abstract]**

Forests take up a central position in the issue of climate change. Indeed, they offset part of our greenhouse gas (GHG) emissions every year, while products of the forestry and forest-based industry can be used as substitutes for materials and fossil fuels that produce significant amounts of GHG emissions. But as a result of climate change, forests and their services are themselves also vulnerable. In this article, authors describe the proposal published by The Shift Project association to revitalise the forestry and forest-based industry in the European Union (EU) with the aim of reducing its GHG emissions. Having recalled the role played by European forests in carbon sequestration and provided an overview of the timber industry in the EU, the authors suggest that substitution of high-emission construction materials (concrete, steel, aluminium, etc.) by wood products should be doubled by 2050. They then consider actions that should be undertaken so as to achieve that objective: increase in production of wood, redirecting flows and structuring of the industry. The implementation of this programme would enable the EU to reduce its emissions by at least 100 million tonnes of CO₂ in 2050 while also benefitting from other economic, social and environmental advantages.
