

*La filière forêt-bois européenne :
des bio-réponses aux nouveaux enjeux
climatiques et énergétiques ?
Résumé pour décideurs
Laurent Basílico, journaliste scientifique*

À la fois puits de carbone, source de bio-matériaux et gisement d'énergie renouvelable, la filière forêt-bois a un rôle important à jouer face à deux grands défis de notre époque : la lutte contre le changement climatique et la recherche de solutions énergétiques alternatives aux ressources fossiles. Lancée dans le cadre de la Présidence française du Conseil de l'Union européenne à l'initiative du Ministère de l'agriculture et de la pêche, organisée par Ecofor avec le concours d'AgroParisTech-Engref, intitulée "*La filière forêt-bois européenne : des bio-réponses aux nouveaux enjeux climatiques et énergétiques ?*", la conférence internationale qui s'est tenue à Nancy les 6 et 7 novembre 2008 a rassemblé plus de 260 représentants de la filière forêt-bois, des Etats européens, d'organisations non gouvernementales et d'universités. À travers une quarantaine de présentations, elle a permis de préciser le potentiel de la filière face à cette double nécessité, de mieux identifier les freins pratiques et politiques à la réalisation de ce potentiel, enfin de proposer des pistes et des outils pour une meilleure prise en compte du carbone forestier par les politiques publiques. Le présent article a pour objet de synthétiser les données scientifiques, les analyses et les perspectives exposées à cette occasion.

1. - La forêt et ses produits : quels mécanismes pour piéger, stocker et économiser du carbone ?

Lieu par excellence de la photosynthèse, l'écosystème forestier a la capacité de séquestrer le carbone atmosphérique, puis de le stocker. Cette propriété fait de la forêt un puissant levier pour l'atténuation du changement climatique. Mais le rôle de la filière forêt-bois ne se limite pas à la fonction de *puits de carbone*. Une fois récolté, le bois se substitue avantageusement à des matériaux plus gourmands en énergie, et prolonge le stockage de carbone pour toute la durée de vie de ses produits. A chaque étape de sa vie et des transformations dont il est l'objet, il peut être utilisé à des fins énergétiques et vient alors aussi se substituer aux énergies non-renouvelables qu'il a historiquement précédées et à une partie desquelles il est en passe de succéder.

1.1 Puits de carbone et changement climatique

Les émissions de gaz carbonique d'origine anthropique (industrie, transports, agriculture, déforestation), qui connaissent une croissance exponentielle, s'élèvent actuellement à 33 GtCO₂/an ; 29% de ce flux correspondent à un puits de carbone qui alimente les réservoirs ou stocks terrestres de

carbone, le reste se retrouvant dans l'atmosphère et les océans (*Canadell et al., 2007, PNAS*)¹. Les puits terrestres sont largement forestiers. On a calculé que les forêts du Nord séquestrent à elles seules l'équivalent de 20% environ des émissions mondiales de carbone (*Ciais et al., Nancy2008*)². Les forêts du Sud ont aussi une certaine capacité à séquestrer du carbone. Cependant, elles agissent actuellement comme une source nette de carbone en raison de déforestation et de la dégradation qui représentent conjointement de l'ordre également de 20% des émissions anthropiques de carbone. Ces quelques chiffres suffisent à montrer la puissance du mécanisme de séquestration du carbone par les forêts, mais aussi sa vulnérabilité.

Le piégeage du carbone par les forêts est le résultat d'une chaîne de phénomènes biochimiques, dont la photosynthèse n'est que le premier maillon. Un ordre de grandeur moyen de ces différents phénomènes est donné dans le tableau 1 pour les forêts européennes (*Luyssaert et al., Nancy2008*). Dans les heures suivant cette absorption, les arbres en rejettent plus de la moitié par leur propre respiration dite « autotrophe ». De la part restante, il faut ensuite déduire la respiration dite « hétérotrophe » parce qu'elle n'est pas le fait des arbres eux-mêmes mais des insectes et champignons qui en décomposent les feuilles et le bois mort. Une partie du carbone quitte aussi l'écosystème après dissolution dans le sol ou à la faveur des feux de forêts. Enfin, le prélèvement dû aux récoltes de bois diminue la quantité de carbone en forêt, tout en permettant par ailleurs une poursuite du stockage dans les produits en bois et une réduction des émissions de carbone qui résulteraient d'une utilisation d'autres produits ou énergies. En définitive, il reste en moyenne de l'ordre de 2,7 tCO₂/ha/an de carbone effectivement séquestré en forêt.

Tableau 1 : Ordre de grandeur des phénomènes intervenant dans la séquestration du gaz carbonique dans les forêts européennes, d'après Luyssaert *et al.*

Phénomènes	Absorptions (+)	Emissions (-)	Solde
Photosynthèse	+40,7 tCO ₂ /ha/an		+40,7 tCO ₂ /ha/an
Respiration autotrophe		- 21,6 tCO ₂ /ha/an	+ 19,1 tCO ₂ /ha/an
Respiration hétérotrophe		- 13,6 tCO ₂ /ha/an	+ 5,5 tCO ₂ /ha/an
Carbone organique dissous		- 0,4 tCO ₂ /ha/an	+ 5,1 tCO ₂ /ha/an
Incendies de forêts		- 0,2 tCO ₂ /ha/an	+ 4,9 tCO ₂ /ha/an
Récolte		- 2,2 tCO ₂ /ha/an	+ 2,7 tCO₂/ha/an

Constituant des ordres de grandeur moyens, ces chiffres permettent de fixer les idées. On peut de même retenir qu'un hectare de forêt, litière et sols inclus, représente un stock compris, dans la plupart des cas, entre 500 et 1300 tonnes équivalant à du CO₂. Dans la réalité, ces quantités varient

¹ Une gigatonne (Gt) correspond à un milliard de tonnes, ou encore à un million de milliards de grammes, soit aussi à un pétagramme (Pg) en référence aux unités du système international. Le symbole CO₂ indique que l'on s'intéresse à une masse de gaz carbonique ou dioxyde de carbone.

² La mention « Nancy2008 » indique que l'affirmation correspondante est tirée d'une contribution faite à l'occasion de la conférence internationale qui s'est tenue à Nancy les 6-7 novembre 2008

significativement d'une forêt à l'autre. On considère que la balance du carbone dans un écosystème dépend de quatre grands facteurs (*St André et al., Nancy2008*) : la génétique (les essences d'arbres concernées), la fertilité des sols, le climat et le mode de gestion forestière. Ces quatre influences sont évidemment couplées entre elles. Ainsi, une étude sur des peuplements d'eucalyptus du district de Setubal, Portugal, a montré que cette essence présentait une capacité de séquestration de carbone deux fois supérieure à celle des chênes *dans les conditions de l'observation*, à savoir un climat méditerranéen et un sol brun acide (*Pita et al., Nancy2008*).

L'effet de la gestion forestière sur le cycle global du carbone est quant à lui délicat à analyser dans la mesure où il dépasse largement la seule séquestration en forêt pour se répercuter en chaîne dans la filière forêt-bois, les secteurs concurrents et l'ensemble de l'économie. Plusieurs projets de recherche récents se sont attachés à comparer diverses stratégies sylvicoles vis-à-vis du cycle du carbone. En Suisse, une étude a comparé les résultats d'un modèle sous quatre scénarios de gestion : gestion "minimale", réduction des récoltes de moitié, maintien du stock sur pied, accroissement des récoltes de 33%. La comparaison porte principalement sur la séquestration du carbone et la récolte de bois (*Thürig et Kaufmann, Nancy2008*). La simulation distingue les forêts alpines et de plaine, et court jusqu'en 2090. L'influence de la gestion forestière sur le puits de carbone s'avère bien plus marquée dans le cas des forêts de plaine. Le scénario de gestion minimale des forêts engendre un puits de carbone sur l'horizon de temps étudié mais il laisse la forêt très exposée aux risques et annule les bénéfices d'une substitution du bois à d'autres matériaux ou énergies. Le scénario d'accroissement de 33% des récoltes donne les meilleures projections en termes de substitution énergétique mais ses implications pour la biodiversité conduisent également à l'éviter. L'étude retient en conclusion que les scénarios de réduction de 50% des récoltes et de maintien du stock sur pied combinent tous deux une croissance élevée à long terme et un puits de carbone significatif, tout en limitant les risques et en préservant la biodiversité.

De manière générale, la stricte conservation d'un peuplement sur pied se traduit, à terme, par la stabilisation, à un niveau élevé, de la biomasse mais une réduction ou saturation du puits de carbone (*Freibauer et al., 2008*). À l'inverse, un scénario intensif stimule la photosynthèse mais réduit le stock de carbone aussi bien dans le sol qu'au-dessus. S'il est de plus à vocation strictement énergétique, il ne permet pas de bénéficier des avantages du bois matériau. Entre ces deux extrêmes, la solution idéale dépend de chaque forêt, de sa localisation, des usages que l'on veut en faire, y compris en termes de protection des eaux, des sols, des paysages et de la biodiversité.

Sur ce dernier point, une étude de l'Institut forestier européen (EFI) a montré que la mise en place d'une réglementation spécifique, instaurant un quota de 5% de surfaces forestières protégées, n'avait pas d'incidence néfaste pour l'équilibre économique global de la filière, moyennant un accroissement raisonnable de l'exploitation des forêts non protégées (*Lindner, Nancy2008*).

Le bilan carbone des forêts dépend largement des risques biotiques, abiotiques ou humains qui pèsent sur elles et sont susceptibles, dans leur grande majorité, d'être stimulés par le changement climatique et le renforcement de l'effet de serre. Ainsi les tempêtes engendrent l'abandon en forêt de quantités

inhabituelles de bois qui s'y décomposent en relâchant leur carbone ; la sécheresse a des effets dépressifs sur la productivité des forêts ; les incendies de forêts sont responsables du rejet de carbone dans l'atmosphère et d'une réduction de productivité ; les insectes ou pathogènes sont responsables de dégâts parfois catastrophiques dans les peuplements forestiers comme cela est le cas au Canada avec un scolyte, le dendrochtone, favorisé par le réchauffement du climat ; l'ozone troposphérique devrait aussi bénéficier du réchauffement et du développement des activités humaines, et ainsi agir sur le climat de deux manières : d'abord par sa contribution directe à l'effet de serre, ensuite en agressant la végétation, donc la forêt dont le puits de carbone serait alors réduit.

Le réchauffement modifie aussi en profondeur le fonctionnement même des écosystèmes forestiers, en particulier dans les zones froides. On s'inquiète ainsi des conséquences du réchauffement sur les sols gelés du Grand Nord. Des conséquences similaires sont attendues en montagne. Une expérience menée pendant quatre ans en Autriche (*Jandl, Nancy2008*) a consisté à augmenter artificiellement de 4°C la température du sol d'un site forestier de montagne ; il a ainsi été possible de constater une augmentation de 40% des émissions de CO₂ du sol, et de 50% pour le protoxyde d'azote N₂O dont le potentiel de réchauffement est 310 fois plus élevé que celui du CO₂ mais est heureusement présent en quantités bien plus limitées.

Notons enfin que, si la forêt agit indirectement sur le climat en séquestrant du carbone de l'atmosphère, elle a également une action directe en réfléchissant plus ou moins, selon son albedo, l'énergie solaire qui la frappe. Alors qu'une surface enneigée possède un fort albedo, qui limite le réchauffement, une forêt de conifères aux hautes latitudes a un albedo plus faible qu'un champ de neige ou une pelouse, ce qui vient donc compenser son intérêt en tant que puits de carbone.

À l'échelle globale, le système reste d'une extraordinaire complexité. Onze groupes de travail du Groupe international d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) ont travaillé sur le couplage, heure par heure, entre le climat et le cycle du carbone. L'objectif était de calculer l'impact global du changement climatique sur le cycle du CO₂ et d'estimer les risques d'emballement du système. Chaque groupe a trouvé des résultats différents, ce qui prouve la forte incertitude qui caractérise ces projections. On peut cependant affirmer qu'il existe une nette différence entre les projections concernant la zone tempérée et celles des pays tropicaux : la plupart des modèles montrent que le puits va tendre à croître au Nord, et à diminuer au Sud, même si l'amplitude et la rapidité de ces évolutions globales dépendent fortement du modèle utilisé (*Ciais et al., Nancy2008*).

Au final, on retiendra des développements qui précèdent le caractère extrêmement multifactoriel des phénomènes qui régissent le cycle du carbone en forêt. L'impact du changement climatique sur ces équilibres naturels conduit à un système dynamique d'une grande complexité. La capacité des modèles scientifiques à comprendre et prévoir ces évolutions va conditionner la mise en oeuvre de politiques appropriées dans une optique d'atténuation du changement climatique. L'amélioration de ces modèles et l'intégration progressive en leur sein de toutes les connaissances disponibles et nouvelles apparaissent comme des enjeux scientifiques majeurs pour les années à venir.

1.2 Bois matériau : stock de carbone et effet de substitution

Le quatrième rapport d'évaluation du GIEC (2007) pointe la nécessité d'accroître ou maintenir les stocks de carbone tout en produisant et récoltant du bois d'œuvre. Dans une optique large et intégrée d'atténuation du changement climatique, les deux injonctions n'ont rien de contradictoire : les récoltes permettent, on l'a vu, d'éviter la saturation du puits de carbone forestier ; les produits du bois (matériaux, fibres ou énergie) poursuivent le cercle vertueux en améliorant le bilan de carbone.

Le bois matériau intervient par deux mécanismes distincts sur le cycle du carbone. Il permet de prolonger l'effet stock de carbone du bois, retardant les émissions dans l'atmosphère tout au long de la durée de vie des produits considérés, y compris leur recyclage éventuel. Il offre de surcroît la possibilité de substituer le bois, dans les domaines de la construction, de l'emballage, de l'ameublement..., à des matériaux comme l'acier, le verre ou le plastique, dont le contenu énergétique et les émissions de gaz à effet de serre durant le cycle de production sont supérieurs.

Plusieurs études et recherches apportent des données chiffrées pour appréhender ces mécanismes. L'une d'entre elles (*Pajot et al., Nancy2008*) s'est par exemple intéressée au stockage de carbone dans les produits en bois issus de la forêt des landes de Gascogne, dans le Sud-Ouest de la France. Ce massif de pins maritimes, qui représentait en 2008 un volume de 50 millions de tonnes de carbone sur pied, se caractérise par une sylviculture intensive prélevant jusqu'à 12 à 14 m³ de bois par hectare et par an sur les sites les plus favorables. Sur la base d'une durée de vie des produits du bois d'œuvre comprise entre 15 et 40 ans, l'étude estime que, 35 ans après récolte, 35% du carbone correspondant reste stocké dans des produits du bois d'œuvre (13% dans le bâtiment et 22% dans d'autres usages), 40% a été perdu et 25% a été utilisé comme énergie.

Pour ce qui est de la substitution, le potentiel des produits en bois se compare à celui d'autres matériaux sur la base d'analyses du cycle de vie. Cela a été fait pour le marché allemand de la construction (*Welling et al., Nancy2008*). En Allemagne, 7% des cloisons intérieures sont dotées d'une structure à ossature bois avec isolation et plaques de plâtre (type A), 21% ont une structure métallique avec isolation et plaques de plâtre (type B), 72% sont en blocs de béton (type C). Pour une cloison de 5 mètres de long et 2,5 mètres de haut, la dépense énergétique de ces trois solutions est respectivement de 1 500, 2 500 et 4 000 MJ³. Si l'on portait de 7% à 30% la part de marché des cloisons à ossature bois sans modifier la part relative des deux autres solutions, le gain annuel serait supérieur à 300 000 tonnes d'équivalents CO₂. Autre exemple : si l'on augmentait de 21% à 25% la part des parquets au sein des revêtements de sol, la quantité de carbone économisée annuellement serait équivalente aux émissions annuelles de 300 000 véhicules automobiles. D'autres analyses menées à l'échelle européenne (*Robert, Nancy2008, from Werner et al., 2006*) donnent des ordres de grandeur pour le gain net en kilogrammes de CO₂ par kilogramme de bois substitué à un autre matériau. Lorsqu'on compare bois et acier, un tel ratio s'élève à 2,2 pour un pilier et à 1,9 pour du mobilier. Les données disponibles montrent que le potentiel d'atténuation dû à la substitution est

³ MJ désigne le Mégajoule, soit un million de joules

nettement supérieur à celui de l'effet stock de carbone des produits en bois, s'avère tout à fait significatif, même s'il n'est susceptible d'éviter qu'une assez faible fraction des émissions de CO₂.

Une prise en compte efficace de ces potentiels par les politiques publiques implique de disposer de données statistiques rigoureuses et fiables concernant le devenir des produits en bois, en termes d'utilisation et de durée de vie. Elle est réalisable dans plusieurs pays européens dès maintenant ou moyennant un effort raisonnable de consolidation des données. En France, le FCBA s'y est attelé en 2006 à la demande du ministère de l'agriculture et de la pêche. Cinq débouchés principaux pour le bois ont été distingués : bâtiment, ameublement, emballage, énergie, papeterie. L'inventaire a porté sur les produits en service et sur les produits mis en décharge. La méthode utilisée est fondée sur les recommandations du GIEC. Les données nécessaires proviennent de nombreuses sources : services statistiques des ministères, agences spécialisées, fédérations professionnelles, dires d'experts (par exemple pour la durée de vie moyenne des produits). Parmi les multiples résultats, on note que le stock total de carbone des produits en bois en France est dominé à 55% par le bois de construction, dont près de la moitié est constitué de panneaux en bois reconstitué. Ce fait vient souligner l'importance des colles et produits de préservation du bois, dont la plupart est encore issue de composés chimiques. Il existe aujourd'hui des procédés écologiques et compétitifs permettant de limiter les atteintes à l'environnement : colles à base de tanins végétaux, de lignine ou de farines de soja ; procédés de soudure par friction mécanique, sans aucun additif chimique ; procédés thermiques de préservation, déjà utilisés à l'échelle industrielle dans certains pays, parmi lesquels la France et l'Allemagne (*Pizzi, Nancy2008*).

Pour boucler cette analyse sur le bois matériau, il convient enfin de la relier à la problématique du choix de la gestion sylvicole. Ce couplage a notamment été étudié en détail par simulation de différents scénarios de gestion, dans le cas d'une forêt de chênes sessiles (*Robert, Nancy2008*). L'étude a utilisé un modèle de simulation de croissance prenant en compte la densité de plantation, la fertilité du site et le diamètre d'exploitation choisi, associé à un algorithme de calcul des effets de stock à l'hectare et de substitution annuelle à l'hectare avec une ventilation par types de produits (notamment pertes, bois de feu, papiers et cartons, ameublement, tonnellerie, bâtiment). L'étude a évidemment confirmé qu'une réduction importante du diamètre d'exploitation (de 70 à 35 cm) entraîne une chute du stock de carbone en forêt. Cependant, cet effet est faible lorsque la réduction du diamètre d'exploitation est moindre (de 70 à 50 cm), surtout dans le cas d'un sol fertile. L'augmentation de la densité du peuplement forestier entraîne quant à elle une majoration des économies de carbone par stockage et par substitution. L'effet de la gestion sur le potentiel de substitution est cependant modéré tant que l'on conserve une valeur moyenne à forte de la densité des arbres et du diamètre d'exploitation.

1.3 Bois énergie : une alternative d'avenir

En mars 2007, l'Union Européenne s'est fixée pour objectifs de réduire de 20% ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 par rapport à 1990 et de faire passer dans le même temps la part des énergies renouvelables dans sa consommation à 20%. L'adoption en décembre 2008 du paquet "climat-énergie" a rendu ces objectifs contraignants et les a déclinés par pays de l'Union. La réalisation de ces

objectifs volontaristes implique un développement soutenu et concerté de l'ensemble des sources d'énergie renouvelable. Parmi ces sources, le bois-énergie possède de solides atouts. Il représente déjà 54% de la production d'énergie primaire renouvelable de l'UE, et 6,3% de sa production d'énergie primaire totale (*Eurostat*). Sur les 485 millions de mètres cubes de bois ronds exploités chaque année dans l'Europe des 27 (*Eurostat*), on estime que 378 (soit 78%) finissent affectés à la production d'énergie, soit directement soit par recyclage de résidus industriels ou de produits dérivés (*Sipila et al, Nancy2008*) ; de ce fait, la filière forêt-bois est déjà dotée dans ce domaine d'une infrastructure dense, intégrée et compétitive.

L'industrie papetière européenne fournit un exemple d'utilisation intégrée du bois-énergie. Situées en général à proximité des ressources (d'où une logistique facilitée), ses unités de production reposent aujourd'hui à 52% (*CEPI 2007*) sur le bois pour leur alimentation énergétique. Son potentiel de production d'énergie supplémentaire a été estimé à l'échelle européenne sur la base des possibilités de remplacement de son parc de chaudières à bois par des technologies de nouvelle génération, permettant la cogénération électricité-chaleur, voire la production d'éthanol (usine multi-produits) (*Sipilä, Nancy2008*). L'étude a estimé à 60 le nombre de chaudières pouvant faire l'objet d'un tel remplacement en Europe avant 2020, pour un investissement global de 4,5 à 5 milliards d'euros et un doublement de leur rendement global. Les besoins supplémentaires de ces nouvelles installations pourraient être couverts intégralement par utilisation des résidus de bois disponibles au sein de la filière forêt-bois, dont une partie reste aujourd'hui non valorisée. Les projections économiques dépendent néanmoins de l'évolution du prix des carburants fossiles, du bois et de la tonne de CO₂.

En Autriche, où le bois représente 9% de la production nationale d'énergie, le gouvernement s'est engagé à élever cette part à 13% d'ici 2020. Un programme de recherche (*Schmidt, Nancy2008*) s'est attaché à modéliser le potentiel de production d'énergie à base de bois dans le pays. Il vise à optimiser l'implantation des usines de bio-énergie, en fonction de l'évolution de la demande énergétique, de la localisation des ressources domestiques et des importations, en comparant deux technologies : cogénération (production conjointe d'électricité et de chaleur à partir de bois combustible) et usine intégrée multiproduits (production d'éthanol, de biogaz, d'électricité et de chaleur à partir de la fermentation du bois). L'étude envisage divers scénarios d'évolution du prix des matières premières (produits connexes de scierie), et de la tonne de CO₂ de 0 à 250 euros. Menée à l'échelle de l'Autriche, elle fournit plusieurs conclusions intéressantes dans une perspective globale. On retiendra que les possibilités de production d'énergie à base de bois s'avèrent fortement dépendantes du prix des produits connexes, de la demande des industriels et du prix du CO₂. Ainsi, une augmentation de 20% du prix des produits connexes provoque, dans le cas autrichien, une division par 3 de la production d'énergie par cogénération. Couplée à une augmentation de 25% de la demande de l'industrie papetière, elle entraîne une forte chute du potentiel de production d'énergie. Aux conditions actuelles, la cogénération s'avère enfin moins coûteuse que la technologie multiproduits, celle-ci offrant en revanche des économies de carbone plus grandes et un meilleur rendement global.

À l'heure des nouvelles technologies, aux rendements bien supérieurs à ceux des procédés classiques, les données disponibles confirment l'incontestable potentiel de la filière forêt-bois européenne pour la production de bio-énergie. Dans un environnement économique très compétitif, le développement de ce potentiel pourra en outre s'appuyer avantageusement sur des productions associées innovantes, à forte valeur ajoutée. Citons par exemple les perspectives offertes dans le domaine des nanocelluloses, qui permettent la production d'un papier allégé doté de très bonnes propriétés mécaniques, ou encore cette molécule issue de l'épicéa qui possède des vertus antioxydantes et pourrait être utilisée dans le traitement de certains cancers hormonaux⁴.

Ces possibilités ne doivent cependant pas occulter les facteurs pouvant limiter le développement du bois-énergie européen. L'incertitude qui caractérise l'évolution du prix des ressources fossiles a une influence directe sur la pertinence économique du modèle. La question de la disponibilité des ressources et de leur affectation (matériau ou énergie) est également centrale dans une optique de gestion durable.

A l'issue de cette première partie, qui s'est attachée à préciser les bénéfices de la filière forêt-bois du point de vue du carbone, on soulignera enfin le concept d'utilisation *en cascade* des produits forestiers mis en évidence par le développement et l'application d'un modèle pour le Suisse (Werner, Nancy 2008). Cette stratégie consiste à gérer la forêt durablement pour y séquestrer en permanence le maximum de carbone, récolter le bois de manière continue, alimenter en priorité les débouchés du bois matériau, recycler les produits autant que possible et produire en fin de vie de l'énergie. Ainsi se trouvent successivement mobilisés, dans une optique à long terme, tous les avantages de la filière forêt-bois du point de vue du carbone. D'abord puits et stock de carbone avant la récolte, le bois matériau cumule ensuite substitution et prolongement du stock avant d'être recyclé en énergie renouvelable, qui n'émet que du carbone *au préalable absorbé* par la forêt. Ce schéma n'exclut pas d'utiliser directement du bois rond comme source d'énergie mais suggère de le réserver aux petits bois issus des prélèvements en éclaircie et des houppiers des arbres. La valorisation énergétique des produits connexes de la sylviculture des bois d'œuvre, des scieries et de l'industrie papetière contribue de ce cercle vertueux.

2. - De la science à la décision : quelles politiques publiques pour valoriser le carbone forestier ?

À travers la discussion qui précède, on a souhaité fournir un état des lieux détaillé, sur la base des connaissances scientifiques disponibles, du potentiel de la filière forêt-bois européenne vis-à-vis des enjeux climatiques et énergétiques, ainsi que des possibilités techniques de sa réalisation. À l'heure où la communauté internationale se mobilise dans la perspective du régime climatique de l'après-2012, il convient maintenant de replacer cette analyse dans un cadre politique. À partir d'un panorama des objectifs et outils existants, plusieurs pistes d'évolution sont examinées pour une prise en compte réaliste, efficace et durable du carbone forestier dans les politiques publiques.

⁴ Hydroxymatairesinol (HMR)

2.1 Le puits de carbone forestier dans les négociations internationales

Ouverte à la ratification en 1992 et entrée en vigueur en 1994, la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (ou convention « Climat ») engage, dans son article 4, toutes les parties à promouvoir le développement et la gestion durables des puits et réservoirs de carbone. Entré en vigueur en février 2005 après des négociations très complexes, le Protocole de Kyoto, qui en découle, a été ratifié à ce jour par 172 pays, à l'exception notable des Etats-Unis. Il définit, pour tous les pays de l'annexe 1 de la Convention, des objectifs de réduction d'émissions (listés dans son annexe B). Les émissions de l'année de base (1990) sont ensuite utilisées pour le calcul du montant d'émissions autorisées attribué à chaque partie. Pour les pays de l'annexe 1, le rôle des puits forestiers est actuellement pris en compte au travers de deux articles : l'article 3.3, obligatoire, et l'article 3.4, optionnel.

L'article 3.3 se limite aux boisement, reboisement et déboisement depuis 1990, dont l'effet est mesuré pour la première période d'engagement du protocole de Kyoto entre le premier janvier 2008 et le 31 décembre 2012 de la façon suivante : sont comptabilisées en équivalents CO₂ les absorptions de gaz à effet de serre dues aux boisements et reboisements ayant contribué à une extension de la forêt depuis 1990 ; sont déduites de ces absorptions les émissions intervenues au cours de la même période 2008-2012 du fait des déboisements réalisés entre 1990 et 2012 (sont alors en jeu la biomasse racinaire, le sol, la litière, le bois mort et, pour la période 2008-2012, la biomasse aérienne). Si le solde est positif, la résultante est un puits de carbone ; sinon elle est une source.

Aux termes de l'article 3.4, facultatif, les pays peuvent décider de prendre en compte les effets du stockage de CO₂ dans les secteurs suivants : forêts déjà existantes avant 1990, cultures, prairies, landes/garrigues/haies. En pratique, plus de la moitié des pays concernés ont choisi de le faire au titre du secteur forestier. Pour ce dernier, et uniquement lui, on comptabilise, en équivalents CO₂, dans les forêts existantes avant 1990, entre le 1^{er} janvier 2008 et le 31 décembre 2012, l'augmentation nette du stock de carbone sous l'effet d'activités humaines directes ; cependant, le résultat est plafonné à un niveau négocié sur la base de 15% du puits déclaré pour l'année 1990.

Pour les états de l'Europe des 15 (qui constituaient l'Union européenne au moment de la ratification du protocole de Kyoto), les puits de carbone comptabilisés au titre des articles 3.3 et 3.4 du Protocole, très largement dominés par la forêt, représentent une absorption annuelle de 57,5 MteCO₂, soit pas moins de 17% de l'objectif de réduction de l'UE-15 pour la présente période d'engagement. Le système de comptabilisation optionnelle des forêts existant avant 1990 au titre de l'article 3.4 n'offre pas d'incitation à augmenter le puits forestier de ces forêts et n'offre pas non plus de garde-fou pour éviter la baisse de ce puits, sous l'effet d'une récolte accrue de bois par exemple.

Dans la perspective des négociations en cours pour l'après-2012, il apparaît dans tous les cas nécessaire d'envisager les possibilités d'évolution de ces réglementations pour une meilleure prise en compte des contributions portant sur l'utilisation des terres et donc sur la forêt (*Valérie Merckx*,

Nancy2008). Un objectif préalable est d'étendre, dans les pays membres, les inventaires carbone – en particulier pour les terres agricoles, les zones humides et les zones urbaines, où ils sont souvent très incomplets. Pour rester réaliste et compte tenu des possibilités actuelles de chaque pays, les inventaires devront *a minima* se centrer sur les sources les plus importantes. Ils devront aussi constituer un bon compromis entre simplicité et réalité physique. C'est un enjeu fort en termes de crédibilité si l'on compte exiger des pays émergents, dans le futur, une comptabilisation précise des activités de déforestation et de dégradation des forêts.

Se pose ensuite la question centrale de l'intégration ou non de certaines émissions ou absorptions de gaz à effet de serre dans les éléments comptabilisés au titre du Protocole de Kyoto. Ceux-ci sont en effet liés à des engagements politiques dont le non respect est sanctionné tandis que, dans le cadre de la convention « climat », toutes les émissions liées au secteur de l'utilisation des terres sont rapportées dès qu'elles peuvent l'être et dans le but d'améliorer les connaissances. Mais, dans le champ de l'article 3.4 du Protocole de Kyoto, certaines émissions ou absorptions ne sont comptabilisées que de manière facultative. L'un des enjeux du dispositif à mettre en place après 2012 est donc d'éviter de ne pas comptabiliser des sources importantes d'émissions. Appréhendées selon leur part dans le total des émissions du pays et selon leur croissance, celles-ci devraient donc être obligatoirement prises en compte.

2.2 Produits bois : quelle comptabilisation ?

Dans les règles actuelles du Protocole de Kyoto, les émissions et les absorptions de carbone correspondant à la production de bioénergie sont considérées comme neutres au regard de l'effet de serre. Elles ont pour contrepartie une réduction des énergies auxquelles elles se substituent, économie qui est quant à elle portée au bénéfice du secteur énergétique. Ce fonctionnement convient bien au bois-énergie dont la consommation est ainsi encouragée. Il faut noter que cette hypothèse de « neutralité carbone » de la combustion de la biomasse ne tient que si l'on est en gestion durable des forêts et si la récolte de bois reste inférieure à l'accroissement biologique dans les forêts.

Les économies consécutives à une utilisation du bois plutôt que d'autres matériaux dont la transformation est plus gourmande en énergie sont de même portées au crédit du secteur énergétique ; de ce fait, elles ne sont pas perçues directement par la filière forêt-bois et ne constituent pas une incitation efficace en faveur de celle-ci. Pour ce qui est du matériau-bois lui-même, le Protocole de Kyoto se fonde sur l'hypothèse par défaut du GIEC, qui considère que le carbone stocké dans les arbres est immédiatement relâché dans l'atmosphère lors de la récolte. Or, comme on l'a vu au point 1.2 du présent article, dans la réalité le bois matériau agit au contraire comme un facteur non négligeable d'atténuation du changement climatique, en prolongeant le stock de carbone.

Ces lacunes s'expliquent par les difficultés pratiques liées à la traçabilité des produits en bois tout au long de leur cycle de vie, encore accrues dans un contexte d'échanges commerciaux internationaux.

Des progrès sont cependant réalisés à ce niveau et certains pays – Australie, Canada, nombreux pays européens... – disposent déjà de bases de données étendues. Dans le cadre du processus actuel de la Convention « Climat », il apparaît opportun de revoir le fonctionnement en vigueur pour permettre une prise en compte réaliste et rigoureuse du rôle du bois matériau sur les flux de carbone. A la fois lisible et commune à toutes les parties, réalisable et compatible avec les règles en vigueur dans le secteur de l'utilisation des terres, une comptabilisation efficace de tous les produits en bois permettrait d'équilibrer les diverses activités à l'intérieur de la filière (protection et gestion des forêts, confection de produits en bois, production bio-énergie) et de favoriser ainsi le modèle d'atténuation en cascade, tout au long de la filière, du changement climatique.

Plusieurs méthodes de comptabilisation ont été envisagées pour améliorer celle qui a été retenue pour la première période d'engagement du Protocole de Kyoto. *L'approche des flux atmosphériques* consiste à comptabiliser à chaque étape de la production, de la transformation et de la consommation du bois les émissions ou absorptions de gaz carbonique là et au moment où elles se produisent. Simple dans son principe, elle est délicate d'application dans la mesure où elle suppose la traçabilité des produits en bois tout au long de leur vie. *L'approche par la production* s'intéresse au bois produit dans un pays donné au crédit duquel elle porte les absorptions nettes des émissions relatives à ce bois. Elle pose cependant problème pour le suivi et la comptabilisation des produits exportés dans d'autres pays. *L'approche par les variations de stock* s'intéresse au bois consommé dans un pays donné au crédit duquel elle porte les absorptions nettes des émissions relatives à ce bois. Elle présente l'avantage d'être compatible avec les règles mises en place pour les autres sous-secteurs du secteur de l'utilisation des terres mais ne permet pas de contrôler la durabilité de la gestion ayant fourni les produits en bois consommés lorsque ceux-ci ont été importés.

L'approche susceptible d'éviter les pièges précédents consisterait finalement à n'encourager que l'utilisation de bois produit et consommé localement (*Grassi, Nancy 2008*). Comme l'approche par les variations de stocks dont elle dérive, elle est relativement aisée à mettre en œuvre. Elle mérite d'être encore affinée et mise en cohérence avec les autres dispositions, par exemple en la limitant aux pays qui ont choisi par ailleurs de comptabiliser la gestion forestière au titre de l'article 3.4 du Protocole de Kyoto. Elle apparaît cependant comme une solution de comptabilité pertinente, applicable à court terme, et constitue de surcroît une forte incitation à l'utilisation en cascade des produits forestiers et à la substitution des matériaux concurrents du bois, dont les sources sont comptabilisées pour le pays concerné.

2.3 Vers une utilisation durable des ressources naturelles

Dans l'Union européenne actuelle à 27 pays, les inventaires relatifs à l'utilisation des terres effectués dans le cadre de la convention « Climat », bien qu'encore incomplets, surtout pour les activités sources, montrent des tendances nettes sur les flux de carbone. Les terres agricoles se comportent globalement comme une source modérée de carbone (de l'ordre de 50 TgeCO₂.an⁻¹), les

pâturages sont à l'équilibre tandis que le secteur forestier est un puits de l'ordre de 500 TgeCO₂ annuels⁵. Au total, le secteur de l'utilisation des terres agit comme un puits net, largement dominé par le secteur forestier. Ce puits serait équivalent en valeur absolue à 9% des émissions européennes de gaz à effets de serre (*Commission européenne*) – un chiffre à relativiser toutefois compte tenu de variations annuelles et du caractère incomplet des inventaires.

Ces données, comme d'autres disponibles, confirment que la forêt – du moins dans l'hémisphère Nord – est l'un des principaux leviers actuels pour l'atténuation du changement climatique, en compensation des activités agricoles qui contribuent pour leur part à ce changement. Mais dans une perspective globale, les choix politiques n'obtiendront des résultats sur le plan climatique que s'ils permettent de répondre, dans le même temps, à un enjeu tout aussi majeur : celui de la sécurité alimentaire. Notre planète compte aujourd'hui six à sept milliards d'habitants. Elle en comptera vraisemblablement neuf milliards en 2050. Face à cette évolution, on estime qu'il faudra augmenter d'autant la production alimentaire mondiale d'ici 2050, soit par l'augmentation des surfaces cultivées (bien souvent synonyme de déforestation), soit par l'amélioration des rendements. Dans l'Afrique subsaharienne, la première option a causé la destruction de cinq millions d'hectares de forêts par an entre 1975 et 2000. En France, la seconde a vu l'efficacité de la production céréalière quadrupler entre 1950 et 2000.

Face à ce défi complexe, un modèle d'Evaluation environnementale Planétaire Intégrée (*Riedacker, Nancy2008*), propose une approche globale de l'utilisation des terres et des flux de marchandises et d'énergie, depuis l'énergie solaire et les ressources minières jusqu'aux produits et service finaux. Pointant les insuffisances des outils actuels d'analyse de cycle de vie, qui ne prennent pas en compte les notions d'efficacité territoriale et de changement d'utilisation des terres, il plaide en faveur d'un effort soutenu pour l'amélioration durable des rendements agricoles, en particulier dans le Sud, comme condition nécessaire du développement forestier, hautement souhaitable dans une optique d'atténuation climatique.

Dans cette problématique de l'utilisation des terres, les nouveaux enjeux énergétiques fournissent à la filière forêt-bois européenne un élément d'arbitrage important : à la différence des agrocarburants, la production de bois-énergie n'implique pas a priori la réaffectation de terres agricoles au détriment des productions alimentaires. Ce point essentiel, couplé aux rendements élevés des nouveaux procédés de conversion énergétique du bois et à la pertinence du modèle d'utilisation du bois en cascade, fait des biocarburants de deuxième génération, issus du bois, une alternative durable aux biocarburants agricoles – colza, maïs, betterave, canne, palme... – qui libère de surcroît des surfaces agricoles pour les cultures alimentaires.

⁵ Un teragramme vaut un million de millions de grammes (10¹²g), ce qui équivaut à un million de tonnes (Mt) ; eCO₂ signifie équivalent dioxyde de carbone.

Les technologies émergentes de captage et stockage de carbone (*Lohmander, Nancy2008*), qui visent au piégeage et à l'enfouissement sous-terrain d'une fraction des rejets de carbone sur les sites industriels, pourraient fournir un argument supplémentaire pour le développement de la filière forêt-bois dans une perspective énergétique. Si elles rendent en effet neutres au plan du carbone les énergies fossiles, l'utilisation de bio-énergie devient quant à elle un puits net de carbone.

* * *

Les prochaines échéances verront se dégager des orientations cruciales pour l'avenir de notre planète. Les choix futurs quant à l'utilisation des terres et au développement de la filière forêt-bois devront permettre à cette dernière de jouer pleinement et durablement son rôle face aux nouveaux enjeux climatiques et énergétiques. Ils devront pour ce faire tirer pleinement parti du potentiel productif de la forêt, tout en permettant, par des politiques équilibrées, la sauvegarde du patrimoine culturel qu'elle représente, le respect des spécificités locales, la valorisation du potentiel touristique et la protection de la biodiversité.

Remerciements

L'auteur remercie particulièrement l'ensemble des intervenants à la conférence de Nancy 2008 sur le thème « La filière forêt-bois européenne : des bio-réponses aux nouveaux enjeux climatiques et énergétiques ? » dont les présentations ont constitué le support de cette synthèse. Il a également bénéficié d'entretiens complémentaires particulièrement instructifs auprès d'Olivier Bouyer (Ministère chargé de l'agriculture), Denis Loustau (Inra, écologie), Arthur Riedacker (Inra, sciences sociales) et Marianne Rubio (France forêts). Enfin, cette synthèse n'aurait pu être réalisée sans l'aide et les conseils de Viviane Appora et Jean-Luc Peyron (Ecofor).

Références bibliographiques

La plupart des références bibliographiques sont tirées des actes de la conférence de Nancy, publiées en français et en anglais par la Revue forestière française.