

## Le bois, énergie renouvelable

### **1) Introduction:**

En France à ce jour le bois-énergie constitue la première des énergies renouvelables après l'hydraulique. Mais cet apport énergétique reste modeste, bien que la France dispose de la première surface forestière d'Europe Occidentale, car la forêt est incomplètement exploitée.

Cette sous exploitation n'est pas nécessairement négative à moyen terme si l'on considère que ceci se traduit par un accroissement du carbone stocké, donc bénéfique, vis à vis de la limitation de l'accroissement en cours de l'effet de serre.

Par contre à long terme une mauvaise ou incomplète exploitation peut avoir des effets particulièrement néfastes si la décomposition de la biomasse dégage du méthane.

La forêt doit donc être regardée sous les deux aspects : le stockage de longue durée du carbone avec notamment l'utilisation en bois d'œuvre et par ailleurs le bois-énergie.

Le bois-énergie n'engendre pas d'émissions nettes CO<sup>2</sup> tant que la surface boisée ne décroît pas (pas de déforestation) et que les coupes sont compensées par de nouvelles plantations.

Nous nous proposons de faire le point sur la situation de la forêt française et de son avenir.

Ce sujet est d'actualité suite au Débat National sur les énergies :

*« Les énergies renouvelables thermiques, c'est-à-dire la valorisation énergétique de la biomasse... se substituant en très large partie aux énergies fossiles et permettant donc de réduire fortement les émissions de gaz à effet de serre, leur développement constitue une priorité absolue et doit permettre, d'ici 2010, une augmentation de 50 % de la production de chaleur d'origine renouvelable »*

A cet objectif à moyen terme il faut ajouter celui très ambitieux de **diviser par 4 les émissions de CO<sup>2</sup>** à long terme d'ici 2050 qui doit conduire à aller bien au delà des plus 50 %.

### **2) Situation actuelle de la forêt française**

#### **2.1 Données, Statistiques**<sup>1</sup>

La forêt occupe sensiblement 15 Millions d'hectares soit 27 % du territoire national.

(on trouve par ailleurs : 15 Mha pour les cultures annuelles, 10 Mha pour les prairies, 4.1 Mha de landes alpines, 1.8 Mha de haies et arbres épars ...)

La surface de la forêt est en augmentation: + 13.7 % depuis 1989 et 0.4 % / an ces dernières années.

L'accroissement végétal<sup>2</sup> annuel est de 112 Mm<sup>3</sup> (en ne comptant que la moitié des rémanents).

En ne comptant, ni les houppiers, ni l'autre moitié des rémanents, l'accroissement annuel hors mortalité est de 83 Mm<sup>3</sup> qui seraient directement exploitables.

Actuellement, des 83 Mm<sup>3</sup> potentiels seuls 51 sont officiellement récoltés avec la répartition suivante: 20.7 Mm<sup>3</sup> vers le bois d'œuvre, 10.9 Mm<sup>3</sup> vers l'industrie et 19.3 Mm<sup>3</sup> vers le bois de feu en direct.

Mais bois d'œuvre et industrie donnent partiellement, rapidement des déchets qui s'additionnent pour 9.4 Mm<sup>3</sup> au bois d'énergie selon des cycles courts (retour en circuit commercial ou directement utilisé par l'industrie du bois). Il resterait en bois d'œuvre longue vie 14.3 Mm<sup>3</sup>.

Par ailleurs le bois industrie fournit également à raison de 7.9 Mm<sup>3</sup> les pâtes (papiers ...). Ceci entre aussi dans un cycle court. En fin de vie une partie (un peu plus de la moitié) est recyclée dans le même processus et une autre partie se retrouve sous forme de déchets dont encore une partie (près de la moitié) fait l'objet d'une récupération énergétique (équivalent à 4 Mm<sup>3</sup>)

Globalement (pâtes comprises) c'est donc au total 33.1 Mm<sup>3</sup> de bois énergie récoltés commercialisés.

A ceci il faut ajouter une partie du bois d'œuvre en fin de vie (100 ans et plus) pour la fraction qui entre dans les déchets. Il faut aussi tenir compte du bois directement récolté par certains utilisateurs individuels.

<sup>1</sup> Les données sont essentiellement extraites du livre « Le défi forestier » Editions ING de Michel de Galbert directeur du CRPF (Centre régional de la Propriété Forestière) Rhône- Alpes.

<sup>2</sup> L'accroissement végétal est très variable en fonction des espèces et dans le temps. Par exemple pour un peuplement d'épicéas, cet accroissement très faible les 10 premières années, atteint les 10 m<sup>3</sup>/ha/an au bout de 20 ans pour monter à un maximum de 18 entre 30 et 40 ans. L'accroissement commence alors à décroître très lentement mais à 100 ans il est encore de 10 m<sup>3</sup>/ha/an. Il faut donc aussi considérer l'accroissement moyen annuel pondéré sur toute la vie. Pour cette même espèce le maximum est atteint vers 90 ans (12 m<sup>3</sup>/ha/an)

Cette récolte directe représente une fraction de 6.1 Mm<sup>3</sup> (6 Millions de cheminées en France et une consommation moyenne par cheminée de 1.5 stère /an)

## **2.2 Estimations énergétiques**

Pour simplifier nous pouvons considérer 2 types de bois: les feuillus ( 64 %) et les résineux (36 %) avec les caractéristiques suivantes:

feuillus: 1 m<sup>3</sup> de bois plein à 25 % de teneur en eau fixe 0.28 tonne de carbone et peut produire 0.27 tep<sup>3</sup>

résineux: 1 m<sup>3</sup> de bois plein à 25 % de teneur en eau fixe 0.19 tonne de carbone et peut produire 0.18 tep

Nous trouvons comme ordre de grandeur un total de **9.5 Mtep bois énergie à ce jour.**

Il faut toutefois noter qu'il s'agit d'énergie thermique brute à la production. La valeur nette utile à la consommation dépendra du type de foyer (cheminée ouverte rendement 10 %, un poêle ou un foyer fermé avec insert rendement 55 %, chaudière moderne rendement supérieur à 75 %). Cette valeur utile est donc en réalité moindre et la bonne utilisation du bois énergie passe en premier par une optimisation des foyers et surtout par une extension des chaufferies collectives associées à des réseaux de chaleur. Une meilleure utilisation du bois énergie pourrait apporter 3 à 5 Mtep de plus et donc limiter d'autant l'utilisation de combustibles fossiles ou de l'électricité.

## **2.3 Fixation de carbone un bilan**

A l'accroissement végétal naturel, correspond une fixation de carbone de 25 Mt par an.

L'utilisation en bois énergie correspond à un rejet de carbone de 10 Mt/an. Le bilan carbone annuel est donc de **14 Mt C stockées à situer par rapport aux 115 MtC rejetées par les combustibles fossiles.**

L'analyse de la fixation du carbone peut conduire à un paradoxe apparent : en effet, en imaginant que le bois énergie ne soit pas utilisé et qu'à la place pour fournir 9.5 Mtep on lui substitue le mixte moyen actuel d'énergies fossiles (fuel, gaz, charbon) ce serait 8.5 Mt de carbone (31 Mt de CO<sup>2</sup>) qui seraient rejetées à l'atmosphère soit un peu moins que par le bois. Ce paradoxe apparent pourrait conduire à douter de l'intérêt du bois en tant que source d'énergie vis à vis de l'effet de serre si on oublie qu'il s'agit de carbone préalablement stocké pendant la croissance de l'arbre. En fait l'idéal serait de stocker soit en laissant la forêt croître, soit en stockant sous forme de composés longue vie ( charpentes, meubles...) Mais de façon évidente la croissance ne peut être éternelle et progressivement cette croissance diminue, avant la destruction naturelle du bois avec rejet de CO<sup>2</sup> et éventuellement décomposition en méthane.

La révolution (temps écoulé entre la naissance et la coupe des arbres mûrs) est ainsi d'environ 60 à 100 ans pour l'épicéa, de 150 ans pour le hêtre, de 180 ans et plus pour le chêne.

L'exploitation normale de la forêt pour une bonne qualité de bois d'œuvre suppose des coupes, la futaie à tailler et prise en compte du taillis. Il y a donc complémentarité bois d'œuvre et bois énergie.

Le bois d'œuvre longue vie est donc très important même si en définitif il se transforme en bois de feu.

Les 14,3 Mm<sup>3</sup>, stabilisés en bois d'œuvre, représentent une fixation de carbone de 3.3 Mt.

Il faut noter aussi que lorsque le bois peut remplacer d'autres matériaux de construction, l'intérêt vis à vis des rejets de CO<sup>2</sup> est accru et par exemple à usage identique, 1 m<sup>3</sup> de bois d'œuvre évite un rejet de 0.3 tonne de CO<sup>2</sup> s'il remplace le béton et 1.2 tonne s'il remplace de l'acier.

## **3) Evolutions possibles des ressources de la forêt. Objectif 2050**

### **3.1 Généralités**

Ce n'est pas une surprise de dire que la forêt pourrait fournir davantage.

Faute de débouchés de nombreuses forêts sont, sous, voire pas du tout, exploitées.

Alors que la France a un des plus grands massifs forestiers en Europe, on constate des déficits commerciaux qui se chiffrent entre 3 et 4 milliards d'Euros pour les filières meubles et papier.

Or ces filières sont complémentaires de la filière énergie et non concurrentes.

Cette situation peut s'expliquer en partie par la dispersion de la forêt française: 72.5 % de la forêt est privée avec essentiellement des petits propriétaires (la surface moyenne n'est que de 2.9 ha, alors qu'il est estimé que la limite basse pour une exploitation équilibrée est 4 ha). Une restructuration s'impose.

Il faut l'accompagner d'un accroissement des accès même si ceci vient à l'encontre de certaines actions d'opposants qui mettent en avant une détérioration de la forêt par la mise en place de ces accès.

<sup>3</sup> Tep (tonne équivalent pétrole) , 1 Tep = 11.66 MWh.

Sauf indication contraire les chiffres représentent des MW thermique. Pour l'électricité nous précisons MWh

La forêt doit être entretenue et pour vivre a besoin d'accès.

Des actions de fond doivent également porter sur la nature des essences et de l'équilibre taillis futaies.

Globalement à court terme d'ici 2010, par la récupération des déchets sur coupe, par une exploitation plus active des forêts existantes, il est possible d'obtenir un accroissement de + 50% de la collecte réalisée pour s'approcher du potentiel actuel de 80 Mm<sup>3</sup>/an.

Ceci suppose que les subventions ou aides annoncées comme prioritaires, en faveur des renouvelables thermiques, dans le projet de loi, soient rapidement débloquées avec notamment d'un côté des aides directes à la forêt (restructuration, accès ...) et d'autre part des aides aux utilisateurs notamment aides à l'investissement pour les chaufferies bois et pour centrales électriques (appel d'offres: voir § 4 Economie)

Pour fixer les ordres de grandeur, rappelons que les crédits 2004 à la forêt se sont montés à 408 M€, après gel budgétaire ( budget initial de 442 M€ ).

### **3.2 Perspectives énergétiques bois 2050**

A plus long terme par exemple 2050 (pour se caler sur l'objectif gouvernemental de diviser par 4 les rejets de CO<sub>2</sub>) il est possible par les effets cumulés d'une exploitation complète et d'un meilleur choix des essences (arbres à croissance rapide: eucalyptus, peupliers, saules, aunes ...) d'obtenir 130 Mm<sup>3</sup>/an récoltés, à partir d'une production primaire de 150 Mm<sup>3</sup>/an, compte tenu de la mortalité, d'une non prise en compte de tous les rémanents, des difficultés de récoltes <sup>4</sup>.

Ceci devrait conduire à doubler le bois d'œuvre notamment dans les constructions et en parallèle plus que doubler le bois énergie pour arriver à une **production énergétique équivalente à 23 Mtep**. Cette production énergétique associerait le bois de chauffe actuel à étendre et éventuellement une part de production de biocarburants dans la filière lignocellulosique en addition aux résidus agricoles.

Dans un premier temps les surfaces forestières devraient continuer d'augmenter (+ 0.4 % / an ces dernières années) sans poser de problèmes de disponibilité de terres ( 4 à 5 Mha de terres en friche ou neutralisées en agriculture). A moyen terme toutefois ( 10 à 20 ans) si par ailleurs se développent les cultures de biomasse forcées pour les biocarburants (on parle couramment de 4 à 5 Mha) la question de disponibilité des terres peut se poser, sauf si les améliorations de rendement ( avec les OGM par exemple) se poursuivent sans pour autant augmenter l'utilisation des engrais, des insecticides et les besoins en eau ...

### **La perspective biocarburants**

La perspective biomasse ligno-cellulosique conjointement avec d'autres matières comme la paille, les tiges de maïs ... s'applique à la forêt. La technique thermo-chimique a été utilisée avant et pendant la deuxième guerre mondiale, des progrès sont nécessaires pour en réduire le coût et pour améliorer le rendement énergétique. Une autre technique passe par la voie biochimique. Ceci est prometteur, mais des développements sont encore à venir. En définitive, il faudra tenir compte des rendements énergétiques des différentes filières et prendre en compte l'aspect coût et l'aspect bilan carbone.

Il est considéré que l'usage des biocarburants agricoles ou forestiers, à ce jour négligeable, devrait s'accroître fortement. La forêt pourrait apporter son complément de matière sèche, sans réduire la part énergie bois de feu.

### **3.3 Fixation de carbone, perspectives 2050**

Ce doublement énergétique ne conduit toutefois pas à long terme, à un accroissement de la fixation globale de carbone. L'exploitation étant équilibrée, le stock ne croît plus comme actuellement car une forêt à l'équilibre est neutre, il n'y a plus fixation nette de carbone. Par contre une bonne exploitation évite les décompositions en méthane. Le rôle du bois vis à vis de l'effet de serre et rejets de CO<sub>2</sub> doit être vu en tant que substitution à des sources d'énergies fossiles. Le bois en effet, peut remplacer les combustibles fossiles essentiellement dans la production de chaleur. Les rejets de ces combustibles sont réduits d'autant et donc c'est un gain indirect qui apparaîtrait de 20 MtC/an grâce au bois auquel il faut ajouter la fixation par le bois d'œuvre qui représenterait au total 7 MtC dont une partie en fin de vie serait recyclée et brûlée avec rejets. Globalement on peut donner comme ordre de grandeur, hors biocarburants, un total de 27 MtC/an évité ou fixé en 2050 soit 13 MtC/an de plus qu'actuellement.

---

<sup>4</sup> Les difficultés d'accès et de récupération des coupes conduisent à des coûts plus élevés. Ceux ci peuvent être plus aisément absorbables en bois d'œuvre pour des bois de qualité

Cette valeur de 13 MtC/an, est significative si on se situe dans la perspective globale de réduction d'un facteur 4 des rejets en 2050 (de 115 à 29 MtC de rejets annuels visés), puisque à elle seule, elle contribue à hauteur de 15 % à l'objectif visé.

#### **4) Economie**

##### **4.1 Généralités :**

Du point de vue économique, la filière bois-énergie, se caractérise par l'importance relative des investissements et le faible coût du combustible. Le coût combustible est stable et devrait le rester.

Cette répartition du coût rapproche la filière bois de celle du charbon, mais est à l'opposée de celles du fuel et du gaz qui se caractérisent par des investissements moindres au niveau de la chaudière<sup>5</sup> (facteur 3 à 5), mais un fort coût combustible et une forte variabilité dans le temps avec probablement un fort accroissement dans les décennies à venir. On rappellera les variations du baril de pétrole: 25 \$ en 2000, pour atteindre 40 \$ /baril fin 2004 et plus de 60 en 2005. Cette hausse de + 60 % de 2000 à 2004 est fortement atténuée par celle de l'Euro vis à vis du dollar qui proche de la parité en 2000 est passé à 1.3 en 2004.

Cette hausse ne se retrouve pas proportionnellement au niveau du fioul distribué : par exemple si le baril Brut Rotterdam est passé de 25 € en moyenne 2002 à 43 € en août 2004, le fioul domestique distribué est passé de 58 € à 75 € / baril aux même dates.

A moyen terme le gaz doit voir son prix suivre celui du pétrole. Au voisinage de 2 \$ / MBtu<sup>6</sup> jusqu'en 1998, il dépasse maintenant les 4 \$ / MBtu et la tendance à la hausse risque de se confirmer.

Sauf de rares exceptions, il est clair qu'actuellement la biomasse conduit à des coûts plus élevés que les combustibles fossiles. Ceci se constate par la faible pénétration du bois en dehors de la cheminée individuelle. Fin 2003 la puissance thermique installée en chaufferies collectives du tertiaire et industrielles ne représentait que 2320 MW. L'accroissement récent (+ 164 MW en 2003) est essentiellement associé à des aides à l'investissement qui atteignent entre 40 et 80 % pour les chaufferies du tertiaire et 15 à 25 % pour les chaufferies industrielles. Mais ceci reste marginal.

Si à court terme des aides pour les filières énergétiques renouvelables nouvelles ou à relancer comme le bois, sont parfaitement justifiées, ceci a des limites en quantité et durée. La question de la concurrence hors aides se posera à moyen terme.

Il faut considérer que seule une augmentation significative et persistante du prix du pétrole (avec en corollaire à terme celle du gaz) peut favoriser une forte relance du bois. La prise en compte des coûts externes peut avancer cette échéance comme nous le verrons ci dessous.

##### **4.2 Des exemples de coûts**

Pour fixer les ordres de grandeur, nous pouvons apporter quelques éléments approchés de coûts.

Les chiffres sont donnés à titre ordre de grandeur et des variations importantes sont possibles compte tenu des conditions locales particulières ou commerciales. En particulier on notera de grandes différences entre une chaufferie bois indépendante et celle associée à d'autres chaufferies fuel ou gaz d'appoint par exemple pour alimenter un réseau de chaleur

- Le prix du combustible bois est fonction des conditions locales et des possibilités de transports associées.

Il peut varier de 14 € /MWh pour des connexes scieries et déchets à 31 pour des plaquettes montagne résineuse en pente. Localement en utilisation directe par l'industriel du bois d'œuvre, ce coût peut aussi être plus bas et parfois proche de zéro.

La question du transport est majeure pour la filière bois énergie. Par exemple une chaufferie de 20 MW consommera au régime nominal 137 tonnes de bois par jour soit 370 m<sup>3</sup> de bois moyen.

Ceci demandera une rotation de 7 à 15 camions type 38 tonnes par jour. Indépendamment de l'aspect coût et distance à parcourir, cette rotation peut poser des problèmes d'accès dans le cadre d'un réseau de chauffage urbain

- Mi 2004 le prix combustible du fioul domestique était d'environ 47 € /MWh et le prix gaz<sup>7</sup> de 31€ /MWh.

<sup>5</sup> Pour ces filières fuel et gaz les investissements se retrouvent en amont ( puits, gazoduc ou oléoduc ... ) et donc sur le prix combustible

<sup>6</sup> Btu : British thermal unit 1 Btu = 1.055 joules, 1 Mbtu = 293 kWh

<sup>7</sup> Base gaz distribué habitat B1 auquel il faut ajouter une faible valeur liée à l'abonnement annuel de 124 €  
Pour le gaz industrie B2S: 25 € / MWh

- Pour une installation type chaufferie bois (< 1 MW) les investissements se chiffrent entre 700 et 900 € HT / kW installé. Pour des puissances de quelques MW les investissements se chiffrent entre 400 à 600 € HT / kW installé ( un exemple récent: une chaufferie de 12 MW, investissement 7.1 M€ )

L'investissement pour la chaufferie bois est de plusieurs fois (3 à 4) celui de la même installation en fuel ou gaz, l'écart relatif diminuant avec la puissance.

Cette répartition des coûts conduit à viser la charge maximale dans l'année pour la chaufferie bois pour répartir la part coût investissement sur le maximum d'énergie fournie.

Pour faire face aux besoins très variables en chauffage dans l'année, il est en général économiquement intéressant ( même avec des prix des combustibles fossiles nettement plus élevés) de prévoir des chaudières d'appoint importantes au fuel ou au gaz qui fonctionneront un nombre limité d'heures.

Par exemple, si le taux d'utilisation passe de 33 % ( moyenne 120 jours par an ) à 25 % ( 90 jours par an) pour une chaufferie bois de 500 kW la part investissement dans le coût passera de 21 € /MWh à 28 € /MWh. Une optimisation de la répartition des puissances entre les 2 types de chaudières s'impose pour chaque installation reliée à un réseau.

- La part exploitation et entretien maintenance est également un peu plus élevée pour les installations bois.

- A titre indicatif une simple installation bois d'environ 500 kW peut avoir un coût de revient de 80 € / MWh. Pour la même puissance avec un baril à 35 \$ et un Euro à 1.3 \$ (à mi 2004), une installation fuel type domestique, donnait un prix de revient de 54 € / MWh donc un écart de 26 € / MWh

Seules des aides à l'investissement entre 50 et 80 % permettaient de ramener le prix bois à celui du fuel dans cette gamme de puissance

Hors aide, il faudrait que le baril augmente de 53 \$ sur la même base de 1.3 \$ / € soit un baril à 88 \$.

- Pour des installations de plus fortes puissances l'écart est moindre.

On peut citer le coût comparatif dans le cas d'un réseau de chaleur entre 3 et 4 MW avec un taux d'utilisation de 45 %. Le coût chaleur bois est de 53 € / MWh (ramené à 43 avec une subvention de 50 % à l'investissement). Le même coût en gaz qui était de 36 € / MWh en 2000 est monté à 45 en 2003.

Hors subvention l'écart n'est que de 8 € / MWh

Le dépouillement récent de l'appel d'offres gouvernemental pour des centrales électriques basées sur la biomasse et le biogaz donne des indications intéressantes sur les coûts pour le secteur électrique.

14 projets biomasses ont été retenus pour une puissance totale de 216 MWe ( puissances unitaires de 12 à 20 MWe). Le coût moyen annoncé est de 86 € / MWe

Ce coût doit être comparé aux coûts de base qui étaient selon les analyses de l'OCDE de juin 2003 de 28 € / MWe pour le Nucléaire et 35 € / MWe pour le Gaz avec cogénération<sup>8</sup>.

Ce coût annoncé électricité biomasse est proche de celui actuel de rachat de l'électricité éolienne.

Dans tous les cas des aides sont indispensables soit sous forme directe à l'investissement, soit obligations d'achat de l'électricité.

L'électricité bois présente l'avantage majeur de ne pas être intermittent alors qu'au coût de l'éolien il faudrait affecter un surcoût pour investissements supplémentaires mal utilisés dans d'autres filières ajustables qui assurent le complément. On pourrait aussi avancer l'avantage de la souplesse de fonctionnement et donc de l'adaptation au réseau, mais comme la filière bois supporte relativement de grands investissements, il faut viser le plus possible la puissance maximale et donc ne pas trop miser sur un important suivi de charge sous l'aspect économique.

Toutefois, la priorité restant la fourniture de chaleur en remplacement de combustibles fossiles et les capacités de fourniture de bois énergie ayant ses limites, la production d'électricité ne se conçoit qu'en complément à la fourniture de chaleur soit en cogénération.

#### **4.3 Prise en compte des coûts externes**

##### **Généralités :**

L'utilisation de certaines formes d'énergie peut avoir des effets négatifs sur l'environnement et sur la santé humaine. Comment quantifier ces conséquences ? Nous parlerons de coûts externes.

<sup>8</sup> Ce prix gaz est à revoir en forte hausse depuis 2003

Ces coûts sont très difficiles, voire impossibles à évaluer de façon précises, néanmoins connaître l'ordre de grandeur peut être important pour les orientations énergétiques.

Une évaluation a été faite pour l'Union Européenne et les résultats contenus dans le rapport « Extern E »

Ce rapport distingue 2 types d'effets:

a) effets CO<sup>2</sup> seul. Les effets sont à l'échelle mondiale et compte tenu des incertitudes, l'étude CEE a retenu une large plage entre environ 50 et 150 € / tC rejeté.

On notera, qu'avec la directive 2003/87/CE l'Union européenne est en train de mettre en place un système de marché de permis d'émission pour les gaz à effet de serre pour contribuer à respecter ses engagements de Kyoto. A ce système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre est associé un système de pénalités qui ont été fixées à 146 € / tC<sup>9</sup> émise en excès des permis.

b) effets hors CO<sup>2</sup> ( particules , SO<sup>2</sup>, NO<sup>2</sup> )<sup>10</sup>. Les effets sont plus locaux ( ceci peut aller néanmoins jusqu'à l'échelle d'un état et de ses voisins: exemple : les pluies acides)

Charbon: 20.9 € / MWh, Pétrole: 12.5 € / MWh, Gaz: 7.7 € / MWh Biomasse 2.9 € / MWh

### **Application au bois-énergie, qu'apporterait une « prime » carbone évité ?**

Il est considéré que 1 MWh fuel libère 0.077 tC, 1 MWh gaz 0.063 tC.

Sur ces bases dans l'exemple cité ci dessus d'une chaufferie < 1 MW, pour arriver à l'équilibre des coûts avec un baril à 35 \$, il faudrait que le carbone rejeté soit taxé à raison de 337 € / tC soit une valeur largement supérieure à la valeur retenue au titre des pénalités prévues dans le système européen d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre

Dans le deuxième exemple, pour arriver à l'équilibre sans aide, il faudrait que le carbone soit taxé à 117 € / tC soit sous la valeur retenue dans le système de quotas.

### **Application au bois-énergie, qu'apporterait une prise de la totalité des coûts externes ?**

A l'effet gaz carbonique ci dessus traité, il faudrait ajouter les autres effets.

Ceux ci seraient très sensibles pour le fuel et compte tenu du différentiel fuel biomasse pour les effets hors CO<sup>2</sup> une taxe carbone de 212 € / tC assure l'équilibre dans le premier exemple de petite puissance soit encore un peu au-dessus de la valeur retenue dans le système de quotas.

### **La prise en compte des externalités ne peut que favoriser le bois-énergie.**

#### **Nota: « Services fournis par la forêt »**

En fixant le carbone et en limitant les rejets la forêt rend indirectement des services à la société.

Peut-on les chiffrer ?

Le passage 2000 – 2050 pourrait se traduire par une équivalence de carbone fixé ou évité supplémentaire de 12.3 Mt C /an. En monnayant sur le marché la pénalité appliquée aux excès des permis d'émissions le « service rendu » pourrait être estimé à 1.8 Md. €

Mais la forêt rend d'autres services: qualité de l'eau, stabilisation des terres, tourisme et détente<sup>11</sup> tous services non payés. Une rémunération à juste prix permettrait un meilleur développement de la forêt au bénéfice de tous. Le total des services quantifiés se chiffre dès à présent au-dessus de 2 Md €

Ceci justifierait un accroissement de l'aide à la forêt qui se monte actuellement 440 M€.

### **5. La forêt et le changement climatique, adaptation**

Nous avons vu que la forêt pouvait contribuer de façon importante à la limitation des rejets de CO<sub>2</sub>. Mais le problème de l'augmentation au niveau mondial existera toujours et il faudra s'adapter aux changements. Une certitude en effet les émissions vont continuer à croître, déjà du seul fait de l'augmentation des populations (prévision entre 8.5 et 9 Milliards d'habitants en 2050 pour 6 à ce jour). Les émissions vont croître également suite au développement de tous les pays en voie d'industrialisation.

<sup>9</sup> ce chiffre correspond aux 40 €/t CO<sub>2</sub> donné dans la Directive, 1 tC étant équivalente à 3,66 tCO<sub>2</sub>

<sup>10</sup> Les valeurs tirées du rapport « Extern E » sont souvent présentées, associées à la production d'électricité (MWh), ici nous ramenons à la production thermique

<sup>11</sup> Plus de 8.000 millions de km sont faits par an pour aller se « promener » en forêt.

Cela représente une dépense essence ou diesel de 560 Millions. Pour leurs seules promenades les Français sans le savoir, acceptent de payer 420 M € sous forme de TIPP.

(surtout Chine et Inde) Dès 2050 la consommation énergétique pourrait être multipliée par 2 et la teneur en gaz carbonique à ce jour de 370 ppm pourrait atteindre 540 ppm.

Les conséquences précises dépendront du mode de développement énergétique et des mesures d'accompagnement prises. Pour l'an 2100 les prévisions donnent: une augmentation des températures moyennes en Europe entre + 2°C et + 6.3°C, des étés chauds plus fréquents ( canicule 2003 courante).

Si les précipitations globalement doivent peu changer, il y aura plus de précipitations en hiver et des sécheresses plus fréquentes en été et de façon générale un accroissement des événements climatiques extrêmes.

Pour la forêt, il en résulterait une migration des espèces vers le nord et en altitude. A la prévision minimale de + 2°C correspondrait un déplacement de 300 Km et + 300 mètres en altitude

Du point de vue forêt les changements les plus significatifs viendraient :

- de l'extension vers le nord-est du pin maritime des Landes et de quelques essences du sud-ouest et du littoral breton ( chêne tauzin). Ce type de forêt serait la plus vaste en France

- de la remontée vers le nord des essences comme l'olivier, le chêne vert qui occuperait 28 % du territoire contre 9 % actuellement.

- les espèces montagnardes qui se développent entre 800 et 2.500 mètres ( pins alpins et pyrénéens, aulnes, érables sapins épicéas) souffriraient particulièrement

Si un effet positif d'augmentation de la production de biomasse de 20 à 30 % peut être attendu, de nombreux effets négatifs viennent contrebalancer (par exemple sur les espèces comme le hêtre qui ont besoin d'une période de dormance pour bourgeonner). Mais on peut craindre surtout les effets pathogènes.

Le phénomène est inéluctable, il faudra donc s'adapter mais son ampleur dépendra des moyens de lutte mis en œuvre. La nature s'adapte toujours, mais l'homme peut avoir un rôle majeur dans cette adaptation.

Il faut promouvoir parmi les espèces actuelles celles qui localement s'adaptent déjà à des températures plus élevées, mettre au point de nouvelles variétés, prendre en compte les effets des maladies, des ravageurs et mauvaises herbes, mélanger les essences pour favoriser la résistance naturelle.

La sylviculture doit aussi viser à améliorer la disponibilité de l'eau par le contrôle du sous bois et de la strate herbacée, par une utilisation de structures ( bandes, clairières) qui diminuent l'évaporation potentielle, en installant des reboisements à faibles densités et en réalisant des coupes progressives pour éviter l'effet de lisière.

**En conclusion, nous retenons le rôle important que peut prendre la forêt dans le plan général de limitation de l'accroissement de l'effet de serre. Ce rôle se décline aussi bien sous l'aspect énergétique direct en se substituant aux combustibles fossiles, que sous l'aspect fixation du carbone par sa place dans le bois d'œuvre. Ceci suppose des actions qui devraient permettre de multiplier par plus de deux la fourniture nette de bois.**