

**Forêt, bois, CO<sub>2</sub> :**  
**Mise en question des politiques de développement**  
**des usages énergétiques du bois**

**Philippe Leturcq**

**Professeur des Universités (retraité)**

**Ancien chercheur du**

**Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS**

**21 janvier 2011**

**24 mars 2011 (révisé)**



À L.B., C.D., H.D, J.H., J.L., G.S, B. de T., G.T.,

sans lesquels cette thèse iconoclaste sur le « bois-énergie » n'aurait jamais été écrite.



## **Forêt, bois, CO<sub>2</sub> :**

### **Mise en question des politiques de développement des usages énergétiques du bois**

**RÉSUMÉ :** L'utilisation du bois comme combustible, pratique ancestrale, ne paraît pas poser question à échelle industrielle, tant sont profondes la conviction de la primauté des énergies « renouvelables » et la certitude de la « neutralité carbone » de la biomasse vis-à-vis de l'effet de serre. Aussi les politiques forestières et les politiques énergétiques actuellement mises en œuvre, un peu partout dans le Monde dans un contexte de raréfaction des ressources fossiles et de changement climatique, font-elles une large place à la production et à l'utilisation du « bois-énergie ». Ce mémoire met en doute le bien-fondé de ces politiques. Dans une première partie, de portée générale, on montre que les prélèvements de biomasse ligneuse pour des usages énergétiques affectent le rôle de puits de carbone des forêts sans qu'on puisse tirer le moindre bénéfice, du point de vue des émissions de dioxyde de carbone, de la substitution du bois aux combustibles fossiles ; en effet, de tous les combustibles carbonés, le bois est celui qui présente le facteur d'émission <sup>(\*)</sup> le plus élevé. Par ailleurs, en France plus spécifiquement, la forte augmentation prévue des prélèvements de biomasse ligneuse à des fins énergétiques ne peut s'effectuer qu'en fragilisant le tissu forestier, la quantité de bois produite primant alors la qualité dans les objectifs sylvicoles ; on conteste ainsi, dans une deuxième partie du document, un certain nombre des arguments avancés en faveur d'une mobilisation accrue des bois – affirmations d'une forêt française sous-exploitée, vieillissante, capitalisant sur pied un volume inutile – arguments dont la pertinence n'apparaît pas clairement, au vu des résultats de l'Inventaire forestier national (IFN), compte tenu des objectifs affichés de limitation des émissions de gaz à effet de serre.

(\*) facteur d'émission : masse de CO<sub>2</sub> émise par unité de chaleur dégagée.



# **Forêt, bois, CO<sub>2</sub> :**

## **Mise en question des politiques de développement des usages énergétiques du bois**

### **SOMMAIRE**

<b>INTRODUCTION</b>	p. 9
<b>I - PREMIÈRE PARTIE : Le « bois-énergie » ? Une bien mauvaise idée !</b>	p. 13
<b>I-1) La problématique des émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère</b>	p. 13
<b>I-2) La place dans le « bilan carbone » des utilisations du bois</b>	p. 14
<b>I-3) Le rôle de « puits de carbone » des forêts</b>	p. 16
<b>I-4) La « neutralité carbone » du bois (et plus généralement de la biomasse)</b>	p. 17
<b>I-5) Le bois est un mauvais combustible</b>	p. 19
<b>I-6) Bois-énergie versus bois-matériau</b>	p. 20
<b>I-7) La substitution du bois à des combustibles fossiles ne permet pas une réduction des émissions</b>	p. 23
<b>I-8) Un exemple probant</b>	p. 24
<b>I-9) Conclusion I</b>	p. 25
<b>II – DEUXIÈME PARTIE : La forêt française : cette inconnue...</b>	p. 27
<b>II-1) Évolution de la forêt française : les chiffres</b>	p. 27
<b>II-2) La forêt française est-elle (globalement) sous-exploitée ?</b>	p. 31
a) L'appréciation du niveau des prélèvements	p. 31
b) La capitalisation de bois sur pied	p. 31
c) Le « vieillissement » de la forêt française	p. 33
d) La « sous-exploitation » de la forêt française	p. 35
<b>II-3) Disponibilité effective de bois pour de nouveaux usages</b>	p. 37
<b>II-4) L'illusion du bois-énergie</b>	p. 37
a) Le rendement des espaces forestiers dans le captage de l'énergie solaire	p. 38
b) La production de la forêt française comparée aux besoins énergétiques du pays	p. 39
<b>II-5) Conclusion II</b>	p. 39
<b>Références bibliographiques</b>	p. 41
<b>Notes</b>	p. 45

**N. B. :** Les chiffres entre crochets, [6] par ex., renvoient aux références bibliographiques ; les numéros des pages des documents où se trouve l'information utile sont précisées sous la forme [6 – p. 17] ou [6 – pp. 17 à 21] quand cela peut aider le lecteur à gagner du temps dans une vérification de pertinence ou dans la recherche de précisions. Les chiffres entre parenthèses et en situation d'exposant, <sup>(3)</sup> par ex., signalent des notes placées en fin de texte. L'abondance de ces notes est justifiée par le souci d'alléger le texte d'incidentes utiles mais non indispensables.





# **Forêt, bois, CO<sub>2</sub> :**

## **Mise en question des politiques de développement des usages énergétiques du bois**

### **INTRODUCTION**

La perspective d'une raréfaction des ressources énergétiques fossiles d'une part, l'absolue nécessité de réduire les émissions anthropiques de gaz à effet de serre d'autre part, motivent la recherche de sources d'énergie « renouvelables » et « non polluantes ».

Parmi elles, est mis en avant le bois, qui a répondu pendant des millénaires aux besoins en combustible des hommes, en même temps qu'il constituait la matière première principale pour nombre d'usages domestiques, artisanaux ou industriels. En France, se sont succédés depuis 1994, sous l'impulsion de l'ADEME principalement, des programmes de soutien à l'utilisation du bois pour la génération de chaleur. Ainsi, le « bois-énergie » – bûches ou plaquettes forestières, résidus et déchets ligneux conditionnés sous forme de granulés ou briquettes... – couvrait, en 2005, 3,4% des besoins énergétiques nationaux [1]. Les directives gouvernementales ont fixé des objectifs plus ambitieux, notamment à travers la loi de programme « POPE » du 13 juillet 2005 : la production de chaleur à partir de la biomasse – le bois étant la composante principale – devait augmenter de 50% entre 2005 et 2010 pour atteindre l'équivalent énergétique de 14 millions de tonnes de pétrole par an soit environ 20% de l'énergie thermique ou 5% de l'énergie primaire totale consommées [2]. Les incitations financières, sous forme d'aides aux collectivités, de subventions ou de crédits d'impôts pour les particuliers, de taux de TVA réduits, etc. ont été prévues pour cela. Le chauffage industriel, le chauffage urbain, collectif et tertiaire, aussi bien que le chauffage domestique, et même la production d'électricité (cogénération) sont concernés. Dans un avenir proche (à partir de 2015), le bois devrait aussi servir à l'élaboration de biocarburants de deuxième génération (filière BtL – Biomass to Liquid). Le « Grenelle de l'Environnement » et les plans d'actions qui en découlent confirment et élargissent ces perspectives : l'augmentation des prélèvements de bois en forêt, avec l'année 2007 pour référence, devrait atteindre 21 millions de mètres-cubes par an en 2020, dont 12 millions pour la production d'énergie [3 – p. 4][4][5] <sup>(1)</sup>.

Cependant, les justifications de cet engouement pour le « bois-énergie » paraissent décalées par rapport aux défis de la limitation des émissions de gaz à effet de serre, du remplacement des combustibles fossiles, et aux conséquences possibles, sur le devenir de nos forêts, d'une augmentation trop rapide et importante des prélèvements. Ainsi, les documents de vulgarisation sur le bois-énergie qui émanent de l'ADEME, des services de l'État, d'associations professionnelles, de cabinets de consultants, d'administrations régionales etc., répercutent toujours, à quelques variations près, un « credo » mal fondé qui affirme la neutralité des usages énergétiques de la biomasse en général et du bois en particulier. Quelques exemples :

« Le bois est une ressource renouvelable. Lors de sa combustion, le bois ne fait que libérer dans l'air le dioxyde de carbone qu'il a absorbé durant sa croissance. Son impact est donc neutre sur l'effet de serre » [6 – pp. 4 et 5].

« Tous les combustibles carbonés, y compris le bois, émettent du CO<sub>2</sub> quand on les brûle. Mais, à la différence du charbon, du pétrole et du gaz, le bois se renouvelle grâce à la photosynthèse et réabsorbe le CO<sub>2</sub>, ce qui compense les émissions lors de la combustion » [7 – p. 4].

« Par la photosynthèse, l'arbre fixe le CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère. Certes le bois récolté en forêt, s'il est brûlé, relâche ce dioxyde de carbone dans l'atmosphère, mais ce gaz est à nouveau fixé par les arbres en phase de croissance. Il existe donc un cercle vertueux qui n'épuise en aucun cas la ressource » [8 – p. 3]

« La récupération de bois en forêt pour la production d'énergie correspond (aux consommations énergétiques du dispositif de récupération près) à un bilan nul en terme d'émission de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère » [9 – p. 11]

Par ailleurs, les promoteurs du « bois-énergie » avancent souvent l'argument, également contestable, d'une « récolte annuelle de bois en France nettement inférieure à la production biologique globale des forêts, ce qui rend possible le développement des usages énergétiques du bois tout en favorisant une gestion plus dynamique des boisements » [10][11].

Aussi les élus et le public (mais aussi, malheureusement, bien des décideurs et animateurs dans les multiples administrations, agences, associations, entreprises artisanales ou industrielles se préoccupant du sujet) sont-ils convaincus de ce que « le bois, c'est de l'énergie propre, disponible en abondance dans nos forêts ».

**Or, le problème n'est pas si simple et, avant de promouvoir une politique énergétique faisant largement appel à la forêt, quelques questions auraient dû être posées ...**

I – On postule généralement, en France [2 – pp. 7, 9 et 21][12] comme dans d'autres pays, les États-Unis notamment où le concept de « *biomass carbon neutrality* » est devenu presque un dogme [13][14], que la substitution du bois aux combustibles fossiles « évite » l'émission dans l'atmosphère de dioxyde de carbone liée à l'emploi de ces derniers [15 – p. 2][16][17 – pp. 8 et 9][18 – p. 10][19][20 – p. 10][21 – pp. 8 et 27 (Table 8)][22][23][24 – pp. X et XI, p. 5]. Là est la raison principale avancée en faveur du développement des usages énergétiques du bois (et de la biomasse en général) [25].

Des éléments de réflexion sont apportés à ce sujet dans la première partie de ce document. Indépendants du contexte forestier français, ils ont une portée générale. La conclusion est que le bois est un mauvais combustible dont l'usage contrarie les efforts consentis par ailleurs pour réduire les émissions anthropiques de gaz à effet de serre.

II– En France de manière plus spécifique, plusieurs rapports [9 – p. 11][10][11] joignent aux arguments communs en faveur du bois-énergie, le constat d'une forêt sous-exploitée, vieillissante, capitalisant sur pied un volume inutile, et prônent une mobilisation accrue des bois.

Ce diagnostic paraît hâtif car, s'appuyant sur des chiffres globaux, il semble ignorer qu'une part notable du domaine forestier hexagonal échappant à toute récolte, le reste de ce domaine supporte seul les prélèvements et se trouve, de ce fait, très probablement surexploité. Les arguments développés dans la deuxième partie de ce document mettent ainsi en doute la politique forestière actuellement prônée, notamment en ce qu'elle focalise les efforts sur une maigre ressource énergétique, au détriment de la production de bois d'œuvre « durable » et en occultant le rôle de puits de carbone de la forêt.

\*\*\*\*



## I – Le « bois-énergie » ? Une bien mauvaise idée !

Si beaucoup de spécialistes voient dans la biomasse forestière une ressource énergétique qui, sous couvert de l'affirmation de « neutralité carbone », n'aurait pas d'impact climatique, d'autres estiment préférable de gérer la forêt et l'utilisation de son bois dans le but de capter et de stocker du carbone atmosphérique. Devant la menace imminente que fait peser l'effet de serre sur la planète, les chiffres donnent raison aux seconds [26].

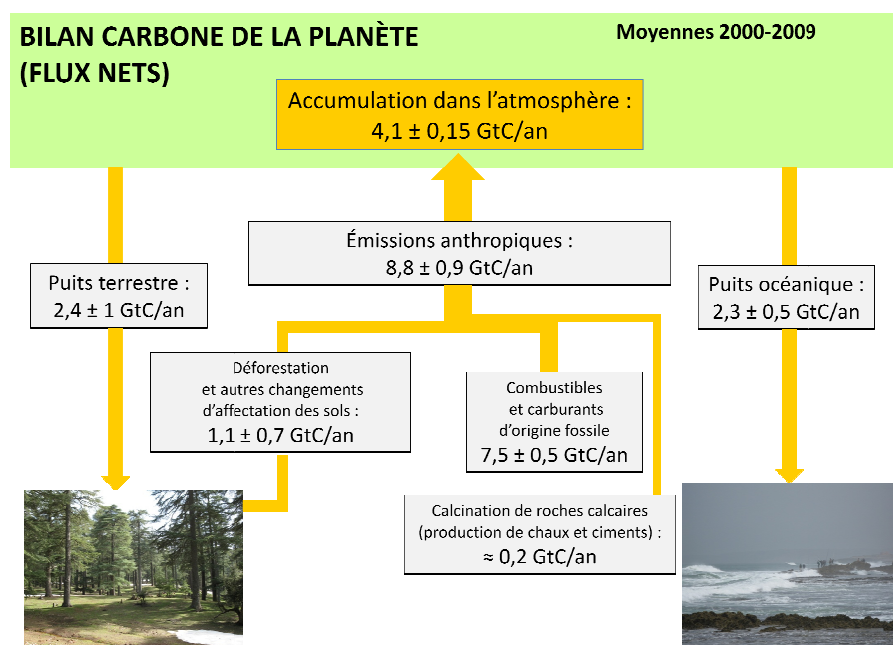
### I-1) La problématique des émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Sous hypothèse d'équilibre des échanges gazeux entre la surface terrestre (terres émergées, océans) et l'atmosphère, la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère demeurerait constante. C'est par rapport à une telle situation, supposée être celle de l'époque préindustrielle (référence par convention à l'année 1750), que l'on évalue les perturbations liées aux activités humaines. Le bilan carbone <sup>(2)</sup> de la planète représenté sur la figure 1 ne fait ainsi apparaître que les variations des flux de carbone émis et capté, le bilan carbone *net* étant défini comme la différence entre le flux annuel d'émission d'origine anthropique et celui de capture, par les « puits » terrestre et océanique, du carbone en excès dans l'atmosphère.

Selon les estimations du Global Carbon Project [27], la concentration de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, était, à la fin de l'année 2009, de 387 ppm, à comparer aux 280 ppm de l'époque préindustrielle, correspondant à une masse de carbone de 822 gigatonnes. L'accumulation de carbone dans l'atmosphère se poursuit au rythme d'environ 4,1 gigatonnes par an, soit une augmentation annuelle de concentration de CO<sub>2</sub> de 1,9 ppm (+0,5%). Ce taux d'accroissement de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> serait plus important encore si ne jouaient des « puits » de carbone, terrestre (capture du carbone par l'activité photosynthétique de la végétation et son stockage, notamment dans les écosystèmes forestiers) et océanique (dissolution du CO<sub>2</sub> dans les eaux superficielles et assimilation par le phytoplancton). Pour la période 2000-2009, une moyenne de presque 5 gigatonnes de carbone (5 GtC) a été ainsi retranchée annuellement des émissions anthropiques qui, en, cumulant l'usage des combustibles et carburants d'origine fossile, la calcination des roches calcaires pour la fabrication de chaux et ciments et l'évasion de carbone liée à la déforestation et autres changements d'affectation des sols, se sont élevées, toujours en moyenne, à presque 9 GtC/an [27][28 – p. 516, Table 7.1][29 – p. 18867, Table 1][30][31].

Sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans le champ d'études de la climatologie, le bilan carbone de la figure 1 indique que pour stopper l'accumulation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, une division par deux, des émissions anthropiques actuelles pourrait suffire, sous réserve que l'efficacité des « puits » terrestre et océanique se maintienne jusqu'à réalisation et au-delà [32]. Tel est effectivement l'objectif de l'Organisation des Nations Unies pour 2050, le souci d'équilibrer les efforts entre pays développés et pays en voie de développement impliquant pour les premiers un facteur de réduction des émissions bien plus important (facteur 4 à 5 pour l'Union européenne selon José-Manuel Barroso [33], facteur 4 pour la France selon le rapport de Christian de Boissieu [34]).

Si cet objectif venait à être atteint, les écosystèmes terrestres, principalement les écosystèmes forestiers, qu'il est plus facile de contrôler que le « puits » océanique, deviendraient globalement le premier facteur de régulation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et donc, pour une large part, du climat <sup>(3)</sup>.



**Figure 1 : Bilan carbone de la planète (période 2000-2009) [27][29][30][31]**

Données et marges d'incertitudes sont accessibles par les liens :

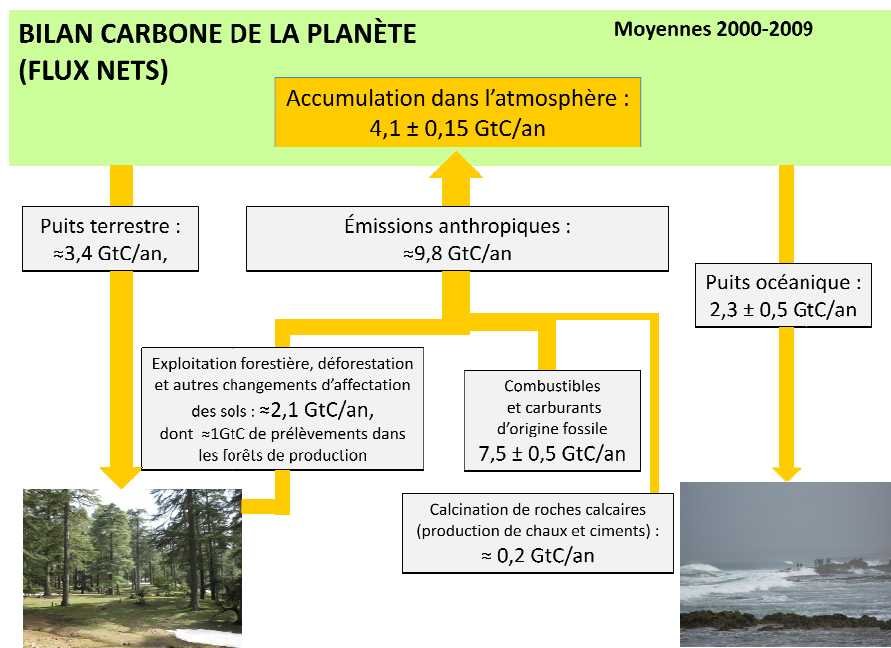
[http://lmacweb.env.uea.ac.uk/lequere/co2/carbon\\_budget.htm](http://lmacweb.env.uea.ac.uk/lequere/co2/carbon_budget.htm) ou <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget>.

**Aussi, la modération de l'accroissement de concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère nécessite non seulement une stricte économie des combustibles fossiles, mais encore le renforcement du « puits » de carbone terrestre : ce renforcement passe, de toute évidence, par l'arrêt de la déforestation, l'augmentation des volumes ligneux, la réduction des prélèvements de biomasse pour des usages non durables, et la restauration des forêts, landes, prairies et tourbières sur les espaces qui ne sont pas indispensables aux activités humaines.**

## **I-2) La place dans le « bilan carbone » des utilisations du bois**

Les utilisations énergétiques du bois, qui renvoient directement dans l'atmosphère une partie du carbone capté par les écosystèmes terrestres, ne sont pas individualisées dans le bilan de la figure 1. Selon la FAO, de l'ordre de 3,5 milliards de mètres-cubes de bois ont été, en moyenne, prélevés annuellement dans les forêts au cours de la décennie passée, dont environ la moitié pour des usages énergétiques immédiats [35 – p. 86][36 – p. XIX][37] <sup>(4)</sup>. Il faut compter en outre, dans le bilan carbone, les sources de CO<sub>2</sub> représentées par la combustion ou la biodégradation des produits bois en fin de vie et des déchets de l'industrie du bois. Aussi, dans l'hypothèse (restrictive) où les produits-bois annuellement fabriqués ne feraient que remplacer ceux parvenant au terme de leur usage, l'évaluation des émissions devrait se faire sur la base de ces 3,5 milliards de mètres-cubes

extraits du « puits » terrestre, soit 3,5 gigatonnes de CO<sub>2</sub> ou 1 gigatonne de carbone par an <sup>(5)</sup>. Cet ordre de grandeur est similaire à celui des émissions liées à la déforestation [30 – p. 832]. Cependant, si les prélèvements de bois étaient effectués dans des forêts gérées de manière durable, à volume sur pied maintenu globalement constant (hypothèse restrictive également), il y aurait compensation de cette émission par la capture du CO<sub>2</sub> atmosphérique nécessaire à la reconstitution des peuplements exploités. Dans ces conditions, l'exploitation forestière n'aurait effectivement pas d'impact sur l'effet de serre. Même si de tels équilibres ne sont réalisables que dans des situations particulières, prétexte est souvent pris de cette « compensation », qu'elle soit réelle, supposée ou érigée en principe, pour exclure des bilans environnementaux le poste « bois », plus particulièrement celui du « bois-énergie », plus généralement celui de la biomasse utilisée à des fins énergétiques. C'est le cas pour la figure 1, qui n'est pas inexacte, mais qui occulte, relativement au « puits terrestre », les flux capté et émis correspondant aux usages des bois, de l'ordre de 1GtC/an, ne tenant compte que de leur différence possible. La figure 1bis tient compte de ces flux, sans prétendre à l'exactitude : les émissions anthropiques, mais aussi la capture de CO<sub>2</sub> par le puits terrestre se trouvent réévaluées à la hausse, le taux d'accumulation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère restant naturellement inchangé.



**Figure 1bis : Bilan carbone de la planète (période 2000-2009) tenant compte, de manière approximative, des flux liés aux usages des bois.**

Apparaît ainsi la possibilité de modération temporaire de l'accroissement de l'effet de serre par une diminution des volumes de bois exploités, sauf substitution bénéfique du bois, du point de vue des émissions de CO<sub>2</sub>, à d'autres combustibles ou d'autres matériaux.

**Ainsi, les usages énergétiques du bois, outre ceux de « nécessité », notamment dans les pays en voie de développement, se justifieraient si la substitution du bois aux combustibles fossiles permettait une réduction d'émission, ce qui n'est pas le cas, comme cela est argumenté plus loin (paragraphe I-7).**

### I-3) Le rôle de « puits de carbone » des forêts

La figure 2 représente les flux de carbone échangés entre l’atmosphère d’une part, la forêt et les filières d’utilisation du bois qui lui sont couplées d’autre part <sup>(6)</sup>.

Le flux de carbone (ou de CO<sub>2</sub>)  $\Phi_{F1}$  capturé dans l’atmosphère est celui par lequel se constitue la biomasse forestière, notamment ligneuse (photosynthèse). La biomasse dépérissante est dégradée par des agents biotiques et le carbone qu’elle contient est renvoyé à l’atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub>; le flux correspondant  $\Phi_{F2}$  (émis) est fonction croissante du stock de carbone forestier  $Q_f$ , ce qui conduit en théorie pour les forêts naturelles, en dehors de toute intervention humaine, à une situation d’équilibre entre production biologique et mortalité <sup>(7)</sup>. Aux prélèvements en forêt correspond la somme  $\Phi_p = \Phi_{p1} + \Phi_{p2}$  du flux emporté par le bois à usage quasi immédiat de combustible ( $\Phi_{p1}$ ) et de celui entrant dans la filière des « produits bois » plus durables, d’œuvre et d’industrie ( $\Phi_{p2}$ ). Les déchets de l’industrie du bois (DIB) et les produits bois en fin de vie, s’ils ne peuvent être recyclés, finissent par se décomposer ou sont brûlés pour fournir de l’énergie <sup>(8)</sup>; dans les deux cas, ils rendent leur carbone à l’atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub> (flux  $\Phi'_{p2}$ ).

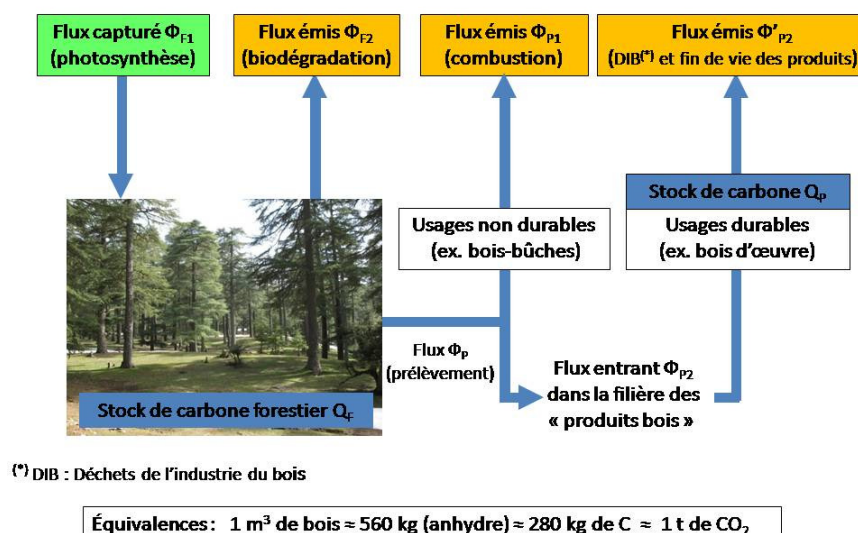


Figure 2 : Stocks et flux de carbone dans la forêt et les filières d’utilisation du bois.

Sans entrer dans l’étude détaillée des deux systèmes couplés [forêt/filières d’utilisation du bois], mais étant entendu que les variations de stocks par unité de temps (l’année en matière forestière) correspondent à la somme algébrique des flux (annuels) dont ces stocks dépendent, de simples considérations de conservation de masse (de bois, de carbone, ou de CO<sub>2</sub> – cf. les équivalences sur la figure 2) permettent de se convaincre de ce que toute variation de prélèvement ( $\Phi_p$ ) implique une variation contraire du taux de stockage forestier. Notamment, une augmentation du flux  $\Phi_{p1}$  de carbone rendu à l’atmosphère par l’usage du bois comme combustible se retranche directement, dans le bilan, du flux de carbone capté par l’écosystème forestier. Il en est de même pour une

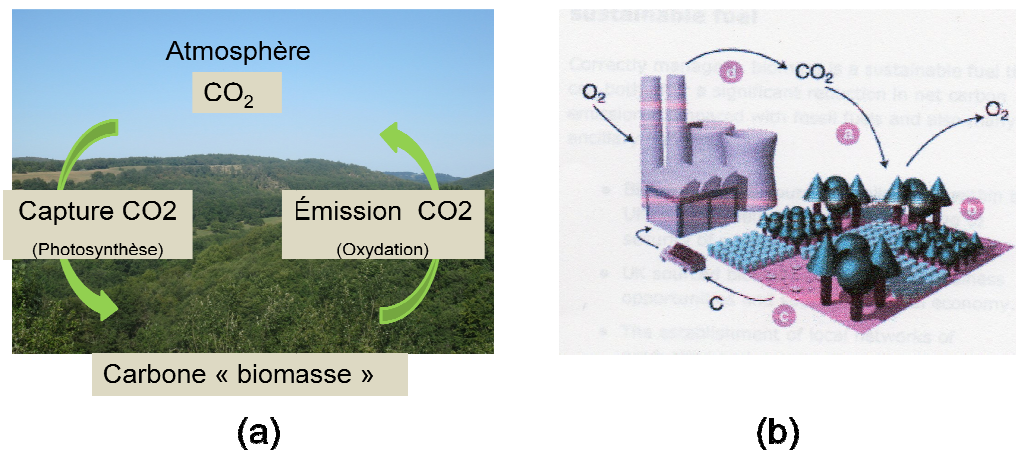


augmentation du flux  $\Phi_{p2}$ , mais avec compensation partielle possible, cette fois, par stockage dans les produits bois « durables » ( $Q_p$ ).

**Les rôles de source d'énergie combustible et de puits de carbone qu'on souhaite voir jouer à la forêt et à ses produits bois sont donc antinomiques.**

#### I-4) La «neutralité carbone» du bois (et plus généralement de la biomasse)

Le concept rassurant de « neutralité carbone de la biomasse » auquel on fait souvent référence pour justifier les usages énergétiques du bois repose sur l'hypothèse d'un cycle *équilibré* dans lequel, pour l'écosystème considéré, la masse de carbone atmosphérique capturée par l'activité photosynthétique de la végétation, correspondrait globalement, année après année, à celle qui est émise par la combustion, la décomposition et plus généralement l'oxydation de la matière organique produite (figure 3 a). On présuppose donc l'invariabilité du stock de carbone « biomasse ».



**Figure 3 : La « neutralité carbone de la biomasse » repose sur l'hypothèse d'un cycle capture-émission équilibré** (La figure 3 b est extraite du document [19], avec autorisation)

Cette notion de « neutralité carbone » s'applique assez bien à des biomasses végétales à cycle de vie court, à l'échelle de l'année. L'équilibre capture-émission de carbone sur la durée du cycle de végétation est alors pratiquement réalisé. Il en est ainsi, par exemple, de l'herbe des prairies et de nombre de cultures agricoles annuelles. Par contre, en ce qui concerne le bois, le cycle de vie est long, de plusieurs années à plusieurs siècles. Les stocks de carbone forestier sont importants (il y a presque autant de carbone dans les écosystèmes forestiers que dans l'atmosphère) et l'équilibre entre la production biologique du bois, d'une part, sa combustion ou sa dégradation, d'autre part, n'est généralement pas réalisé, quelles que soient l'étendue géographique et la période de temps sur lesquelles on fait le bilan. Si la production de biomasse l'emporte, le stock de carbone augmente et l'ensemble forestier considéré se comporte en « puits » vis-à-vis de l'atmosphère, ce qui est évidemment bénéfique. Dans le cas contraire, le stock diminue, et c'est à une source de carbone qu'on a affaire, qui vient aggraver l'effet de serre. On ne peut donc affirmer la neutralité carbone des usages énergétiques du bois extrait de la forêt que pour des massifs producteurs gérés de manière très stricte, à stock sur pied maintenu constant : la neutralité carbone n'est pas une propriété intrinsèque de la biomasse, mais le résultat d'une gestion de production particulière. La figure 3 b en

donne un exemple : une forêt, captive d'une unité de cogénération, est gérée de manière à produire chaque année la même quantité de bois, en renouvellement continu, bois qui est immédiatement brûlé [19].

Deux « idées fausses » viennent abusivement ancrer comme dogme ce concept de « neutralité ».

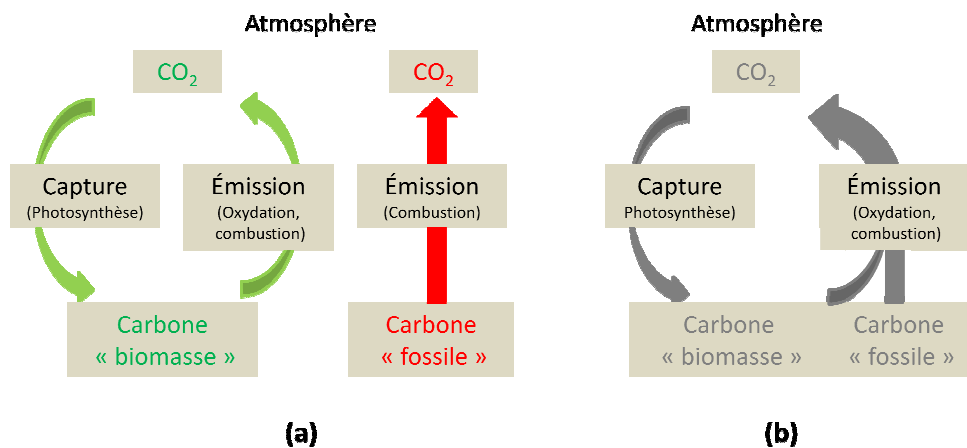
La première est cette proposition, rappelée avec quelques variantes en introduction de ce document, qui, sans cesse réaffirmée, est devenue principe quasi intangible :

*« Le bois que l'on brûle ne fait que rendre à l'atmosphère le carbone qui lui a été emprunté pour la photosynthèse de la matière ligneuse ; les usages énergétiques du bois (comme ceux de la biomasse en général) sont donc neutres vis-à-vis de l'effet de serre »*

Or, on ne fait là qu'affirmer, ce dont personne ne doute, que le contenant (la bûche) ne peut que libérer le carbone qu'il contient, de la même manière qu'une carafe rend l'eau dont on l'a remplie ou un porte-monnaie les pièces qu'on y a mises : cela ne renseigne en rien sur le bilan carbone de la forêt, pas mieux que le contenu de la carafe sur les ressources hydriques ou celui du porte-monnaie sur le budget d'une famille. En ce qui concerne l'effet de serre, comme cela est montré dans le paragraphe I-3 et rappelé dans ce qui précède, c'est la variation du stock de matière ligneuse qui importe, à laquelle correspond le flux net de carbone capturé (stock croissant) ou émis (stock décroissant).

La deuxième idée fausse est souvent exprimée de la manière suivante :

*« On ne peut comparer un atome de carbone issu d'un stock épuisable avec un atome de carbone issu d'un stock renouvelable ».*



**Figure 4 : Deux visions du cycle du carbone terrestre :  
Séparation artificielle du cycle du carbone « biomasse » (a) - Cycle du carbone global (b)**

Comme le montre l'exemple de la figure 4 a on oppose ainsi facilement (trop) le cycle vertueux du carbone « biomasse » à l'émission du carbone « fossile » qui serait, elle, irréversible [38 – planche 4][39 – Fig. 1]. Or, la photosynthèse de biomasse ne se soucie pas de la provenance de telle ou telle molécule de CO<sub>2</sub>. C'est donc le schéma de la figure 4 b qui s'applique, mettant sur un pied d'égalité tous les combustibles carbonés, bois, charbon, pétrole ou gaz.

**La « neutralité carbone » n'est donc pas une propriété physique de la biomasse en général, ni du bois en particulier : tout gramme de CO<sub>2</sub> émis en quelque endroit que ce soit de la planète, quelle qu'en soit la source, a exactement le même effet climatique...**

La « neutralité carbone » érigée en principe est pourtant, malgré la fragilité du concept, la clé des politiques énergétiques développées dans le monde entier avec la biomasse comme support : biocarburants et biocombustibles, sans qu'il soit pris garde, notamment dans le cas du bois, aux conditions étroites de validité. Certaines règles de comptabilité « carbone » édictées dans le cadre de traités internationaux (protocole de Kyoto) ou spécifiées dans des textes législatifs ou réglementaires encouragent étrangement cet abus qui représente une menace pour la biosphère <sup>(9)</sup>. Cependant, à la suite de la publication récente de travaux développant indépendamment des arguments proches de ceux que nous exposons ici [40][41], le débat sur l'intérêt des usages énergétiques de la biomasse est rouvert, notamment aux États-Unis. Il est dommage que les milieux forestiers en France n'y participent pas, ou guère.

### **I-5) Le bois est un mauvais combustible**

**Comme le montrent les tableaux I et II suivants, le bois est, intrinsèquement, le plus mauvais des combustibles usuels : pouvoir calorifique (PCI) le plus faible, quantité de gaz à effet de serre émise par unité d'énergie rendue la plus élevée [42][43].**

Tableau I : Pouvoir calorifique inférieur et facteur d'émission des principaux combustibles <sup>(10)</sup>

<b>Combustible</b>	<b>PCI (MJ/kg)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (kg/kg)</b>	<b>Facteur d'émission (gCO<sub>2</sub>/MJ)</b>
Bois (anhydre)	18	1,83	101,9
Charbon	29,4	2,83	96,3
Fioul	43,1	3,16	73,2
Gaz naturel (mix EU)	45,1	2,54	56,4

(Le facteur d'émission est défini comme la masse de CO<sub>2</sub> émise par unité de chaleur dégagée)

Tableau II : Masse nécessaire et émission CO<sub>2</sub> directe pour une production thermique équivalent à 1 tep # 11,6 MWh # 41,8 GJ

<b>Combustible</b>	<b>Masse (t/tep)</b>	<b>Émission (tCO<sub>2</sub>/tep)</b>
Bois (anhydre)	2,3	4,25
Charbon	1,4	4
Fioul	0,97	3,05
Gaz naturel (mix EU)	0,93	2,35

On ne tient compte ici que des caractéristiques « intrinsèques », abstraction étant faite de l'énergie et des émissions liées à l'exploitation, au transport, à la transformation, au conditionnement et à la distribution des différents combustibles. Les chiffres indiqués se trouveraient tous modifiés par ces données « extrinsèques » dans une fourchette assez large de 10 à 20% – les analyses de cycle de vie (ACV) ne peuvent prétendre, dans l'état actuel des méthodes, à davantage de précision – mais sans bouleversement du « classement » que l'on peut opérer sur les valeurs relatives. Le lecteur peut retrouver ces données, avec de légères variantes, dans de nombreuses publications dont celles référencées [42][43].

À la constatation que le bois est un mauvais combustible, on oppose souvent le fait que cette ressource, elle, est « renouvelable » : le bois que l'on brûle serait, au fur et à mesure, remplacé par celui parvenant à maturité pour être exploité. D'aucuns vont jusqu'à affirmer que le bois est indéfiniment renouvelable [11 – p. 11] ou même inépuisable [44]. Certes, le bois est renouvelable, mais pas dans l'instant. À la différence de la conversion photovoltaïque ou éolienne d'énergie solaire par exemple, la récupération de l'énergie (le bois) nécessite la destruction du capteur (l'arbre), qui demande du temps pour être remplacé. Aussi ne peut-on considérer la ressource comme renouvelable, dans un laps de temps et une étendue géographique définis, qu'à la condition que le prélèvement n'y excède pas, en moyenne statistique, la production biologique. Cela est vrai dans des massifs forestiers gérés à stock sur pied constant (ou croissant). Ce n'est pas le cas en général, notamment lorsqu'on cherche à augmenter le prélèvement sans l'avoir anticipé. On retrouve l'argument, avancé plus haut, selon lequel ce sont les variations de stock ligneux qui importent : le caractère « renouvelable », comme la « neutralité carbone », n'est pas une propriété intrinsèque du bois, mais le résultat d'une « gestion » <sup>(11)</sup>.

## **I-6) Bois-énergie versus bois-matériau**

L'exploitation à des fins énergétiques de ressources ligneuses (celles de la biomasse plus généralement) considérées comme renouvelables et « neutres » vis-à-vis de l'effet de serre, est actuellement donnée comme l'une des réponses (chauffage, biocarburants, génération d'électricité...) à la question de l'épuisement des combustibles fossiles, présentée comme prégnante.

Cette proposition n'est sensée qu'en apparence :

- Pour contrer l'accroissement de l'effet de serre, la combustion de toute matière carbonée, fossile ou « renouvelable », devrait être évitée autant que possible (cf. paragraphe I-1). L'humanité dispose en remplacement, pour ce faire, de sources d'énergie abondantes dont l'utilisation n'implique d'émission de CO<sub>2</sub> que de manière marginale : énergies hydraulique, nucléaire, éolienne, solaire thermique, solaire photovoltaïque, géothermie, énergie des mers, etc.
- La crainte d'un épuisement des ressources en combustibles fossiles est peu fondée. Dans une perspective de réduction des consommations, les réserves vont durer plus longtemps que ce qui était prévu. Mais surtout, on estime, avec forte probabilité, qu'une limitation à 2°C de l'élévation de température moyenne par rapport à l'époque préindustrielle (1750) <sup>(12)</sup> impose (condition nécessaire mais non suffisante) de limiter la masse totale des émissions à environ

270 GtC entre 2000 et 2050 (déjà 74 GtC émises entre 2000 et 2008) [45], ou encore – formulation équivalente pour le long terme – à 1000 GtC entre 1750 et 2500 (déjà 500 GtC émises jusqu'à maintenant) [46]. Or, l'utilisation des réserves fossiles prouvées (600 GtC) conduirait à dépasser ces limites, et celle des réserves probables (plus de 4000 GtC) à les excéder largement [tableau III].

Tableau III : Réserves prouvées, probables, non conventionnelles, des principaux combustibles fossiles et contenus « carbone » correspondants

Combustible	Réserves (en Gtep)				Contenu C (en Gt)
	prouvées	probables	non convent.	totales	
Charbon	350	3000		3350	<b>3650</b>
Pétrole	145	200	80 ?	425	<b>355</b>
Gaz	150	150	300 ?	600	<b>385</b>
<b>Total</b>					<b>4390 GtC</b>

(Compilation de données de sources diverses dont celles de l'ouvrage référencé [76])

**Même si ces données ne sont à considérer que dans leurs ordres de grandeur, on doit admettre, compte tenu des constantes de temps de résidence du carbone dans l'atmosphère, de l'ordre de 30 à 100 ans, qu'il n'est possible de consommer dans le demi-siècle à venir, sans mettre en danger la planète, qu'une faible part des réserves de combustibles fossiles. La conclusion s'impose : la recherche de substituts à ces combustibles ne se justifie que si ceux-là émettent moins de CO<sub>2</sub> que ceux-ci par unité d'énergie dégagée. Ce n'est pas le cas pour le bois (cf. tableau I).**

Par contre, l'utilisation du bois comme matériau permet non seulement un stockage direct du carbone puisé dans l'atmosphère, mais aussi, par substitution à d'autres matières dont la production exige plus d'énergie et génère davantage de gaz à effet de serre pour un usage identique, une économie indirecte en évitant des émissions. Les exemples foisonnent : celui de l'ameublement, pour lequel le bois n'aurait jamais dû céder sa place à des succédanés, de la menuiserie où matières plastiques et aluminium sont intrus, du bâtiment, dans lequel, en de nombreux cas, le bois peut avantageusement concurrencer le fer et le béton... L'augmentation du stock des produits en bois participe ainsi positivement et doublement au bilan carbone global : séquestration, i.e. amélioration d'efficacité du puits de carbone terrestre, d'une part, émission évitée par la substitution du bois à des matériaux « énergivores » d'autre part.

Un certain nombre de conditions doivent toutefois être remplies :

- a) L'émission de gaz à effet de serre et l'énergie nécessitées par l'élaboration de produits bois, déductions faites du carbone « séquestré » et de l'énergie conservée dans la matière ligneuse, ne doivent pas dépasser celles qu'exige la fabrication des produits substitués. Se pose là le problème de la pertinence des analyses de cycle de vie (ACV) telles qu'elles sont

actuellement conduites : dans de trop nombreux cas, celles-ci défont le bon sens en présupposant la « neutralité carbone » de la biomasse et en faisant abstraction des « coûts » en énergie et en émissions de gaz à effet de serre des matériels utilisés et du travail humain<sup>(13)</sup>.

- b) Les objets en bois finissent toujours, dit-on, par se dégrader ou se décomposer et rendent, en fin de vie, qu'on les brûle ou non, leur carbone à l'atmosphère. Cette raison est fréquemment invoquée pour relativiser l'intérêt du « bois-matériau » vis-à-vis de celui du « bois-énergie ». Il est vrai que, comparées aux constantes de temps d'évolution du système climatique (de quelques dizaines d'années à plusieurs siècles) les durées de vie moyennes actuellement avancées pour les produits bois (de 6 mois à 2ans pour les papiers et cartons, entre 10 et 25 ans pour les panneaux de particules, quelques décennies pour l'ameublement, de 30 à 50 ans et plus pour le bois utilisé dans la construction [47][48]) paraissent trop faibles à première vue pour permettre une modération significative de l'accroissement de l'effet de serre à travers une augmentation du stock de carbone dans ces produits (cf. paragraphe I-3). En réalité, pour chaque catégorie d'objet, le « stock » permanent est proportionnel au produit du flux de produits par la durée de vie de ceux-ci et l'augmentation de l'un ou l'autre de ces facteurs est bénéfique. L'accroissement du flux de produits, par développement des usages de substitution, est souhaitable, sous réserve que la condition précédente a) soit satisfaite, mais c'est surtout par un allongement de la durée de vie que le gain est évident : il n'y a pas de vraie raison de limitation de ce facteur, à l'échelle de temps humaine, autre que les habitudes de consommation. En effet, sauf accident (bris) ou usure, les produits bois placés à l'abri de l'humidité et des attaques d'insectes défont le temps. Pour s'en convaincre, il suffit de songer aux siècles d'âge des charpentes et des menuiseries de nos vieux bâtiments et à l'usage que font, durant plusieurs générations, les « meubles de famille » en bois massif ; rappelons les presque mille ans d'existence des églises norvégiennes en « bois-debout » et les quarante-six siècles de la barque solaire du Pharaon Chéops...

**Les échéances climatiques liées à l'augmentation de l'effet de serre se présentant à relativement court terme au cours du présent siècle, la durabilité naturelle des produits bois est suffisante pour que ceux-ci puissent pleinement jouer un rôle modérateur par séquestration du carbone.**

- c) Si rien n'empêche, par une bonne gestion de la forêt, de déplacer progressivement sa production vers celle de bois d'œuvre ou, à défaut, d'industrie, se pose cependant, pour les forestiers et les acteurs de la filière-bois, la question de la valorisation des bois d'éclaircies, des rémanents d'exploitation, des « petits » bois ainsi que des déchets de l'industrie du bois. L'utilisation énergétique de ces sous-produits de sylviculture et d'industrie est une solution de facilité, d'autant mieux adoptée qu'une opinion répandue veut que ceux-ci rendraient de toute manière, en se dégradant, leur carbone à l'atmosphère. D'autres options sont pourtant possibles<sup>(14)</sup> : que les bois soient « de qualité » ou non, leur composition chimique et leurs caractéristiques physiques autres que mécaniques restent sensiblement les mêmes et ils peuvent donc toujours servir pour des applications diverses et durables : composants de matériaux de construction ou d'isolation thermique ou phonique, matières premières pour la

chimie, etc. Et il faudra bien, un jour, envisager la solution de l'enfouissement des bois jugés impropres à des usages pérennes : les bois enfouis, après une phase de libération de méthane récupérable de la même manière que le biogaz d'origine agricole, conservent pendant des siècles une très forte proportion de leur masse initiale de carbone [49][50][51]. Cette alternative de « pseudo-fossilisation » du bois n'est pas utopique : il suffit d'adapter les mécanismes financiers existants de compensation des émissions de carbone pour ouvrir la voie à ce mode de séquestration quasi-définitive.

**Ainsi le bois, s'il est piètre vecteur d'énergie, peut longtemps, en forêt sur pied ou hors forêt comme matériau, séquestrer le carbone que sa croissance emprunte à l'atmosphère. La forêt, et plus généralement le monde végétal, est, de fait, le seul moyen pratique (et crédible) de géo-ingénierie dont nous disposons actuellement pour compenser, ne serait-ce que partiellement, les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub>, à travers la production de biomasse. Utiliser, pour des besoins énergétiques, du bois qui pourrait avoir d'autres usages, usages durables s'entend, paraît bien être, dans ces conditions, du gaspillage. Aussi, de la même manière que la préférence va au gaz vis-à-vis du pétrole et au pétrole vis-à-vis du charbon, le « principe de substitution » doit-il jouer vis-à-vis du bois pour la production de chaleur.**

### **I-7) La substitution du bois à des combustibles fossiles ne permet pas une réduction des émissions**

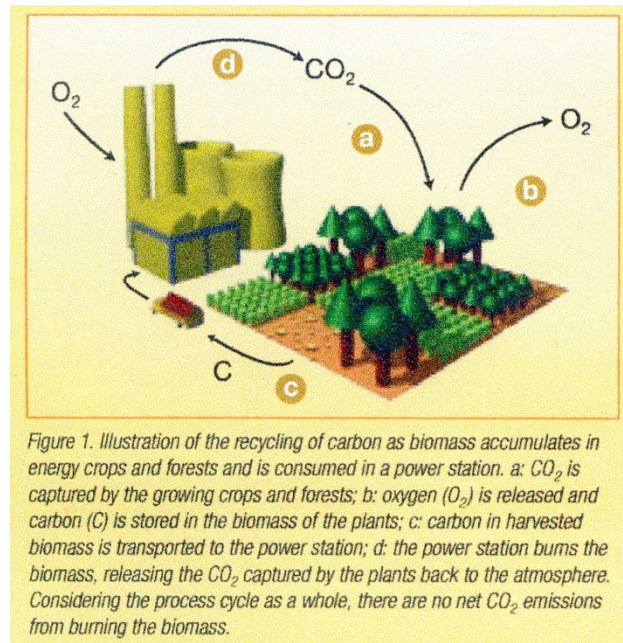
Dans la mesure où le bois peut-être longtemps<sup>(15)</sup> conservé en forêt sur pied ou hors forêt comme matériau, sa formation par photosynthèse contribue directement à la capture du carbone atmosphérique dans une proportion qui est, en moyenne,  $1 \text{ m}^3 \approx 1 \text{ tCO}_2 \approx 0,27 \text{ tC}$ . Prélever du bois en forêt pour des usages énergétiques immédiats réduit le flux de carbone effectivement capturé – 0,27 tC par mètre-cube de bois-énergie consommé – et modifie de manière variable le volume global d'émission selon les options de substitution choisies vis-à-vis d'autres combustibles. L'impact sur l'émission est la différence, qui, a priori, peut être positive ou négative, entre les émissions liées, pour une même énergie produite, à la combustion du bois d'une part, à celle du combustible ou du carburant substitué d'autre part.

Les tableaux I et II de la page 19 montrent que, quel que soit le combustible substitué, les usages énergétiques du bois pèsent défavorablement dans le bilan carbone global : par unité d'énergie thermique produite, si l'émission de CO<sub>2</sub> par combustion du bois est sensiblement la même que celle du charbon, elle est supérieure de 35% et 80% respectivement à celle du fioul et du gaz naturel. La prise en compte des énergies dépensées, et émissions associées, que nécessitent l'exploitation, le transport, la transformation et la distribution des différents combustibles peuvent nuancer ce chiffre sans remettre en cause le classement.

**C'est donc en réalité la substitution au bois-énergie de combustibles fossiles qui permet une réduction des émissions.**

## I-8) Un exemple probant

La figure 5 reproduit la figure 3 b, avec sa légende originale [19]. Cet exemple se veut illustratif de la « neutralité carbone » de la biomasse et de l'avantage qu'il y a par conséquent à utiliser cette biomasse en lieu et place des combustibles fossiles.



**Figure 5 – Illustration de la neutralité carbone de la biomasse utilisée à des fins énergétiques**

(Figure extraite du document [19] avec l'autorisation de IEA Bioenergy Task 38 et de R. Matthews)

Comment se trouverait modifié le bilan carbone, nul selon la légende de la figure 5, si la gestion de la forêt, captive d'une unité de cogénération, était réorientée vers la production de bois d'œuvre ? Certes, il faudrait compter avec des pertes d'exploitation et des déchets de l'industrie du bois, pertes et déchets qui restent utilisables comme combustible dans la centrale. Supposons que 50% en masse de la production forestière soit ainsi directement brûlés, les autres 50% étant réservés à des emplois nobles et durables, stockant du carbone pour de longues années. Alimentons la centrale par du pétrole ou du gaz pour les 50% d'énergie qui lui sont ainsi soustraits et faisons, pour chaque cas, le bilan d'émission de CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire la différence entre la masse de dioxyde de carbone capturée par la croissance ligneuse en forêt et celle qu'émet la centrale dans son fonctionnement. Les résultats figurent dans le tableau IV sous forme littérale puis numérique, en fonction de l'énergie  $W$  annuellement consommée par la centrale (exprimée en tonnes-équivalent-pétrole),  $F_b, F_f, F_g$  représentant les facteurs d'émission du bois, du fioul et du gaz respectivement, avec les valeurs indiquées dans le tableau II (en tonnes de CO<sub>2</sub> par tonne-équivalent-pétrole).

Alors que la forêt capte annuellement  $F_b W$  tonnes de CO<sub>2</sub> selon l'hypothèse de travail de la figure 5, la substitution, pour moitié des besoins énergétiques de la centrale, du fioul au bois ou du gaz au bois permet d'éviter l'émission de  $(F_b - F_f)W/2$  tonnes par an dans le premier cas et de  $(F_b - F_g)W/2$  tonnes dans le second, soit numériquement, en pourcentage de la masse de CO<sub>2</sub> captée par la forêt, 14% et 22,3% respectivement <sup>(16)</sup>. Encore faudrait-il rajouter les émissions



évitées, selon le cas, par la substitution même du matériau bois ainsi préservé aux autres matériaux en usage (comme l'acier par exemple).

Tableau IV : Bilans comparatifs de la capture et de l'émission de CO<sub>2</sub> pour divers cas de substitution de combustibles fossiles au bois

Combustible	Capture	Émission	Bilan (capture-émission)	Émission évitée (en pourcentage)
Bois	$F_b W$	$F_b W$	0	0
50% Bois 50% Fioul	$F_b W$	$(F_f + F_b)W/2$	$(F_b - F_f)W/2$	14%
50% Bois 50% Gaz	$F_b W$	$(F_g + F_b)W/2$	$(F_b - F_g)W/2$	22,3%

( $W$  représente l'énergie requise ;  $F_b, F_f, F_g$  désignent les facteurs d'émission du bois, du fioul et du gaz respectivement)

**Le concept de neutralité carbone de la biomasse, même dans les cas où il peut être justifié, est donc trompeur en ce qu'il occulte, dans les choix de substitution, la possibilité de conserver durablement les bois.**

## I-9) Conclusion I

Mieux vaut pour la planète limiter l'usage du bois-énergie que de le développer :

- La principale menace est un changement climatique global, déjà entamé, dont la cause première est l'émission en excès dans l'atmosphère, du fait de l'activité humaine, de gaz à effet de serre, au premier rang desquels le dioxyde de carbone.
- La forêt, et les produits bois durables qu'on en extrait, contiennent du carbone. Pour l'ensemble de la planète, la masse de carbone « forestier » est de l'ordre de 650 gigatonnes [35 – Table 2.21, p. 45], auxquelles on doit rajouter, pour une dizaine de gigatonnes seulement dans la situation actuelle, la masse de carbone des produits bois en usage ou placés en décharge [48][52]. Le total est comparable à la masse de carbone contenue dans l'atmosphère terrestre toute entière (822 gigatonnes). Or, une diminution du stock de carbone dans la forêt et dans les produits bois s'accompagne nécessairement de l'émission de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère : on mesure ainsi la gravité de toute atteinte au tissu forestier, qu'elle soit d'origine anthropique directe (déforestation, exploitation du bois à des fins énergétiques) ou résultat du changement climatique même (dépérissement des forêts consécutif à des stress thermiques, hydriques et aux problèmes phytosanitaires associés). Au contraire, favoriser l'augmentation de la masse de carbone forestier (à travers l'extension des surfaces des forêts et l'augmentation des volumes sur pied par unité de surface) ou de celle contenue dans les produits bois (en ayant davantage recours au « bois-matériau » et en privilégiant, par la qualité des produits, un allongement de leur durée d'utilisation) permet une compensation partielle des émissions anthropiques.
- Le concept de « neutralité carbone » sur lequel s'appuient les promoteurs des utilisations énergétiques du bois (et de la biomasse en général) pour en montrer l'innocuité est trompeur. Sachant que tout gramme de CO<sub>2</sub> émis en quelque endroit que ce soit de la planète, quelle qu'en soit la source, a le même effet sur le climat, la disparition en fumée

d'un mètre cube de bois qui pourrait être durablement conservé, que celui-ci soit tiré de la forêt amazonienne ou d'une hêtraie ariégeoise, a la même conséquence directe que la combustion de 325 kilogrammes de fioul ou de 405 kg de gaz naturel, pour une énergie délivrée bien moindre (cf. tableaux de valeurs I et II).

- On réfute ainsi l'argument le plus souvent avancé en faveur du bois-énergie, qui est que sa substitution à des combustibles fossiles permet, pour la même énergie fournie, une réduction d'émission de dioxyde de carbone. Les caractéristiques physiques comparées de tous les combustibles usuels (cf. tableaux I et II) montrent que c'est bien la proposition inverse qui est correcte : le bois, de tous, est le plus « mauvais », charbon peut-être excepté.
- On rejoint donc des opinions déjà exprimées par d'autres auteurs à propos des biocarburants, notamment Renton Righelato et Dominick V. Spracklen : « *les décideurs politiques seraient mieux avisés, à court terme (horizon à trente ans), de focaliser leur réflexion sur l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des carburants fossiles, de conserver forêts, landes et prairies existantes, et de les restaurer sur les terres qui ne sont pas indispensables pour l'alimentation* » [53].

\*\*\*\*

## II– La forêt française : cette inconnue...

Les politiques forestières actuelles, en France comme dans d'autres pays développés, prônent une exploitation plus intensive de la ressource ligneuse, pour des raisons diverses relatives au coût de l'énergie, à l'entretien et l'amélioration des peuplements, au rééquilibrage de la balance du commerce extérieur, à l'emploi, à l'aménagement du territoire et l'économie locale, etc., l'argument de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par substitution du bois à d'autres matériaux ou d'autres combustibles étant aussi généralement mis en avant. Ces politiques s'appuient sur le « constat » de l'abondance de la ressource, abondance qui résulterait d'une sous-exploitation chronique depuis des décennies et d'un vieillissement exagéré des massifs forestiers les fragilisant vis-à-vis des aléas climatiques et phytosanitaires. Derrière ces généralités, on perçoit cependant la primauté du souci économique immédiat sur la pérennité de la forêt. L'accent est en effet trop souvent placé sur les utilisations énergétiques du bois – dont la première partie de ce document montre combien elles peuvent être « contre-productives » vis-à-vis de l'effet de serre – ce qui instille le doute et incite à un examen critique des arguments sur lesquels s'appuient ces politiques [4][10][11].

### II-1) Évolution de la forêt française : les chiffres

#### Avertissement

Les données utilisées ci-après sont tirées exclusivement des publications de l'Inventaire forestier national (IFN) afin de garantir, sinon l'exactitude, du moins une certaine homogénéité. D'autres sources sont citées, mais seulement à titre indicatif, sur des points que n'abordent pas les études de l'IFN.

Nombreux sont en effet les pièges que peuvent receler des chiffres dispersés dans la littérature avec insuffisance d'explication :

- La définition de la « forêt » n'est pas la même selon les sources et pour une même source, peut varier dans le temps. Par exemple, dans les statistiques de l'Inventaire forestier national, des origines à l'année 2004, les « bosquets » – formations boisées de surface comprise entre 5 et 50 ares – étaient considérés comme faisant partie des « bois et forêts », mais les peupleraies étaient comptées à part [54 – p. 123]. Depuis 2005, l'IFN a adopté la définition de la forêt donnée par la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) : « espace boisé d'une superficie supérieure à 50 ares, d'une largeur moyenne d'au moins 20 mètres, dans lequel les arbres offrent un couvert de plus de 10% et ont une hauteur supérieure à 5 mètres ou peuvent dépasser ces seuils *in situ* à maturité » [55 – p. 18]. Des différences parfois significatives peuvent être constatées par rapport à d'autres sources de données adoptant des définitions un peu différentes, comme, par exemple, en ce qui concerne les surfaces forestières, l'enquête « Teruti » du Service central des enquêtes et études statistiques (SCEES) du Ministère de l'agriculture et de la pêche, ou, depuis 2004, l'enquête « Teruti-Lucas » avec des critères harmonisés au niveau européen. Les chiffres retenus dans ce document sont ceux avancés par l'IFN pour les « forêts de production » c'est-à-dire les forêts en principe disponibles pour la production de bois, les peupleraies étant toutefois exclues.

- Les méthodes d'inventaire sont différentes selon les organismes qui s'en chargent et ne sont pas immuables, pour un même organisme. Ainsi, l'enquête « Teruti » du SCEES, jusqu'en 2004, puis « Teruti-Lucas » depuis 2005, couvre chaque année l'ensemble du territoire métropolitain par observation directe de sites préalablement déterminés par échantillonnage sur photographies aériennes, en se limitant à un inventaire des surfaces selon la nature de l'occupation des sols. Pour sa part, et jusqu'en 2004, l'IFN a procédé à des inventaires départementaux par sondage statistique, avec une périodicité de 10 à 12 ans pour chaque département (jusqu'à 14 ans pour quelques exceptions), l'inconvénient étant que le regroupement des données départementales ne peut donner une image de la forêt française que pour une année « moyenne » reculée de sept ans par rapport à la date de publication du dernier inventaire disponible [54 – p. 123]. L'IFN a changé de méthode en novembre 2004, substituant aux relevés départementaux tournants un échantillonnage systématique annuel, régulièrement distribué dans l'espace. Pour une plus grande précision, les résultats de tels échantillonnages sont cumulés sur cinq ans avant d'être renouvelés par cinquième chaque année [56 – p. 6]; l'année « moyenne » est alors reculée de trois ans par rapport à celle de publication du dernier inventaire.
- Les définitions des volumes de bois ne sont pas toujours explicites, prenant en compte ou non selon les cas, le volume des branchages, celui des écorces... Les « volumes IFN » correspondent au bois « fort tige » sur écorce, entre le haut de la souche et une découpe fin bout au diamètre 7 cm pour des arbres vivants dont le diamètre à 1,3 m de hauteur est supérieur ou égal à 7,5 cm, le volume des branches étant exclu [57 – p. 4].
- Bien d'autres « subtilités » doivent retenir l'attention dans l'interprétation des données « forestières » de la littérature. L'IFN lui-même donne l'avertissement : « Il convient de garder à l'esprit que les évolutions présentées sont réelles, pour la plus grande part, mais relèvent aussi d'artefacts liés aux choix méthodologiques ; ces évolutions doivent être interprétées uniquement selon les ordres de grandeur » [56 – p.5].

La figure 6 représente graphiquement les variations de la surface forestière de production et du volume de bois sur pied au cours du dernier quart de siècle, d'après les données de l'Inventaire forestier national <sup>(17)</sup>.

La figure 7 montre par ailleurs, toujours d'après les données de l'Inventaire forestier national <sup>(18)</sup>, l'évolution en volume « bois fort » de la production biologique nette (mortalité déduite, graphique a) et celle des prélèvements (graphique b, tracé continu). Ceux-ci sont estimés par différence entre la production biologique annuelle nette et l'augmentation annuelle du volume sur pied qui, étant sensiblement constante sur la période considérée (1980-2010), est prise en valeur moyenne ( $\approx 25,3$  Mm<sup>3</sup>/an, cf. fig. 6b). La méthode utilisée fait que les prélèvements ainsi déterminés incluent, outre les volumes de bois exploités (bois d'œuvre, bois d'industrie, bois de feu), les pertes d'exploitation et les destructions par incendie ou tempête.

Les graphiques des figures 6 et 7 doivent être interprétés en tenant compte d'une incertitude de quelques pour-cent sur les quantités qu'ils représentent, à l'exception de celui concernant les prélèvements, davantage imprécis car il s'appuie sur des valeurs obtenues de manière indirecte (par différence, cf. alinéa précédent). L'estimation de ces prélèvements est néanmoins plus sûre que ce que permettent d'inférer les statistiques « officielles » de commercialisation des bois car les parts de l'autoconsommation des propriétaires forestiers, de « l'économie souterraine », et des pertes d'exploitation ne sont connues qu'en ordre de grandeur. On a cependant reporté sur le graphique 7b (triangles rouges) les valeurs obtenues par sommation de telles données [54 – p. 52] (cf. note <sup>(18)</sup> pour l'année 2006) : il n'y a pas désaccord, ce qui permet de souligner la cohérence de l'ensemble des résultats d'inventaire de l'IFN, tels qu'ils sont ici compilés.

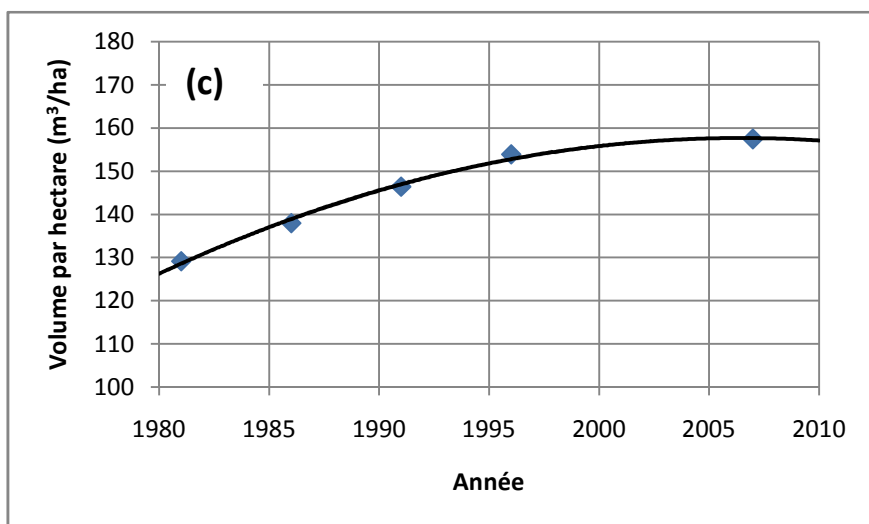
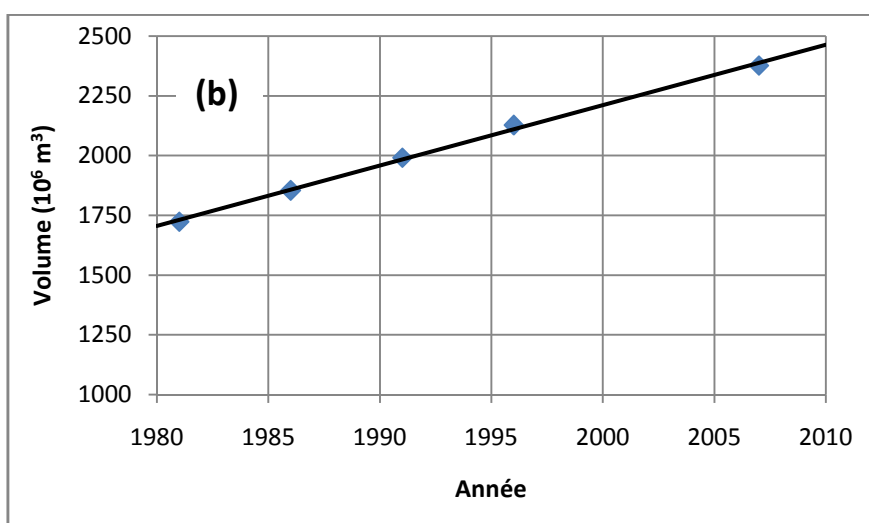
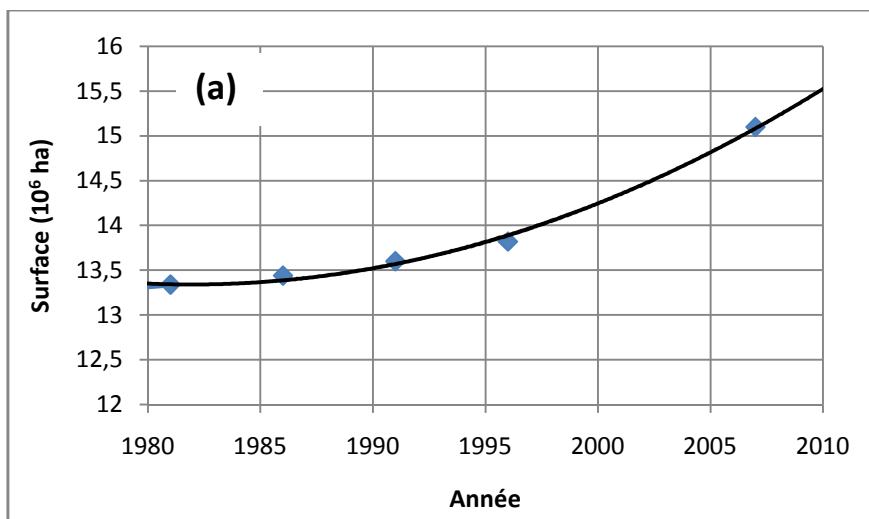
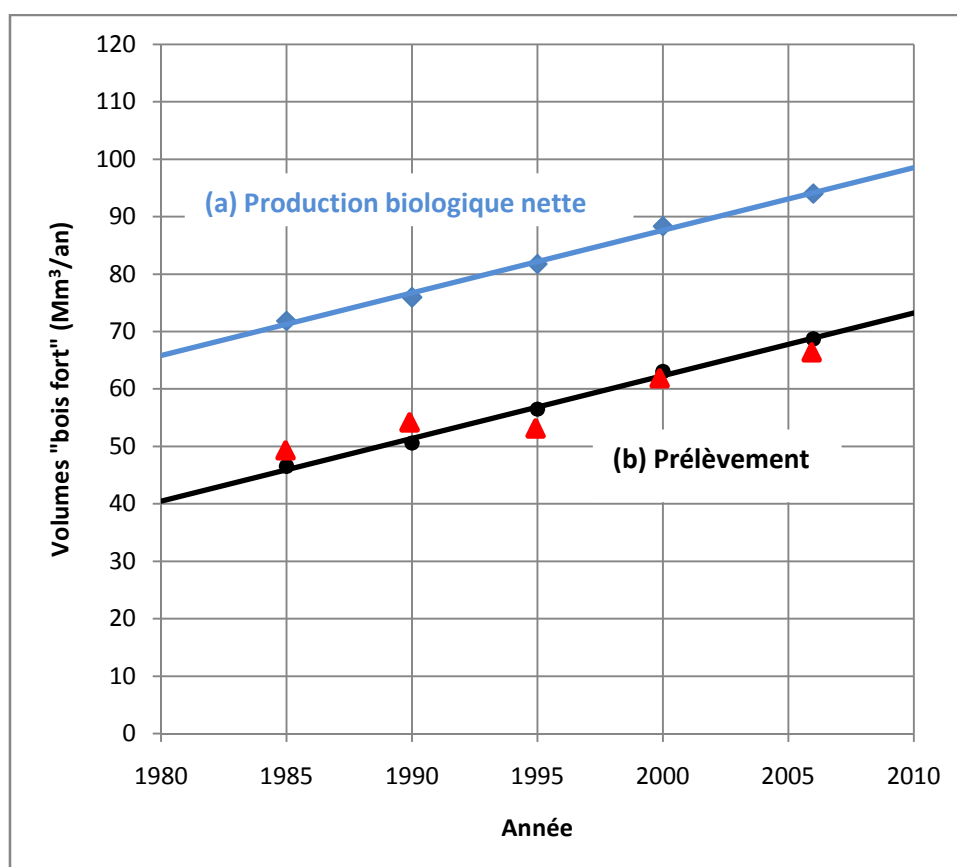


Figure 6 : Évolutions de la surface forestière de production (a), du volume total de bois sur pied (b) et du volume par hectare (c) <sup>(17)</sup>

La linéarité des évolutions du volume de bois sur pied, de la production annuelle nette, du volume de bois annuellement prélevé, observées sur le dernier quart de siècle, est tout à fait remarquable : elle autorise des projections crédibles sur une période de temps comparativement courte, sauf bouleversement de nature technique, économique, climatique, ou phytosanitaire. Ainsi, le volume de bois fort sur pied et la production nette devraient s'établir, en 2010, à 2450 Mm<sup>3</sup> et 98,5 Mm<sup>3</sup>/an, respectivement, et pourraient s'élever en 2020, année phare des objectifs gouvernementaux, à environ 2700 Mm<sup>3</sup> et 109 Mm<sup>3</sup>/an.



**Figure 7: Évolutions annuelles de la production biologique nette de « bois fort » et du volume prélevé <sup>(18)</sup>**

Du point de vue de la production ligneuse utile, encore faut-il tenir compte du volume des branches, non compris dans ceux des « bois forts ». Les volumes totaux peuvent être évalués à partir des volumes « bois fort » par application d'un « facteur d'expansion de branches » pour lequel la littérature propose des valeurs très dispersées. Dans ce qui suit, nous retiendrons l'évaluation « Carbofor » de 1,61 pour les feuillus et 1,33 pour les résineux [62 – p. 64]. Selon les estimations de 2005 de l'IFN, les essences résineuses et feuillues interviennent pour 37% et 63% dans les volumes « bois fort » sur pied mais pour 45% et 55% respectivement dans la production de ce même bois fort [63 – pp. 58 et 59], proportions qui ne doivent pas sensiblement varier sur un court terme. Il est alors facile d'établir que le facteur d'expansion global (feuillus et résineux) à retenir pour l'évaluation du volume aérien ligneux est de l'ordre de 1,5 aussi bien pour le volume sur pied que pour la production. Ainsi, le volume total sur pied et la production nette, branches comprises peuvent être

évalués, pour l'année 2010, à 3700 Mm<sup>3</sup> et 146 Mm<sup>3</sup>/an et devraient s'élever en 2020 à environ 4000 Mm<sup>3</sup> et 162 Mm<sup>3</sup>/an respectivement. Ces chiffres doivent certainement être affectés d'une marge d'erreur importante, notamment en raison de l'incertitude pesant sur la valeur retenue pour le facteur d'expansion de branches.

## **II-2) La forêt française est-elle (globalement) sous-exploitée ?**

Après le rapport « Bianco » qui a été à l'origine de la loi d'orientation forestière de juillet 2001 [64], se sont accumulés des textes de propositions de mise en valeur de la forêt et d'utilisation de son bois, avec des objectifs aussi bien économiques qu'environnementaux. Les auteurs ont eu sous les yeux les données chiffrées récapitulées plus haut, mais les conclusions qu'ils en ont tirées quant à l'évolution de la forêt française et son état présent soulèvent le doute. Notamment, le fait que le prélèvement de bois en forêt soit inférieur à la production biologique nette est généralement considéré comme « *la preuve d'une sous-exploitation coupable, conduisant à une capitalisation inutile de bois sur pied et à un vieillissement global de nos massifs forestiers* ». Tel est effectivement le principal argument des promoteurs d'une mobilisation accrue de la ressource forestière, notamment pour des usages énergétiques. Il est difficile de juger de la valeur de cet argument en l'absence de critères diagnostiques clairement énoncés de sur- ou sous-exploitation. Dans une perspective restreinte à la seule production en volume, on peut assez facilement se rallier à l'idée que supposant bien établies les conditions de gestion conduisant à un optimum de production biologique, la sur- ou la sous-exploitation est déterminée par un prélèvement respectivement supérieur ou inférieur à cet optimum. Les choses sont plus complexes dès que l'on fait intervenir des stratégies d'amélioration qualitative de cette production ou des considérations relatives aux autres fonctions de la forêt, dont celle, notamment, de capture et de séquestration du carbone atmosphérique. Les remarques qui suivent sont donc davantage des mises en question des thèses communément admises que des réfutations formelles.

### **a) L'appréciation du niveau des prélèvements**

Rapport « Ballu » [10 – p. 11] : « *On n'utilise que la moitié de la production bois fort* ».

Rapport « Puech » [11 – p. 6] : « *En un quart de siècle, alors que la production biologique de la forêt française progressait de plus de 30%, la récolte, restée stable comme la demande, a donc connu un recul relatif d'environ 30%* ».

Les graphiques de la figure 7 montrent qu'au cours de ce dernier quart de siècle, le volume de bois fort prélevé annuellement est passé, en proportion de la production biologique nette, d'environ 60 % au début des années 1980 à près de 75 % aujourd'hui. Même si, en raison même de leur mode de calcul, ces pourcentages intègrent les « pertes d'exploitation », l'appréciation des auteurs cités ne paraît pas fondée.

### **b) La capitalisation de bois sur pied**

L'augmentation annuelle moyenne du volume de bois sur pied (bois fort) est d'environ 25 millions de mètres cubes soit un peu plus du quart, aujourd'hui, de la production biologique nette. La « capitalisation » est donc indiscutable.

Rapport « Ballu » [10 – p. 12] : « Dans une forêt parfaitement équilibrée, le niveau d'exploitation idéal correspond donc à l'accroissement biologique de celle-ci »

Cette proposition affirme que, dans un régime d'exploitation idéal, la production forestière nette devrait être entièrement prélevée. Or, la capitalisation de bois sur pied n'est pas, en soi, un critère d'insuffisance des prélèvements :

- Une gestion « en bon père de famille » de tout placement doit être attentive à la capitalisation d'une partie des intérêts pour permettre à terme de plus grands profits. Le parallèle avec la gestion forestière est évident. Imaginons que le niveau des prélèvements de bois soit globalement hissé à celui de l'accroissement biologique net, comme le souhaitent certains. Une telle mesure, prise au début du vingtième siècle aurait maintenu le volume de bois sur pied et la production annuelle à leurs valeurs d'alors, soit, respectivement, environ 800 Mm<sup>3</sup> (estimation de l'auteur, sous réserve) et 23 Mm<sup>3</sup>/an (statistique Daubrée de 1908-1913 citée dans la référence [54 – p. 52]), chiffres qu'on s'accorderait à considérer aujourd'hui comme dramatiquement faibles.
- Au contraire, les projections pour 2020 autorisées par la linéarité, constatée jusqu'à présent, des variations du volume de bois sur pied et de la production biologique indiquent à cette date une possibilité de prélèvement « bois fort » en augmentation de 14 millions de mètres cubes par an par rapport au chiffre de 2007, sans qu'il soit nécessaire d'encourager artificiellement la « mobilisation » de bois (cf. l'évolution du volume prélevé représentée sur la figure 7b). Cette augmentation « naturelle » de disponibilité correspond, même s'il faut en déduire les pertes d'exploitation, à une bonne part du chiffre de prélèvement fixé comme objectif (+21 Mm<sup>3</sup>/an en 2020 par rapport à 2007).
- Laisser « filer » l'augmentation du volume de bois sur pied, favorise positivement le bilan carbone. Sachant qu'un mètre cube de bois contient statistiquement environ 280 kilogrammes de carbone correspondant à une tonne de dioxyde de carbone capté, ce sont 25 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> qui sont « empruntées » annuellement à l'atmosphère par la seule augmentation du volume de « bois fort » sur pied. Or, la quantité de carbone stockée dans le « bois fort » ne représente que la moitié environ de celle contenue dans la biomasse aérienne et souterraine (branchage, feuillage, racines, sous-étage, litière) [68 – fig.5]. Aussi est-on conduit, sans même tenir compte des variations du stock de carbone représenté par la matière organique diffusée dans le sol même, à estimer que la forêt française fixe *sur place*, au minimum, 50 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> chaque année, compensant ainsi plus de 13% de nos émissions de ce gaz à effet de serre (365 millions de tonnes, chiffre estimé pour 2009 [61 – p. 34]. Cette fonction de rétention du carbone qu'assure la forêt cesserait évidemment dans l'hypothèse d'un ajustement des prélèvements à la production biologique. Il est vrai que l'accroissement actuel du volume de bois sur pied ne saurait être prolongé indéfiniment et qu'un équilibre devra finalement être trouvé entre production biologique et prélèvement, sauf augmentation des surfaces boisées. Les conditions de cet équilibre restent à déterminer mais elles correspondent certainement à des volumes sur pied, et aussi des



volumes de prélèvement, bien supérieurs à ceux qui sont observés aujourd’hui (cf. les projections permises par les graphiques des figures 6 et 7 et les remarques ci-après).

### c) Le vieillissement de la forêt française

Conseil général de l’agriculture, de l’alimentation et des espaces ruraux [65] : « *La divergence croissante entre production et récolte entraîne une surcapitalisation qui s’aggrave dans la forêt française depuis un demi-siècle, plus marquée en certains endroits, un vieillissement et donc un début de perte de production de matière* ».

On ne peut, à partir des données d’inventaire récapitulées plus haut, affirmer un tel diagnostic global. Au contraire, la division du volume sur pied par le volume annuellement soustrait représente un « temps » qu’on peut interpréter comme la « durée moyenne de résidence du bois vif en forêt » ou encore la « période de rotation du volume ligneux ». Ce « temps » – 35 ans – n’a guère varié, au cours des dernières décennies, que dans une étroite fourchette de  $\pm 2$  ans. Autrement dit, si on projette dans l’avenir les données actuelles, le « stock » de bois sur pied ne représente que le volume de 35 années d’exploitation<sup>(19)</sup>. Et dans l’hypothèse d’un prélèvement égal à la production biologique nette, ce temps tomberait à la valeur étonnamment faible de 25 ans, lui aussi remarquablement constant, à l’année près, tout au long du dernier quart de siècle (figure 8). On peut donner à ce chiffre de 25 ans une signification mathématique précise : il s’agit de la constante de temps de la croissance exponentielle que connaîtrait le volume de bois sur pied si l’on arrêta subitement toute exploitation, toutes choses restant égales par ailleurs (figure 9). Cette interprétation, à elle seule, infirme le jugement d’une forêt globalement vieillissante si l’on se réfère à l’allure sigmoïdale de la croissance en volume des peuplements forestiers [66 – pp. 107 et 108].

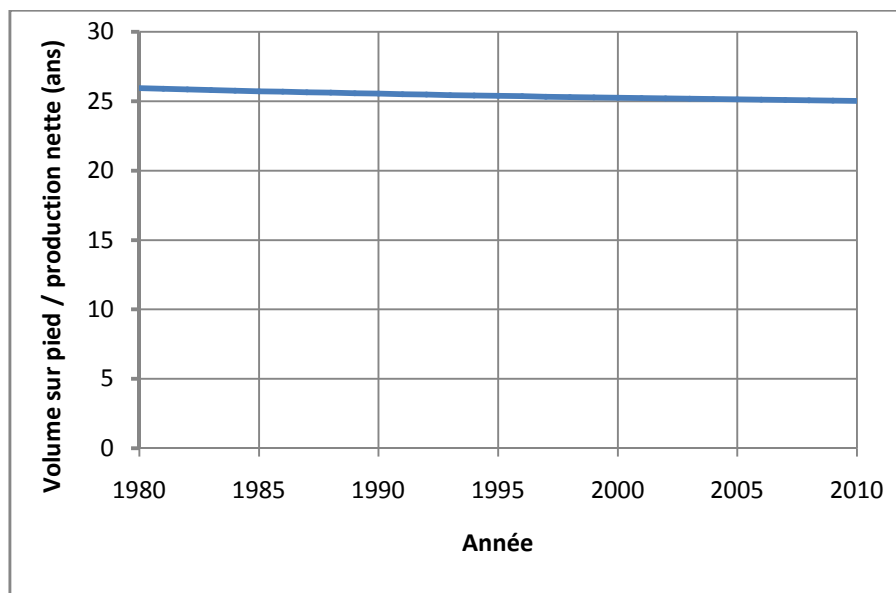
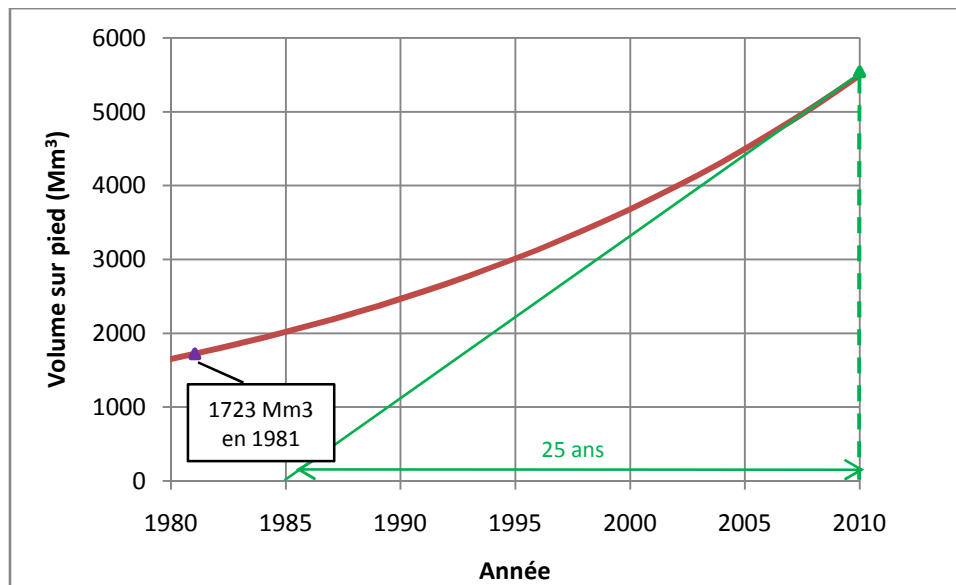


Figure 8 : Rapport du volume de bois sur pied à la production biologique annuelle nette



**Figure 9 : Évolution théorique du volume de bois sur pied dans l'hypothèse d'une cessation de l'exploitation à partir de 1981**

D'autres « indices » viennent appuyer l'hypothèse d'une forêt française plutôt jeune dans son ensemble, à forte dynamique de croissance :

- Le taux annuel moyen de mortalité naturelle des arbres dans les cinq cents placettes surveillées par le Département de santé des forêts est de l'ordre de 0,2 à 0,4%, hors conditions climatiques exceptionnelles (canicule de 2003, par exemple) [67]. En l'absence de statistiques détaillées par essence et par tranche d'âge, il n'est possible de tirer de ce taux qu'une grossière estimation de l'espérance de vie moyenne des arbres actuellement vifs : plusieurs siècles ! L'ordre de grandeur ne peut être celui d'une forêt vieillie...
- Si, en l'absence de prélèvements, on laissait les forêts – feuillues aussi bien que résineuses – évoluer vers la situation où la mortalité équilibre la production biologique, le volume moyen de bois sur pied serait compris, dans notre pays, entre 500 et 1000 m<sup>3</sup>/ha [9 – p. 8]. Cette fourchette est crédible : des chiffres de 600 m<sup>3</sup>/ha à 900 m<sup>3</sup>/ha sont, par exemple, relevés pour des futaies mélangées dans l'arc alpin [68 – p. 14], et les tables de production pour les principales essences forestières françaises (chênes, hêtre, châtaignier..., pin maritime, pin sylvestre, épicéa, sapin pectiné, douglas... ) projettent, si on admet la loi empirique de Eichhorn, des valeurs parfois supérieures [66 – pp. 108 et 209-348]. Même si on tient compte de l'étendue de nos forêts méditerranéennes, moins avantageées, la disproportion, vis-à-vis de ces chiffres, du volume moyen de bois sur pied rapporté à l'hectare de forêts de production ( $\approx 160$  m<sup>3</sup>/ha) ne peut que frapper.
- En relation avec le point précédent, on doit souligner, comme le fait par ailleurs l'Association Pro Silva [69], que le volume moyen de bois par hectare de forêt en France est le plus faible de tous les Pays de l'Europe tempérée (France : 162 m<sup>3</sup>/ha, Allemagne : 315 m<sup>3</sup>/ha, Belgique : 248 m<sup>3</sup>/ha, Suisse : 345 m<sup>3</sup>/ha, Autriche : 292 m<sup>3</sup>/ha, Pays-Bas : 192 m<sup>3</sup>/ha, Danemark : 199 m<sup>3</sup>/ha, Hongrie : 177 m<sup>3</sup>/ha, Pologne : 219 m<sup>3</sup>/ha, Lituanie : 218 m<sup>3</sup>/ha, Slovénie : 332 m<sup>3</sup>/ha, etc., selon des données récentes de la FAO [35 – pp. 268 et 269]).

- D'après l'IFN, les arbres de diamètre supérieur à 55 cm ne représentent que le dixième environ du volume « bois fort » sur pied [54 – p. 24]. Il est d'ailleurs symptomatique que l'IFN considère déjà comme « gros bois » les arbres dont le diamètre est supérieur à 47,5 cm à 1,3 m du sol [69 – p. 1] <sup>(20)</sup>. Il serait aujourd'hui impossible d'approvisionner les chantiers de marine selon les conceptions du XVII<sup>ème</sup> siècle !

#### **d) La « sous-exploitation » de la forêt française**

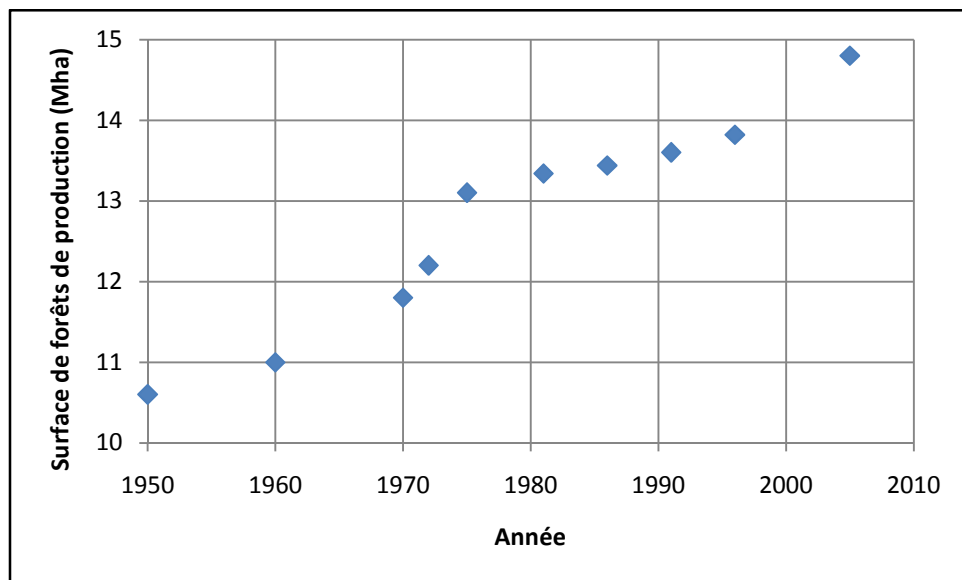
Rapport « Leroy » [3 – p. 4] : « *Le constat d'une forêt française sous-exploitée est aujourd'hui largement partagé* ».

Les remarques qui précèdent infirment le constat : la forêt française est, dans son ensemble, jeune, en phase de croissance dynamique et la proportion des prélèvements vis-à-vis de la production biologique, en moyenne des 2/3 sur le dernier quart de siècle, ne permet nullement de conclure à une « sous-exploitation » générale. En effet, cette proportion étant obtenue en rapportant le volume des prélèvements à l'accroissement biologique net global, non à celui des forêts *exploitables*, peut masquer de fortes disparités locales, surexploitation dans certains massifs, sous-exploitation dans d'autres.

Les considérations suivantes viennent ainsi relativiser cette antienne d'une « sous-exploitation » de la forêt française :

- La surface forestière a augmenté de manière importante au cours des récentes décennies comme le montre la figure 10 établie à partir des reconstitutions de B. Cinotti [70] et des inventaires de l'IFN [cf. graphique 6a]. L'accroissement est de près de 40% sur le dernier demi-siècle, plus de 10% sur les derniers 25 ans. Les nouveaux peuplements, qu'ils soient issus de plantations feuillues ou résineuses, ou résultant simplement des accrues accompagnant la déprise agricole, sont donc encore jeunes, et contribuent de manière certainement significative, sinon au total du volume de bois sur pied, au moins au taux d'accroissement de celui-ci, alors que ces peuplements ne sont pas mûrs pour être exploités [69]. La pure arithmétique {volume prélevé/production biologique nette} devrait être affinée en tenant compte du taux d'augmentation de la surface forestière et de la maturation des peuplements.
- Les difficultés techniques, liées notamment à la pente et à l'accessibilité, font qu'une partie des peuplements restent inexploitable. L'IFN distingue quatre classes d'exploitabilité : facile, moyenne, difficile, très difficile, auxquelles correspondent des pourcentages de volumes ligneux sur pied estimés, en 2004, à 61,7% 10,2% 26,7% 1,4% respectivement [54 – p. 54]. En admettant que ces pourcentages s'appliquent aussi à la production biologique annuelle, et en retenant les estimations du Cemagref pour la proportion de volume effectivement exploitable dans chaque classe : 100% (facile), 80% (moyenne), 30% (difficile), 0% (très difficile) [71 – p. 18], on est conduit à appliquer un coefficient de *réfaction* – terminologie du Cemagref – de l'ordre de 0,8 à la production (soit 20% non récoltable).

- Une forte proportion des « petites » propriétés forestières (essentiellement privées) sont à l'abandon par désintérêt des propriétaires, par déshérence, ou parce que les conditions techniques ou économiques de l'ouverture de trop petits chantiers (entretiens, coupes, reconstitution des peuplements) ne peuvent être réunies. C'est le cas de la majorité des 2,3 millions de propriétés de moins de un hectare, dont la surface cumulée représente 5% de la surface forestière totale [54 – p. 93], et d'une partie au moins des 670 000 propriétés de surfaces comprises entre un et quatre hectares – souvent très morcelées – comptabilisées pour 1,4 millions d'hectares soit près de 10% du couvert forestier [72 – p. 6] <sup>(21)</sup>. En ne retenant que la moitié des surfaces concernées, soit 7,5% du total, on minorerait encore certainement la proportion de forêts délaissées. Cette estimation est confortée par des statistiques publiées par la Forêt privée française [73 – p. 11], selon lesquelles 23% des propriétaires possédant ensemble 13% de la surface forestière privée – 9,5% du total – ne sont jamais présents sur leur propriété.



**Figure 10 : Évolution de la surface des forêts de production en France ([71] et figure 6a)**

- Enfin, ne peuvent être exploitées dans les conditions ordinaires des forêts et autres terres boisées à fonction de protection des sols et des eaux, des paysages et de la biodiversité. La surface concernée représente environ 20% du total [54 – pp. 84, 85 et 88]; les modalités de gestion de ces peuplements, variables entre l'absence totale d'intervention et la conservation ou la protection active, ont un impact certain sur les volumes exploitables, mais non chiffré à notre connaissance. Il faudrait aussi considérer le cas de boisements, parfois étendus, pour lesquels les objectifs des propriétaires sont autres que la production : chasse, cueillette, promenade, sport, naturalité, paysage, conservation patrimoniale, rêve... ; ces propriétaires sont souvent réfractaires à toute opération sylvicole perturbante.

Même s'il y a des redondances dans cet inventaire, nombre de parcelles forestières pouvant relever de plusieurs des catégories ci-dessus, l'idée suivante s'impose : si les prélèvements représentent en

volume, de l'ordre des 2/3 de la production biologique nette totale « bois fort » des forêts françaises, la proportion est en réalité bien supérieure si on se réfère à la production du domaine exploitable. En clair, là où elle est exploitée, la forêt française subit déjà probablement des prélèvements qui peuvent localement approcher, voire dépasser la production biologique. Selon le Cemagref, ce pourrait être le cas, à l'échelle régionale, du massif Landais (avant même la tempête « Klaus ») et de la Normandie [8 – p. 24].

L'équilibre pourrait certes être rétabli, localement et globalement, si étaient rendus à une sylviculture active et une exploitation mesurée, les boisements difficiles d'accès ou abandonnés par leurs propriétaires. Cela nécessite d'une part un ensemble de réformes fiscales et foncières engageant le remembrement de la forêt privée et la constitution d'unités de gestion techniquement et économiquement viables, d'autre part des aménagements routiers pour l'accès aux massifs forestiers de véhicules lourds. Il est peu probable que ces conditions puissent être remplies à court terme, ce qui fait craindre que ne perdure l'exploitation inconsidérée des forêts les plus facilement accessibles.

### **II-3) Disponibilité effective de bois pour de nouveaux usages**

En conséquence des remarques qui précèdent, considérer l'augmentation des volumes sur pied comme une « disponibilité », sur des bases strictement comptables, peut induire de graves erreurs stratégiques dans l'orientation de la production forestière.

Selon les données de l'IFN (paragraphe II-1), l'extrapolation pour 2020 des principales variables d'évolution de la « forêt de production » promet, si n'interviennent pas, d'ici-là, de bouleversements techniques, économiques, climatiques ou phytosanitaires (« *business as usual* »), un accroissement des volumes susceptibles d'être prélevés, mesurés en « bois fort », pertes d'exploitation incluses, de 14 Mm<sup>3</sup> par an, par rapport à l'année 2007. Or, l'objectif gouvernemental porte, entre les mêmes dates sur une augmentation des prélèvements de 21 Mm<sup>3</sup> par an dont 12 Mm<sup>3</sup> pour la production d'énergie, bois fort également<sup>(22)</sup> mais hors pertes d'exploitation<sup>(23)</sup>. Aussi est-il hautement probable que cet objectif purement quantitatif, implique une nette réduction du taux annuel d'augmentation du volume de bois sur pied, donc de l'efficacité du puits de carbone forestier, ou même un « déstockage » dans les forêts régulièrement exploitées. Une telle hypothèse de « déstockage » est effectivement envisagée dans les rapports « Ballu » [10 – pp. 11, 19-21, 23] et « Puech » [11 – pp. 17 et 37], au motif spécieux<sup>(24)</sup> d'augmenter la résilience de la forêt vis-à-vis des aléas climatiques, même si ce déstockage est absolument contraire aux objectifs de lutte contre l'augmentation de l'effet de serre affichés par ailleurs.

### **II-4) L'illusion du bois-énergie**

À l'option quantitative résumée dans le paragraphe précédent, une option « qualitative » de gestion forestière semble préférable ; celle-ci consiste, par des pratiques sylvicoles appropriées, à déplacer progressivement la production vers celle de bois d'œuvre (durable) ou, à défaut, d'industrie, au détriment des utilisations purement énergétiques<sup>(25)</sup>. Car enfin, la question principale est bien celle-ci : les attendus du volet « bois-énergie » de l'actuelle politique forestière sont-ils réellement fondés ?

Nous avons montré, dans la première partie de ce document, combien il était vain de vouloir faire de la forêt un gisement d'énergie sans occulter son rôle de puits de carbone, rôle pourtant essentiel dans la limitation de l'effet de serre et la prévention de changements climatiques incontrôlables. Nous rajoutons deux arguments, cette fois dans le contexte français, qui montrent que quand bien même on passerait outre, le jeu n'en vaudrait pas la chandelle...

### **a) Le rendement des espaces forestiers dans le captage de l'énergie solaire**

La forêt utilise l'énergie solaire pour sa croissance (photosynthèse) et convertit donc de l'énergie radiative en énergie chimique qui est stockée dans le bois.

Actuellement (2010), les quelque 15 millions d'hectares de forêts produisent un volume ligneux (branches comprises) qu'on peut estimer à 146 Mm<sup>3</sup>/an soit environ 82 millions de tonnes par an. Ramené à la surface de forêt, ce dernier chiffre correspond à une production de 5,4 tonnes par hectare et par an.

Le bois anhydre ayant un pouvoir calorifique (PCI) de 18 gigajoules par tonne, valeur sensiblement indépendante de l'essence (cf. tableau I), l'énergie solaire convertie en énergie chimique stockée dans la matière ligneuse est d'environ 98 GJ/ha/an. Sachant que l'énergie du rayonnement solaire distribuée annuellement sur le sol sous nos latitudes tempérées est  $4,5 \times 10^9$  joules par mètre carré ou  $45 \times 10^{12}$  joules par hectare (valeur moyenne pour la France [75]), il est facile de calculer le rendement de la conversion : celui-ci est de l'ordre de  $2 \times 10^{-3}$  (deux pour mille !).

Il s'agit d'un rendement brut, abstraction étant faite de la proportion de biomasse effectivement récoltable, des coûts énergétiques de la récolte, du conditionnement, du transport et de la mise à disposition du combustible, et aussi du rendement de conversion en chaleur utile ou en électricité. Le rendement net (énergie finale) est assurément bien plus faible, nettement inférieur à  $10^{-3}$  (estimation de l'auteur).

Ce rendement, qu'il soit brut ou réel, paraît très faible, comparé à celui d'autres moyens de conversion d'énergie solaire : de l'ordre de 5% pour l'électricité solaire thermodynamique en climat français, de 10% à 15% pour l'électricité solaire photovoltaïque, de 30 à 60% et plus pour le chauffage solaire passif [76]. Même si la comparaison est critiquable en raison des natures différentes des énergies produites et des technologies mises en œuvre, la disproportion des ordres de grandeur est frappante. Par contre un avantage indéniable du bois réside dans le stockage naturel de l'énergie captée.

La sylviculture de taillis à très courte rotation (saule – périodicité de 3 à 4 ans) ou à courte rotation (eucalyptus, peuplier – périodicité de 7 à 10 ans), qui fait le pont entre l'agriculture et la foresterie, permettrait certes de parvenir à une production annuelle de matière ligneuse par hectare nettement plus importante que la moyenne constatée pour l'ensemble de la forêt, jusqu'à vingt tonnes de matière sèche [77]. Le rendement de conversion d'énergie solaire en « énergie biomasse » peut alors atteindre, sur les surfaces concernées par ce type de gestion, la valeur de  $8 \times 10^{-3}$  (brut), soit de l'ordre de quelques  $10^{-3}$  lors de l'utilisation (net), ce qui ne modifie pas fondamentalement le problème.

## **b) La production de la forêt française comparée aux besoins énergétiques du pays.**

Partant des données du paragraphe II-1, et compte tenu des résultats qui précèdent, la forêt française, avec un volume ligneux vif de 3700 Mm<sup>3</sup> et une production de 146 Mm<sup>3</sup>/an, valeurs estimées pour l'année 2010, représente une masse combustible d'environ 2 gigatonnes et produit annuellement 82 millions de tonnes, ce qui représente un gisement d'énergie de 37x10<sup>18</sup> joules et une génération de 1,45x10<sup>18</sup> J/an. En termes de tonnes-équivalent-pétrole (tep), unité non légale mais usitée (1 tep = 41,87 gigajoules), ces chiffres se convertissent en :

Bois sur pied (stock): 890x10<sup>6</sup> tep  
Production annuelle : 35x10<sup>6</sup> tep/an

Ces chiffres font rêver quelques utopistes des usages énergétiques de la biomasse. Cependant, la comparaison de la production énergétique annuelle de la forêt à la consommation nationale d'énergie primaire – de l'ordre de 260x10<sup>6</sup> tep (chiffre de 2009 [61 – p. 9]) montre que, quand bien même toute la production ligneuse de la forêt française serait consacrée à satisfaire des besoins énergétiques, ce ne pourrait être qu'à hauteur de 13% du total nécessaire !

De manière plus concrète, l'augmentation prévue de 12 Mm<sup>3</sup>/an (« bois fort », soit 18 Mm<sup>3</sup>/an branchages compris) du prélèvement de bois pour l'énergie en 2020, avec l'année 2007 pour référence, représente un apport énergétique supplémentaire maximum de 4,3x10<sup>6</sup> tep, soit seulement 2,4 % des besoins nationaux prévisibles à cette époque (182 Mtep selon nos engagements européens de réduction de 20% par rapport à 1990), et ce, au prix d'une gestion forestière déséquilibrée, d'une réduction relative des usages durables du bois, économiquement plus utiles, et d'une moindre efficacité de la forêt dans sa fonction de puits de carbone.

Les deux remarques a) et b) suffisent à relativiser l'importance de la ressource forestière dans la problématique énergétique du Pays.

## **II-5) CONCLUSION II**

Il n'est pas dans l'intention de l'auteur de contester l'usage raisonné du bois de feu, notamment en milieu rural, ni d'inciter quiconque à se priver de flambées festives, non plus que de recommander de laisser vieillir nos forêts en l'état. Mais il convient de prévenir les abus et les dérives d'une promotion irréfléchie du « bois-énergie » qui affecteraient les rôles fondamentaux (économique, environnemental, social...) de la forêt, qui seraient contre-productifs au plan de la limitation de l'effet de serre, poseraient même des problèmes de santé publique, sans nécessairement conduire à des gains réels aux plans de l'emploi ou du commerce extérieur<sup>(26)</sup>. Tout est question de bon sens et de mesure...

Les utilisations énergétiques du bois à échelle industrielle (réseaux de chaleur, fabrication de biocarburants, cogénération chaleur-électricité) sont des réponses inappropriées aux problèmes posés de disponibilité énergétique et de limitation des émissions de dioxyde de carbone, pour des raisons d'ordre de grandeur (paragraphe II-4), de bilan carbone défavorable vu de l'atmosphère terrestre (premier volet de ce document) et de compatibilité avec le maintien d'un tissu forestier sain et productif (second volet). D'une part il est facile de comprendre que toute augmentation de

prélèvement de matière ligneuse pour des usages non durables n'est possible, sans émission nette de dioxyde de carbone, que si les volumes de bois sur pied dans les forêts ou accumulés dans des produits bois durables s'accroissent simultanément des mêmes quantités : promouvoir la consommation de bois-énergie sans avoir anticipé sa production est donc, de ce point de vue, inconséquent. D'autre part une gestion forestière orientée vers des objectifs purement quantitatifs (c'est bien évidemment le cas pour la production de bois-énergie), ne peut avoir qu'un impact négatif sur les productions de qualité (durables) comme le montre la persistante dégradation du tissu forestier pyrénéen, résultat des abus d'une production de charbon de bois dans les siècles passés.

La prudence s'impose donc et, si l'atténuation de l'effet de serre est bien une priorité, l'exploitation des forêts doit rester sage, soumise à une gestion sylvicole attentive à la dynamique de croissance des peuplements existants, à la production prioritaire de bois d'œuvre, à l'extension des surfaces de forêts et à la préservation du contenu des sols en carbone. Rappelons encore que la matière ligneuse conservée (bois d'œuvre, de menuiserie, d'ébénisterie... ou, à la limite, enfouie) constitue un moyen pratique de séquestration de CO<sub>2</sub> suffisamment durable pour modérer un temps l'accroissement de l'effet de serre. L'objectif, en ce qui concerne la forêt, devrait donc être d'améliorer sa fonction de puits de carbone plutôt que celle de pourvoyeuse d'énergie.

\*\*\*\*



## Références bibliographiques

- [1] « La consommation primaire totale de bois-énergie », DGEMP, Observatoire de l'énergie, ADEME. Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, Ministère de l'économie, des finances et de l'emploi, 29 octobre 2007.
- [2] « La valorisation de la biomasse », guide d'information à l'attention des administrations et des établissements publics. Mission de coordination interministérielle pour la valorisation de la biomasse, ADEME, mars 2007.
- [3] Grenelle de l'environnement, Comité opérationnel n°16 « Forêt », Rapport au Ministre d'État, Ministre de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables et au Ministre de l'Agriculture et de la Pêche, présenté par le Sénateur Philippe Leroy, mars 2008.
- [4] Nicolas Sarkozy : « Discours de M. le Président de la République sur le développement de la filière bois », Urmatt, 19 mai 2009.
- [5] Inventaire forestier national : « Bois-énergie, les forêts ont de la ressource ... à mobiliser », l'IF, n°24, 1<sup>er</sup> trimestre 2010.
- [6] « De la forêt à votre foyer, le chauffage au bois », plaquette d'information de l'ADEME, juin 2007.
- [7] « Le bois-énergie », Dossier n°06, Office National des Forêts, septembre 2007.
- [8] C. Levesque, P. Vallet, C. Ginisty : « Biomasse forestière disponible pour de nouveaux débouchés énergétiques et industriels », Convention DGFAR/Cemagref n°E19/06, Partie 1 : Analyse et synthèse des études existantes recensées au niveau national, Rapport final, Octobre 2007.
- [9] « La filière bois française ; la compétitivité enjeu du développement durable », rapport établi par M. Dominique Juillot, Député de Saône et Loire, 17 juin 2003.
- [10] « Pour mobiliser la ressource de la forêt française », Rapport du Groupe de travail sur l'insuffisante exploitation de la forêt française, piloté par M. Jean-Marie Ballu, Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux, n°CGAAER 1639, 22 octobre 2007.
- [11] « Mise en valeur de la forêt française et développement de la filière bois », Mission confiée à Jean Puech, ancien ministre, rapport remis à Monsieur Nicolas Sarkozy, Président de la République, 6 avril 2009.
- [12] « Les émissions atmosphériques de la combustion de la biomasse », Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, 19 juillet 2007.
- [13] Reid Miner : « Biomass Carbon Neutrality », National Council for Air and Stream Improvement (NCASI), April 15, 2010, <http://nafoalliance.org/wp-content/uploads/NCASI-Biomass-carbon-neutrality.pdf>.
- [14] « Biomass carbon (CO<sub>2</sub>) neutrality”, American Forest & Paper Association, 2010, [http://www.okprosperity.com/afpa/AFPACarbonNeutralityWhitePaper2\\_4\\_10.pdf](http://www.okprosperity.com/afpa/AFPACarbonNeutralityWhitePaper2_4_10.pdf).
- [15] Janet Cushman, Gregg Marland, and Bernhard Schlamadinger : « Biomass fuels, Energy, Carbon, and Global Climate Change », Oak Ridge National Laboratory, undated, [http://www.ornl.gov/info/ornlreview/rex28\\_2/text/bio.htm](http://www.ornl.gov/info/ornlreview/rex28_2/text/bio.htm).
- [16] N. Lineback, T. Dellinger, L. F. Shienvold, B. Witcher, A. Reynolds, L. E. Brown : « Industrial greenhouse gas emissions : Does CO<sub>2</sub> from combustion of biomass residue for energy really matter ? », Climate Research, vol. 13 : 221-229, 10 December 1999.
- [17] « Sustainable Production of Woody biomass for Energy », A Position Paper Prepared by IEA Bioenergy, ExCo 2002:03.

- [18] M. Broadmeadow and R. Matthews : « Forests, Carbon and Climate Change : the UK Contribution », Information Note, Forestry Commission, June 2003.
- [19] « Answers to ten frequently asked questions about bioenergy, carbon sinks and their role in global climate change », IEA Bioenergy Task 38, Second edition compiled and edited by Robert Matthews and Kimberley Robertson, 2005.
- [20] « Forests, Wood and Australia 's Carbon Balance », Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting, 2006.
- [21] « A Woodfuel Strategy for England », Forestry Commission England, 2007.
- [22] E. Suttie, G. Taylor, K. Livesey and F. Tickell : « Potential of forest products and substitution for fossil fuels to contribute to mitigation » in « Combating climate change : a role for UK forests», National Assessment of UK Forestry and Climate Change Steering Group 2009, Chapter 7.
- [23] « Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source», Main Report, IEA Bioenergy, ExCo: 2009:06.
- [24] « Impact of the global forest industry on atmospheric greenhouse gases », FAO Forestry Paper 159, Rome, 2010.
- [25] « Forests and energy - Key issues » FAO Forestry Paper 154, Rome 2008.
- [26] Ph. Leturcq : « Bois-énergie : une fausse “ bonne solution ” pour atténuer l’effet de serre », Forêt entreprise, n° 192, pp. 46-50, Mai 2010.
- [27] P. Friedlingstein, R. A. Houghton, G. Marland, J. Hackler, T. A. Boden, T. J. Conway, J. G. Canadell, M. R. Raupach, P. Ciais & C. Le Quéré : « Update on CO<sub>2</sub> emissions », *Nature Geoscience*, **3**, 811-812 (2010), published on line 21 november 2010.
- [28] GIEC/IPCC, Fourth Assessment Report, Working Group I, « Climate Change 2007: The Physical Science Basis », Chapter 7.
- [29] J.G. Canadell et al.: « Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks », PNAS, vol. 104, n°47, November 20, 2007.
- [30] C. Le Quéré, M.R. Raupach, J.G. Canadell, G. Marland et al.: « Trends in the sources and sinks of carbon dioxide », *Nature Geoscience*, **2**, 831-836 (2009), published online 19 November 2009.
- [31] Global carbon budget 2009, last updated: Nov 21 2010,  
[http://lgmacweb.env.uea.ac.uk/lequere/co2/carbon\\_budget.htm](http://lgmacweb.env.uea.ac.uk/lequere/co2/carbon_budget.htm) <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget>.
- [32] M. Allen, D. Frame, K. Frieler, W. Hare, C. Huntingford, C. Jones, R. Knutti, J. Lowe, M. Meinshausen, N. Meinshausen and S. Raper: « The exit strategy », nature reports climate change, vol. 3, may 2009.
- [33] José-Manuel Barroso: « G8 agrees to limit global warming to 2 degrees Celsius, cut emissions by 80% », L’Aquila, Italie, 8 juillet 2009.
- [34] Rapport du Groupe de travail « Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l’horizon 2050 » sous la Présidence de Christian de Boissieu, Ministère de l’économie des finances et de l’industrie, Ministère de l’écologie et du développement durable, août 2006, <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/064000757/0000.pdf>.
- [35] Global Forest Resources Assessment 2010, FAO Forestry Paper 163, Rome, 2010.
- [36] Global Forest Resources Assessment 2005, FAO Forestry Paper 147, Rome, 2006.
- [37] Ed Pepke: « Global Wood Markets : consumption, production and trade, International Forestry and Global Issues, 18 May 2010, Nancy, France.

- [38] Al Lucier and Reid Miner : « Biomass Carbon Neutrality in the Context of Forest-based Fuels and Products », National Council for Air and Stream Improvement (NCASI), May 2010, [http://www.eforester.org/fp/al\\_lucier.ppt](http://www.eforester.org/fp/al_lucier.ppt).
- [39] L. Hamilton : « Firewood and Woody Biomass and their Role in Greenhouse Gas Reduction », Agriculture Notes, State of Victoria, Department of Primary Industries, [http://www.homeheat.com.au/pdf/Heating\\_Greenhouse\\_Gas.pdf](http://www.homeheat.com.au/pdf/Heating_Greenhouse_Gas.pdf).
- [40] E. Johnson : « Goodbye to carbon neutral : Getting biomass footprints right », Environmental Impact Assessment Review, vol. 29, Issue 3, April 2009, pages 165-168, published online 24 December 2008.
- [41] T. Walker, P. Cardellichio, A. Colnes, J. Gunn, B. Kittler, B. Perschel, C. Recchia, D. Saah : « Biomass Sustainability and Carbon Policy Study », Manomet Center for Conservation Sciences, June 2010, NCI-2010-03.
- [42] Concawe /Eucar/JRC « Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context », Well-to-Tank report, version 2c, mars 2007, WTT Appendix 1, « Description of individual processes and detailed input data », p. 11.
- [43] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy, pages 2.16-2.23.
- [44] Plaquette « Biodiversité et forêts privées », Forêt Privée Française, édition 2007, page 26.
- [45] M. Meinshausen, N. Meinshausen, W. Hare, S. C. B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D.J. Frame and M. R. Allen: « Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C », Nature 458, 1158-1162, 30 avril 2009.
- [46] M. R. Allen, D. J. Frame, C. Huntingford, C. D. Jones, J. A. Lowe, M. Meinshausen and N. Meinshausen: « Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne », Nature 458, 1163-1166, 30 avril 2009.
- [47] « Le bois, un puits de carbone renouvelable, Bois-forêt.Info, dossier du 20 mars 2003, <http://www.boisforet-info.com/bfi2/contenu.asp?art=1866>
- [48] « Impact of the global forest industry on atmospheric greenhouse gases », FAO Forestry Paper 159, Rome 2010, chapter 3 « Carbon in forest products ».
- [49] Morton A. Barlaz: « Carbon storage during biodegradation of municipal solid waste components in laboratory scale landfills », Global Biogeochemical Cycles, vol. 12, n°2, June 1998, pp. 373-380.
- [50] J.A Micales & K.E. Skog, « The decomposition of forest products in landfills », International Biodeterioration & Biodegradation, vol. 39, n°2-3, 1997, pp.145-158.
- [51] Ning Zeng, « Carbon sequestration via wood burial », Carbon Balance and Management, 2008, 3:1, January 2008.
- [52] Kim Pingoud and Robert Matthews: « Global carbon stocks and stock changes in harvested wood products: a review of current understanding and estimates », Greenhouse Gas Aspects of Biomass Cascading – Reuse, Recycling and Energy Generation Workshop, IEA Bioenergy Task 38 and COST Action E 31, Dublin, Ireland, April 25, 2005.
- [53] Renton Righelato and Dominick V. Spracklen : « Carbon Mitigation by Biofuels or by Saving and Restoring Forests ? », Science, Vol. 317, 17 août 2007.
- [54] Inventaire forestier national/ Ministère de l'agriculture et de la pêche : « Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises », édition 2005.
- [55] Inventaire forestier national : « La forêt française – Les résultats issus des campagnes d'inventaires 2005 à 2009 », septembre 2010.
- [56] Inventaire forestier national : « La diffusion des résultats des inventaires annuels, principes et illustrations », L'IF, n°17, 4<sup>ème</sup> trimestre 2007.
- [57] Inventaire forestier national : « La forêt française en 2005. Résultats de la première campagne nationale annuelle », L'IF, numéro spécial, 2006.

- [58] Inventaire forestier national : « La forêt française, les résultats issus des campagnes d'inventaire 2005, 2006 et 2007 », juin 2008.
- [59] Agreste Chiffres et Données Agroalimentaire, n° 170 : récolte de bois et production de sciages en 2008.
- [60] CEREN : « La régionalisation du bois en 2001 - secteur résidentiel », septembre 2003.
- [61] Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques : « Chiffres clés de l'énergie », Édition 2010.
- [62] Rapport final du projet CARBOFOR : « Séquestration de Carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France », Coordination D. Loustau, Unité EPHYSE, INRA Bordeaux, Juin 2004.
- [63] Inventaire forestier national : « La forêt française, les résultats de la campagne de levés 2005 », septembre 2006.
- [64] J-L. Bianco : « La forêt : une chance pour la France », Rapport au Premier Ministre, 25 août 1998.
- [65] Avis de la 6<sup>ème</sup> section « nature, forêt, paysages » du Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux, Ministère de l'agriculture et de la pêche, délibéré et adopté à l'unanimité à Paris le 7 novembre 2007.
- [66] L. Lanier : « Précis de sylviculture », 2<sup>ème</sup> édition, École nationale du génie rural, des eaux et des forêts (ENGREF), Nancy 2004.
- [67] Dominique Piou, Louis-Michel Nageleisen : « 20 ans d'évolution du paysage sylvo-sanitaire », Colloque organisé à l'occasion des 20 ans du Département de santé des forêts, Beaune, 10 et 11 mars 2009.
- [68] J-L. Dupouey, G. Pignard, V. Badeau, A. Thimonier, J-F. Dhôte, G. Nepveu, L. Bergès, L. Augusto, S. Belkacem., C. Nys : « Stocks et flux de carbone dans les forêts françaises », C. R. Acad. Agri. Fr., vol. 85, n°6, 1999, reproduit dans Forêt Wallonne, n°57, mars-avril 2002
- [69] Alain Givors : « Avis de Pro Silva France sur l'augmentation de la récolte de bois en France et sur la gestion des risques induits par les changements climatiques », juillet 2008, [www.prosilva.fr](http://www.prosilva.fr)
- [69] Inventaire forestier national : « Les forêts françaises capitalisent dans les gros bois », L'IF, n°15, 2<sup>ème</sup> trimestre 2007, page 1.
- [70] B. Cinotti, « Évolution des surfaces boisées en France : proposition de reconstitution depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle », Revue forestière française, vol. XLVIII, n°6, 1996, pp. 547-562.
- [71] C. Levesque, P. Vallet, C. Ginisty : « Biomasse forestière disponible pour de nouveaux débouchés énergétiques et industriels », Convention DGFAR/Cemagref n°E19/06, Partie 2 : calcul des volumes, Rapport final, Octobre 2007.
- [72] Les chiffres clés de la forêt privée, édition 2008-2009, page 6, selon une source Agreste.
- [73] Les chiffres clés de la forêt privée, édition 2005, page 11.
- [74] H. Gaymar : « L'Office National des Forêts, outil d'une volonté », rapport à Monsieur le Président de la République, septembre 2010.
- [75] M. Sùri, T.A. Huld, E.D. Dunlop, H.A. Ossenbrink, « Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries », Solar Energy , 81, 1295-1305, 2007. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [76] « L'énergie de demain, techniques – environnement – économie », ouvrage publié sous la direction de J.L. Bobin, E. Huffer, H. Nifenecker, Groupe ENERGIE de la Société Française de Physique, EDP Sciences, 2005, ISBN 2-86883-771-9.
- [77] INRA Nancy : « Produire de l'énergie à partir des forêts et des arbres », 2009. <http://www.nancy.inra.fr>

## Notes

(1) Cependant, dans son discours d'Urmatt, le Président de la République affecte les 21 millions de mètres cubes de bois supplémentaires à l'énergie, en cohérence avec l'engagement européen de la France de compter 23% d'énergie renouvelable dans son « mix » énergétique en 2020 ; cf. pour confirmation « Le Portail des Forestiers Privés », <http://www.foretriveefrancaise.com/nicolas-sarkozy-veut-relancer-la-filiere-bois-670561.html> et le rapport de Monsieur Hervé Gaymard [74 – p. 19]. Il y a ambiguïté!

(2) Dans ce texte, la distinction entre le carbone (C) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est implicite, avec la correspondance de masse : 12 grammes de C ≈ 44 grammes de CO<sub>2</sub>. Le méthane (CH<sub>4</sub>) est un gaz dont le rôle est important dans l'effet de serre global par la valeur élevée de son forçage radiatif, mais qui intervient peu dans le cycle du carbone même ; on ne le cite que pour mémoire.

(3) La stratégie esquissée dans le troisième rapport du GIEC/IPCC pour limiter à 2°C l'élévation globale de température par rapport à l'époque préindustrielle impose, au-delà de 2050, une réduction plus importante encore des émissions qui, comptées en équivalent carbone (car d'autres gaz à effet de serre que le CO<sub>2</sub> doivent être pris en compte : méthane, protoxyde d'azote, etc.) devraient se situer vers 2GtC en 2100, moins encore au delà de cette date [GIEC/IPCC, Troisième rapport d'évaluation, changements climatiques 2001 : Rapport de synthèse, Résumé à l'intention des décideurs, page 22]. La forêt deviendrait dans ces conditions, pourvu qu'elle reste saine, l'arme principale de géo-ingénierie face aux menaces de changement climatique.

(4) Cette estimation de 3,5 milliards de mètres-cubes est certainement inférieure au prélèvement réel, car les parts de l'autoconsommation et de l'exploitation illégale sont généralement sous-estimées par les pays déclarants.

(5) Ce mode d'estimation est conforme aux recommandations faites par l'IPCC en 1996 [IPCC/GIEC : « Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories : Reference manual, Chapter 5 Land-Use Change & Forestry, page 5.17, Box 5 « The Fate of Harvested Wood »]. Abstraction est faite ici des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'exploitation forestière, au transport des bois, à la fabrication, au conditionnement et à la distribution des produits, émissions qu'on rapporte à la consommation de combustibles fossiles.

(6) Le périmètre considéré est quelconque : il peut s'agir d'un massif forestier particulier, pourvu qu'il soit constitué de peuplements suffisamment diversifiés en essences et en âges, de plusieurs massifs, de la forêt française toute entière ou de l'ensemble des forêts du monde.

(7) D'où la nécessité d'une exploitation raisonnée pour maintenir active la fonction de puits de carbone des forêts.

(8) L'alternative d'un stockage souterrain doit être envisagée comme arme de géo-ingénierie pour combattre l'effet de serre.

(9) Ainsi, par exemple, l'annexe IV de la « Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 october 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community » spécifie : « The emission factor for biomass shall be zero » ! On trouvera dans la référence [T.D. Searchinger, S. P. Hamburg, J. Melillo, W. Chameides, P. Havlik, D. M. Kammen, G.E. Likens, R.N. Lubowski, M. Obersteiner, M. Oppenheimer, G. P. Robertson, W. H. Schlesinger, G. D. Tilman : « Fixing a Critical Climate Accounting Error », *Science*, vol. 326, 23 october 2009] et ses documents annexes (supporting online material), quelques autres exemples de telles aberrations réglementaires. L'un des auteurs (D. M. Kammen) résume ainsi la situation : « The accounting rules used in the Kyoto Protocol, the European Union's Emissions Trading System, and in the climate bill that recently passed the U.S. House of Representatives, exempt the carbon dioxide emitted by bioenergy, regardless of the source of the biomass. That legally makes bioenergy from any source, even that generated by clearing the world's forests, a potentially cheap, yet false, way to reduce greenhouse gas emissions by oil companies, power plants and industry as they face tighter pollution limits» (propos recueillis par R.S. Sanders, Media relations, UC Berkeley, le 22 october 2009 : « Error in climate treaties could lead to more deforestation», [http://Berkeley.edu/news/media/releases/2009/10/22\\_bio\\_energy.shtml](http://Berkeley.edu/news/media/releases/2009/10/22_bio_energy.shtml)).

(10) Les données du tableau I sont seulement indicatives. Les valeurs de PCI (pouvoir combustible inférieur) et de facteur d'émission directe de CO<sub>2</sub> par unité d'énergie, varient – dans d'étroites limites cependant – selon l'exacte composition du combustible. Ainsi, les PCI des bois résineux peuvent-ils être légèrement supérieurs à ceux des bois feuillus. De même les chiffres indiqués pour le gaz naturel s'appliquent typiquement à des mélanges (mix) de différentes provenances consommés en Europe, mais le gaz russe, par exemple, avec un PCI de 49,2 MJ/kg et un facteur d'émission de 55,1 gCO<sub>2</sub>/MJ, a des caractéristiques proches du méthane pur.

(11) On peut donner ici l'exemple de la futaie pérenne (irrégulière), dans laquelle la sylviculture prônée par Pro Silva tend à produire les meilleurs bois, non à accumuler de la biomasse. L'exploitation s'effectue en continu, le peuplement conserve un volume sur pied à peu près constant et la production reste stable (Brice de Turckheim, communication personnelle).

(12) Beaucoup de climatologues s'accordent sur le fait qu'une élévation de température moyenne de la surface terrestre limitée à 2°C par rapport à l'époque préindustrielle peut éviter le pire, c'est-à-dire l'emballement de la machinerie climatique par le jeu de rétroactions positives telles que la réduction de l'albédo terrestre (accompagnant la régression des surfaces enneigées, des glaciers et des banquises), la fonte des pergélisols avec émission de CO<sub>2</sub> et de méthane, la réduction de l'efficacité des puits de carbone terrestre et océaniques au-delà de certains seuils d'augmentation de température ou de charge en CO<sub>2</sub>, etc. (cf. les rapports successifs du GIEC / IPCC).

(13) Pour établir un parallèle économique, faire abstraction des « coûts » en énergie et en émissions de gaz à effet de serre des matériels utilisés et du travail humain équivaut à estimer le prix de revient d'un produit en passant sous silence, entre autres postes, les amortissements, salaires et charges. Devraient être prises en compte, dans le « coût » énergétique, non seulement l'énergie directement mise en jeu dans la fabrication des produits mais aussi l'énergie que nécessite la mise en place puis le fonctionnement des installations et services de recherche, de développement et de production, enfin de leur démantèlement. De même en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre. En ce qui concerne le travail humain, devrait être compté l'ensemble des énergies (et des émissions associées) dissipées par les personnels au travers de leur alimentation, de leur transport, de leur logement, de leur formation, de leurs soins de santé, etc... selon les bonnes règles de la LCEA (Life cycle energy analysis).

(14) Sous réserve, naturellement que les bilans de la mise en œuvre de ces options, en énergie et en émission de gaz à effet de serre, soient favorables vis-à-vis de ceux d'une utilisation énergétique directe des bois.

(15) Par « longtemps » on entend au moins le temps que va nécessairement prendre la réduction globale des émissions anthropiques de dioxyde de carbone pour garantir une stabilisation future du climat, soit de l'ordre de 50 à 100 ans (cf. paragraphe I-1)

(16) On fait, ici aussi, abstraction des énergies dépensées et des émissions associées qu'impliquent l'exploitation forestière, le transport des bois, la fabrication des produits etc., ainsi que le fonctionnement de la centrale, mais comme cela est aussi le cas dans l'exemple de la figure 5, la comparaison reste valable.

(17) Les graphiques s'appuient sur le tableau de valeurs suivant, tirées des publications référencées [54 – pp.16, 19 et 20] pour les années « moyennes » 1981, 1986, 1991, 1996 des inventaires départementaux disponibles au début des années 1989, 1994, 1999, 2004 respectivement et [55 – pp. 43 et 47] pour l'année « moyenne » 2007 des campagnes d'inventaire 2005 à 2009 selon la nouvelle méthode. Ces données portent sur le seul « bois fort » et concernent les forêts disponibles pour la production, hors peupleraies.

Année	1981	1986	1991	1996	2007	/ unité
Surface forestière	13,34	13,44	13,6	13,82	15,1	Mha
Volume sur pied	1723	1854	1991	2127	2377	Mm <sup>3</sup>
Volume moyen par ha	129	138	146	154	157	m <sup>3</sup> /ha

(18) Les représentations graphiques 7a et 7b s'appuient sur le tableau de valeurs suivant :

Année	1985	1990	1995	2000	2006	/ unité
Production biologique annuelle nette	71,81	75,93	81,73	88,33	94	Mm <sup>3</sup> /an
Prélèvement = production nette – augmentation annuelle du volume sur pied	46,5	50,6	56,5	63	68,7	Mm <sup>3</sup> /an
Prélèvement (IFN et autres sources)	48,18	52,86	51,41	61,01	65,8	Mm <sup>3</sup> /an

Sauf pour l'année 2006, les chiffres de production nette (mortalité déduite) sont des moyennes quinquennales (1983-87, 1988-92, 1993-97, 1998-2002) qu'on a affectées aux années « centrales » 1985, 1990, 1995 et 2000 respectivement [54 – p. 52]. Pour l'année 2006, année « moyenne » des campagnes d'inventaire 2005 à 2007 (seule la production en surface terrière est indiquée dans la dernière publication de résultats de l'IFN [55]), on a déduit de la production en volume brute publiée – 101 millions de mètres cubes [58 – p. 17] – un volume de 7 Mm<sup>3</sup> correspondant à la mortalité ; cette valeur est estimée sur la base du taux moyen annuel de 0,3% du volume de bois sur pied indiqué par le Département de la santé des forêts pour la période 2000-04 [54 – p. 41]. La deuxième ligne du tableau donne la différence entre la production biologique nette et l'augmentation régulière du volume de bois sur pied de 25,3 Mm<sup>3</sup>/an, ce qui correspond arithmétiquement, pour les années indiquées, à la somme du prélèvement effectif et des pertes d'exploitation. La troisième ligne indique, pour comparer, les estimations de prélèvements (pertes d'exploitations incluses) faites par l'IFN en moyennes quinquennales (1983-87, 1988-92, 1993-97, 1998-2002) ; celles-ci sont affectées, comme les productions biologiques nettes, aux années « centrales », 1985, 1990, 1995 et 2000 respectivement [54 – p. 52]; le prélèvement pour 2006 a été évalué en faisant la somme des volumes de bois rond sur écorce « déclarés » (bois d'œuvre et d'industrie) – 33,5 millions de m<sup>3</sup> selon la source « Agreste - SSP » [59 – pp. 13 et 14], des pertes d'exploitation, estimées à 10% du volume précédent (pourcentage retenu dans les évaluations de l'IFN [54 – p. 52]), et de la part du bois de feu – 29 millions de m<sup>3</sup> selon une étude déjà ancienne [60] que nous reportons néanmoins, faute d'information actuelle et fiable, car la consommation de bois dans le secteur résidentiel-tertiaire n'a guère évolué depuis lors [61 – p. 29], soit, au total, environ 65,8 Mm<sup>3</sup>.

(19) Il convient de préciser que ces 35 ans représentent non l'espérance de vie des arbres, mais l'âge moyen de leur bois. Les deux grandeurs sont différentes : dans la croissance ligneuse, le tout premier cerne a le même âge que l'arbre, le dernier se forme dans l'année précédant la coupe ; l'âge moyen des arbres en forêt est donc en réalité supérieur à ce chiffre de 35 ans.

(20) La rumeur veut que les scieries modernes ne seraient plus capables de débiter les « gros bois » au-delà de cinquante à soixante centimètres de diamètre ; si cela est vrai, on assiste à une belle régression par rapport aux siècles passés : compte tenu des épaisseurs d'aubier de nombreuses essences, l'usage du bois massif dans la construction ou l'ameublement ne sera bientôt plus que souvenir. Plus grave est le fait que cette tendance incite les producteurs de bois de qualité à raccourcir encore les rotations, donc à diminuer les volumes de bois sur pied, et par conséquent, à « déstocker » du carbone. Pourtant, d'après Monsieur Brice de Turkheim (Pro Silva France), des constructeurs d'équipements de scierie proposent des matériels capables de scier très rentablement des troncs de un mètre de diamètre et plus ; encore faudrait-il, pour que les scieurs les installent, que la forêt puisse offrir des volumes suffisants de gros bois de bonne qualité. Il y a donc là amorce d'un cercle vicieux.

(21) Une part des boisements entrant dans ces catégories sont inclus dans ce qu'on appelle la forêt paysanne et font l'objet de récoltes, ne serait-ce que pour le bois de feu, mais moins de 600 mille exploitations agricoles sont en activité aujourd'hui, ce qui laisse environ 2,4 millions de « petites » propriétés forestières à la charge d'agriculteurs retraités ou de citadins.

(22) La précision « bois fort », pourtant d'importance, n'est pas explicite dans les documents majeurs consultés à ce sujet [4][10][11][74] mais découle du contexte : « Les engagements pris par la France dans le cadre du plan-climat européen impliquent une mobilisation supplémentaire de bois importante, à hauteur de 21 millions de m<sup>3</sup> par an d'ici 2020 contre 65 millions de m<sup>3</sup> récoltés aujourd'hui » [74 – p.16]. Si on tient compte de l'ensemble des branchages, c'est-à-dire en affectant un coefficient 1,5 (facteur d'expansion de branches) au volume de 14 Mm<sup>3</sup>/an de bois fort estimé comme prélèvement supplémentaire possible en 2020, on parvient, mais de manière probablement fortuite, aux 21 Mm<sup>3</sup>/an réclamés.

(23) Les pertes d'exploitation varient dans de larges limites en fonction des essences et des types de peuplement, des difficultés de terrain et d'accès, des objectifs de récolte, des conditions économiques mais aussi de la bonne application de règles de bon sens quant au maintien de la fertilité des sols et de leur contenu en carbone (rémanents). L'IFN retient 10% comme « pourcentage type » dans ses estimations de prélèvements, en ne considérant que le seul volume « bois fort » [54 – p. 52]. Relativement au volume total (branchages inclus), la proportion des pertes d'exploitation peut-être beaucoup plus importante, jusqu'à 40% si les houppiers sont laissés sur place (estimation sur la base d'un facteur 1,5 d'expansion de branches).

(24) Par exemple, contrairement à une idée répandue, la hauteur d'un peuplement n'est pas le principal facteur de risque face aux grands vents, sauf peut-être pour des boisements équiennes insuffisamment éclaircis. Des mélanges d'essences et des éclaircies précoces permettent de stabiliser des peuplements de fort volume par hectare, même de grande hauteur, comme cela a été constaté lors des derniers épisodes de tempête (Brice de Turckheim, communication personnelle).

(25) Cette stratégie n'est nullement utopique ; les travaux de l'Association Pro Silva et de l'Association pour une Futaie Irrégulière (AFI) montrent qu'il est possible de hausser la production de bois d'œuvre de belle qualité à 60% de la production totale dans les futaies feuillues et à 85-90% dans les futaies résineuses (éclaircies comprises), tout en améliorant la stabilité et la résilience des peuplements, et en abaissant les coûts (Brice de Turckheim, communication personnelle).

(26) Les impacts de l'utilisation énergétique du bois sur la santé, l'emploi, la balance du commerce extérieur et l'économie en général, se trouvent hors du champ de compétences de l'auteur. Celui-ci croit bon, cependant, d'évoquer quelques questions qui lui ont paru négligées dans les rapports « politiques » qui promeuvent le « bois-énergie » [2][3][9][10][11] :

- Les émissions atmosphériques autres que le CO<sub>2</sub> (particules fines notamment [12]), posent déjà en zones résidentielles des problèmes de santé publique.
- La filière « bois-énergie » est la plus « courte » de toutes les filières bois ; du point de vue de l'emploi, le développement des filières industrielles, notamment celles de produits ouvrés, offre de meilleures perspectives.
- La balance du commerce extérieur de la France pour les produits bois est fortement déficitaire : le problème est celui de la faiblesse de nos industries de bois ouvrés, notamment dans les secteurs de l'ameublement et du bâtiment..
- Par contre, le développement du bois-énergie permet un allègement de notre facture énergétique (gaz, pétrole) mais avec un coût environnemental excessif, comme le montre ce document. D'autres moyens sont pourtant à notre disposition pour alléger cette facture, en évitant les émissions de carbone : énergies hydraulique, nucléaire, éolienne, solaire thermique, solaire photovoltaïque, géothermie, énergie des mers, etc.
- Dans le fil du bois-énergie, des efforts sont consacrés à l'élaboration, à partir du bois, de combustibles liquides (filiale « BtL ») ou gazeux (méthanation). Remarquons que les procédés utilisés s'accompagnent nécessairement d'une dépense d'énergie et d'une émission de CO<sub>2</sub> qui viennent respectivement se retrancher et s'ajouter à l'énergie et l'émission qui seraient libérées par la combustion directe du bois matière première. Les facteurs d'émission de ces combustibles élaborés ne peuvent donc être que plus élevés que celui du bois, et donc nocifs au plan environnemental, sans nécessité (cf. § I-6).

\*\*\*\*





