

# FORÊT, BOIS, CO<sub>2</sub>

## Le bois énergie mis en question

### Un digest pour le lecteur pressé

[Le document complet (fichiers .pdf) peut être obtenu sur simple demande à [phleturcq@hotmail.fr](mailto:phleturcq@hotmail.fr)]

#### I - Le contexte :

La réduction des émissions de gaz à effet de serre est prioritaire (Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, Protocole de Kyoto et engagements post-Kyoto parmi lesquels l'Accord de Paris). L'augmentation des captures de carbone, spécialement par les écosystèmes terrestres, doit l'être tout autant.

#### II - Le problème :

Arguant d'une soi-disant « **neutralité carbone** » des usages énergétiques de la biomasse, du bois notamment, les partisans des bioénergies ont obtenu que la forêt et l'utilisation de son bois échappent, de fait, à une réelle comptabilité carbone pourtant exigée par les traités : le facteur d'émission de combustion du bois (et de la biomasse en général) est considéré comme « nul » contre toute évidence physique (cf., par exemple, les directives européennes 2003/87/CE, annexe IV, et 2009/28/CE, Annexe V, section C, alinéa 13, ou encore la « Base Carbone » de l'ADEME). En conséquence, en Europe et en France notamment, des politiques forestières et de transition énergétique sont mises en œuvre sans estimation préalable de leur impact « effet de serre » et le rôle potentiel de la forêt dans l'atténuation du changement climatique est ignoré ou incorrectement évalué.

#### III – La réalité :

- Le bois anhydre contient 50% en masse de carbone. Lorsqu'on brûle le bois, ce carbone est rendu à l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub>. L'émission de combustion d'une tonne de bois sec est ainsi de 500 kilogrammes de carbone soit 1,8 tonnes de CO<sub>2</sub>.

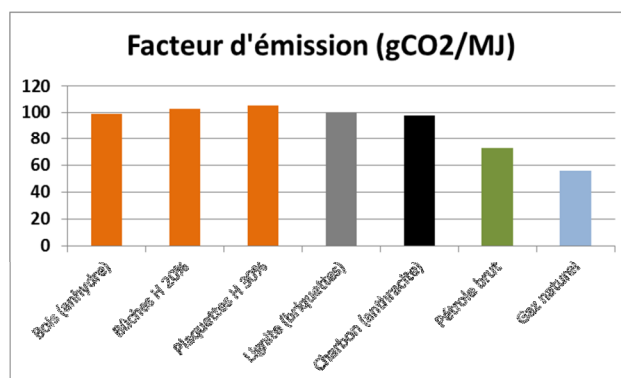


Figure 1 - Facteurs d'émission comparés pour les principaux combustibles

- Tous les combustibles « carbonés », qu'ils soient biosourcés ou fossiles, émettent du CO<sub>2</sub> lors de leur utilisation. Pour caractériser cette émission, on se réfère à l'unité de chaleur produite. Les facteurs d'émission des principaux combustibles, exprimés en grammes de CO<sub>2</sub> par mégajoule, sont présentés sur la figure 1. Le bois apparaît comme étant le combustible le plus émissif en CO<sub>2</sub>, pire que le charbon.

- Pour le bois, contrairement aux combustibles fossiles, le gisement (la forêt) est actif, empruntant à l'atmosphère du carbone pour constituer la biomasse forestière, notamment ligneuse. On peut affirmer (principe de conservation) que, sur une période de temps quelconque, la masse de carbone capturée (ou encore la production primaire nette) correspond à la somme ...

- ... d'un stockage en forêt (dans la biomasse forestière, dans la nécromasse et dans le sol),
- ... de pertes de carbone (décomposition de la nécromasse, principalement, celle-ci provenant de la mortalité naturelle des arbres et autres végétaux ainsi que des rémanents d'exploitation,
- ... du contenu carbone des récoltes.

De son côté, le contenu carbone du bois récolté correspond à la somme ...

- ... d'un stockage hors forêt (notamment dans les produits bois),
- ... de la masse rendue à l'atmosphère par combustion ou décomposition de matière ligneuse.

La figure 2 représente schématiquement les différents termes de ces sommes qui sont, bien entendu, algébriques (un déstockage se compte négativement). L'échange net de carbone entre la forêt et l'utilisation de son bois, d'une part, l'atmosphère, d'autre part, peut donc être évalué, sur une période de temps quelconque, soit par la différence entre la masse de carbone capturée et la somme des masses émises, soit par la somme algébrique des variations de stocks de carbone en forêt et hors forêt.

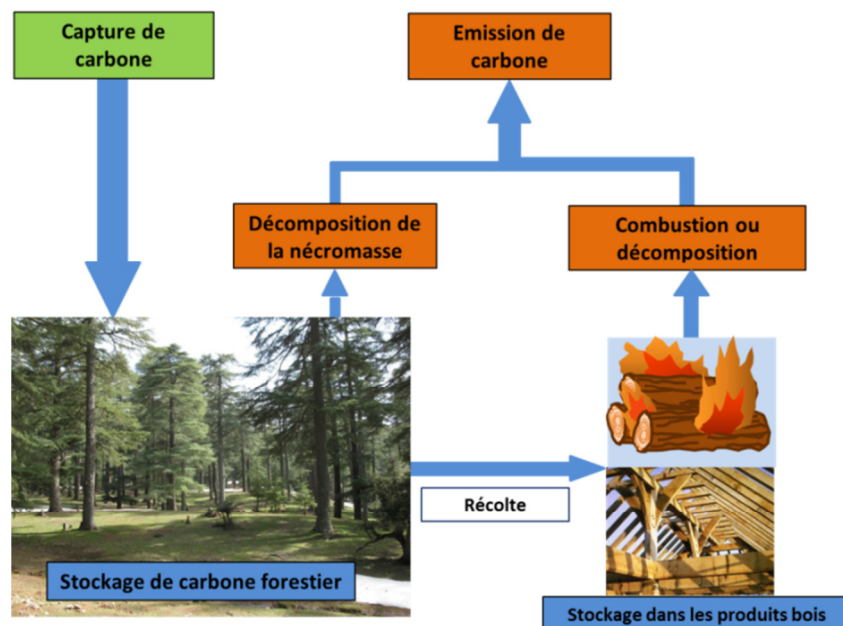


Figure 2 – Schématisation des échanges de carbone entre la forêt et l'utilisation de son bois, d'une part, l'atmosphère d'autre part.

#### **IV - Les conséquences :**

Lorsque, sur la période de temps considérée, la masse de carbone capturée est supérieure à celle qui est émise, ou, ce qui revient au même, lorsque la somme des stocks de carbone en forêt et hors forêt s'accroît, la forêt et l'utilisation de son bois jouent le rôle de « **puits de carbone** » vis-à-vis de l'atmosphère, ce qui est favorable à l'atténuation du changement climatique. Ce rôle est celui de « source » dans le cas contraire, évidemment défavorable. Dans le contexte rappelé en tête de ce document, les orientations de gestion des forêts et d'usage des récoltes devraient donc être d'augmenter la capture de carbone et de diminuer l'émission. Il revient au même de chercher à maximiser la somme algébrique des variations de stocks de carbone en forêt et hors forêt. Une réserve, cependant, est que les actions entreprises en ce sens ne doivent pas avoir d'incidence négative sur le bilan carbone global par répercussion dans d'autres secteurs que ceux de la forêt et du bois (effets de substitution, émissions indirectes).

Les moyens d'action sont les suivants :

- Augmenter la capture de carbone, c'est-à-dire la production biologique des forêts, nécessite des actions de boisements, reboisements et d'amélioration générale des peuplements.
- Une réduction des usages du bois comme combustible apparaît comme le moyen le plus immédiat pour diminuer l'émission. Ceci implique le remplacement du bois combustible par d'autres sources d'énergie. Comme les autres sources carbonées (fossiles) ont toutes un facteur d'émission inférieur à celui du bois, leur substitution au bois énergie est, dans tous les cas, bénéfique. La logique des facteurs d'émission voudrait d'ailleurs qu'on préfère le charbon au bois, le pétrole au charbon, le gaz naturel au pétrole. Mais le bon choix se trouve évidemment parmi les sources non carbonées (énergie nucléaire, hydraulique, solaire, éolienne, marine...).
- Si tout ou partie de la récolte de bois peut être durablement conservé, sous forme de « produits » notamment, le puits de carbone se trouve amélioré par rapport au cas d'une utilisation uniquement pour l'énergie. Toutefois, le stockage de carbone hors forêt n'est effectif (positif), sur la période considérée, que si la masse de carbone contenue dans le bois récolté est supérieure à celle rendue à l'atmosphère par combustion ou décomposition des déchets de fabrication et des produits en fin de vie. Par ailleurs, à la différence de la substitution énergétique du bois à des combustibles fossiles, qui accroît les émissions, la substitution de produits bois à des produits équivalents réalisés avec d'autres matériaux peut être, ou ne pas être, bénéfique et doit être évaluée cas par cas.

#### **V – La comptabilisation des échanges de carbone avec l'atmosphère**

Les émissions extrinsèques, essentiellement d'origine fossile, liées à la gestion forestière, à la sylviculture, à l'exploitation forestière, au transport des bois, à leur conditionnement, à la fabrication de produits, à leur commercialisation, etc., peuvent être comptées à part. Ce qui suit a trait à la comptabilisation du seul carbone « ligneux ».

- Dans le cas d'une forêt exploitée pour l'énergie, le carbone de la récolte est entièrement émis. La récolte s'accompagne en outre de pertes d'exploitation dont la décomposition progressive

est source d'une émission additionnelle. Celle-ci est distribuée dans le temps selon la vitesse de dégradation des différentes composantes de ces pertes : feuillage, branchage, racines des arbres exploités, etc... La simulation numérique peut seule, sur un intervalle de temps donné, préciser le niveau de cette émission. Cependant, dans le cas d'un régime d'exploitation permanent à récolte annuelle constante, l'émission de décomposition des pertes est elle-même constante et peut-être évaluée à environ 50 % du contenu carbone de la récolte (les branchages et débris ligneux abandonnés sur coupe représentent souvent entre 10 et 15 % du volume récolté, les racines des arbres exploités environ 30 % de ce volume, le feuillage, les racines fines et les mycéliums des champignons mycorrhiziens contribuant pour les 5 à 10 % restants). Ainsi le facteur d'émission apparent du bois énergie serait-il augmenté, du seul fait des pertes, de 50 % environ par rapport à sa valeur intrinsèque. Encore n'est-il pas tenu compte ici d'une évasion de carbone, certainement notable, à partir de la litière et du sol perturbés lors de l'exploitation. Enfin, il faut considérer l'impact de la récolte sur la production biologique, c'est-à-dire sur la masse de carbone capturée. Cet impact ne peut être quantifié sans un modèle de dynamique forestière. Il peut être neutre ou favorable si la récolte cible des arbres morts ou sénescents. Mais si la récolte porte sur des arbres vifs, ce qui est généralement le cas, on supprime des capteurs du carbone atmosphérique et « le manque à capter » doit être porté au débit de l'utilisation du bois récolté. En conséquence, l'usage du bois comme combustible entraîne le plus souvent, pour une même quantité de chaleur rendue, une émission de CO<sub>2</sub> supérieure d'au moins 50% à celle du charbon, plus du double de celle du pétrole, du triple de celle du gaz naturel.

- Lorsque le bois récolté est destiné à des usages plus ou moins durables en bois d'œuvre ou d'industrie, les pertes de carbone lors de l'exploitation et l'impact de la récolte sur la production biologique de la forêt sont, à volume de récolte égal, les mêmes que dans le cas d'une utilisation comme combustible. Par ailleurs, les déchets ligneux de l'industrie du bois et les produits bois en fin de vie se décomposent ou sont eux-mêmes utilisés comme combustibles, en sorte que le stockage de carbone hors forêt se résume à la différence entre la masse contenue dans les produits bois nouvellement fabriqués et celle émise par la combustion ou la décomposition des produits en fin de vie ou obsolètes. Si les produits bois nouvellement fabriqués ne font que remplacer ceux qui sont parvenus au terme de leur usage, le stockage hors forêt est nul et l'émission globale est la même que pour une utilisation du bois comme combustible. À l'opposé, si tout le bois récolté pouvait être durablement conservé sous forme brute (au besoin, en l'enfouissant), le puits de carbone global serait amélioré, par rapport au cas d'une utilisation comme combustible, d'une valeur égale au contenu carbone de la récolte.

- Aussi, dans l'hypothèse d'un régime d'exploitation permanente à récolte annuelle constante, le coût carbone de la récolte même et de l'utilisation des bois, compte tenu des pertes, peut-il varier, *grosso modo*, entre plus de 50% et 150% du contenu carbone de la récolte, selon les proportions de bois durablement conservé ou voué à combustion et décomposition. Hors ce cas d'école, les choses sont plus compliquées mais, le plus souvent, la récolte de bois en forêt implique, par rapport à l'absence de récolte, un affaiblissement du puits de carbone strictement forestier qui n'est pas compensé par le stockage dans les produits bois, à plus forte raison lorsque le bois récolté sert de combustible.

- C'est donc en veillant à ce que la récolte reste nettement inférieure à la production primaire nette qu'on peut faire jouer à la forêt son rôle de puits de carbone. On peut objecter que ce rôle ne peut être que transitoire. L'accroissement du stock de carbone forestier est, en effet, la différence entre la production primaire nette, d'une part, la somme du contenu carbone de la récolte et des pertes de carbone par mortalité naturelle et du fait de l'exploitation, d'autre part (cf. figure 2). Ainsi, dans le cas d'un régime d'exploitation permanent à récolte constante, et à production primaire nette elle-même constante, l'augmentation de mortalité qui accompagne celle du volume de biomasse implique la diminution de l'accroissement, c'est-à-dire du puits de carbone forestier ; celui-ci finit par s'annuler lorsque l'équilibre entre production, d'un côté, récolte et pertes, de l'autre, est atteint. Ce sont donc les forêts jeunes et peu exploitées qui peuvent jouer un rôle efficient de stockage de carbone ; la constante de temps principale de l'évolution de la biomasse forestière étant l'inverse du taux de mortalité ligneuse en volume, en relation donc avec l'espérance de vie des arbres hors prélèvement, le puits de carbone forestier peut rester effectif pendant des siècles.
- C'est le cas de la forêt française qui, dans l'état actuel des choses, voit son stock de carbone augmenter de 29 millions de tonnes de carbone par an (29 MtC/an) pour une production primaire nette ligneuse et non ligneuse de 97 MtC/an, une émission par décomposition de la nécromasse de 54 MtC/an et une récolte dont le contenu carbone est d'environ 14 MtC/an (chiffres rapportables à l'année 2010 avec des marges d'incertitude importantes). Le stockage dans les produits bois est presque négligeable ( $\approx 1$  MtC/an, tout au plus). Le puits de carbone global, de l'ordre de  $29 + 1 = 30$  MtC/an ou  $110 \text{ MtCO}_2/\text{an}$ , est donc essentiellement forestier ; il permet de compenser près de 25% des émissions nationales de dioxyde de carbone (450 MtCO<sub>2</sub> en 2010). Partant de conditions initiales correspondant à cet état de 2010, un scénario « au fil de l'eau », c'est-à-dire sans modification de la tendance alors relevée pour les variations de production biologique et de prélèvement ligneux, indique le maintien de l'ordre de grandeur de ce puits pendant de nombreuses décennies (la constante de temps principale mentionnée plus haut est de l'ordre de 300 ans) et une « réserve potentielle » de capture de carbone à long terme de plusieurs gigatonnes. Un objectif réitéré est, pour la France, une division par 4 des émissions anthropiques vers 2050 par rapport à leur niveau de 1990. Si cet objectif était atteint, le scénario « au fil de l'eau » promettrait de rendre la France « neutre » et probablement « puits net » de carbone dès cette date, pourvu qu'on le laisse se dérouler (les augmentations de récolte pour l'énergie, actuellement prévues dans les cadres du Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables et de la Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, sont inconsidérées). On se reportera au document « Forêt, bois, CO<sub>2</sub> : le bois énergie mis en question » pour les détails.
- Cette performance de puits de carbone de la forêt française peut-elle être améliorée ? À volume de récolte inchangé et sans pouvoir maîtriser la mortalité des arbres, un accroissement du puits passe par une augmentation de production biologique. Celle-ci peut être obtenue par l'extension du domaine boisé et/ou des soins sylvicoles apportés aux peuplements en place ; l'amélioration est toutefois différée par rapport aux actions entreprises, compte tenu du temps d'installation ou de réaction des arbres. L'alternative est une diminution de récolte, dont l'effet, par contre, est immédiat. Cette diminution est rendue possible en la portant sur la part de récolte actuellement consacrée, de manière contreproductive, à l'énergie. Sur les 14 MtC/an de récolte cités pour la forêt française, la part directe du bois énergie est de près de 6 MtC, ce qui permet déjà d'envisager, par substitution inverse à partir de sources d'énergie « non carbonées »

(ou moins carbonées), une augmentation significative du puits de carbone, jusqu'à environ 9 MtC/an compte tenu de la réduction corrélative des pertes d'exploitation.

- On doit par conséquent, de manière pragmatique, considérer la récolte et l'utilisation des bois (et, en amont, la gestion forestière) selon le rapport « utilité/coût carbone ». Il est normal d'exploiter la forêt pour en tirer des biens nécessaires et maintenir son dynamisme, mais, pour faire les bons choix, il faut connaître le coût carbone de chaque action. Il est ainsi déraisonnable d'orienter la production forestière vers la fourniture d'énergie alors que la substitution du bois aux combustibles fossiles accroît les émissions et qu'on dispose de sources de chaleur non-carbonées.. Les moyens nécessaires pour une comptabilité carbone précise font malheureusement encore défaut. Dans le cas général d'une forêt en évolution et de récoltes d'importance essentiellement variable, l'empreinte carbone, c'est-à-dire la masse nette de carbone échangée avec l'atmosphère, dépend de la période de temps considérée, des conditions initiales sur les stocks, en forêt et hors forêt, et des évolutions des flux : production biologique, récolte, émissions de combustion ou de décomposition. On doit alors avoir recours à la simulation numérique pour guider la gestion forestière et l'utilisation des bois. Le dogme de « neutralité carbone » a, malheureusement, longtemps retardé les développements en ce sens.

- Au niveau global, le stock de carbone dans le seul bois vif des forêts du monde (actuellement 4 milliards d'hectares, 500 milliards de mètres cubes de bois fort tige) correspond presque exactement, mais fortuitement, à la masse de carbone qui s'est accumulée dans l'atmosphère, sous forme de CO<sub>2</sub>, depuis le début de l'ère industrielle, soit 250 gigatonnes. En tenant compte du carbone dans le bois mort, la litière et le sol, le stock de carbone dans les écosystèmes forestiers doit approcher les 500 gigatonnes. Ces ordres de grandeur rendent plausible la solution du problème climatique (maintien de l'élévation globale de température en deçà de 2°C par rapport à l'époque préindustrielle) par un effort de reforestation conjoint à une réduction drastique de la consommation de combustibles **carbonés**. Selon divers auteurs cités par la FAO, le reboisement de 0,5 à 1 milliard d'hectares est envisageable, permettant de stocker, vers 2100, de 60 à 120 gigatonnes de carbone (Forestry for a low-carbon future, FAO forestry paper 177, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 2016, page 30). Cette perspective serait bouchée si des catastrophes climatiques ou sanitaires de grande ampleur frappaient la forêt ; mais peut-on prétexter de telles éventualités pour ne rien faire ?

## **VI – Etat actuel de la comptabilité carbone en matière forestière**

Les règles de comptabilité utilisées pour les déclarations nationales d'inventaire de gaz à effet de serre au titre de la CCNUCC et du protocole de Kyoto, ont été établies par le GIEC/IPCC (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, puis 2006 IPCC Guidelines... ainsi que 2013 Revised Supplementary Methods). En ce qui concerne la forêt et l'utilisation de son bois, ces règles, même dans leur version simplifiée (« par défaut ») sont compatibles avec ce qui est écrit plus haut.

Notamment : *“For the initial calculations of CO<sub>2</sub> emissions from changes in forest and other woody biomass stocks, the recommended default assumption is that all carbon in biomass harvested is oxidised in the removal year”* (1996 Guidelines, Chapter 5 Land-Use Change & Forestry , page 5.17, box 5). En ce qui concerne les utilisations du bois combustible, cette règle est cohérente avec ce qui

est exposé dans le premier point de la section V pour le cas d'un régime d'exploitation permanent à volume de récolte annuelle constant. Pour les utilisations durables, elle s'accorde avec les énoncés du deuxième point dans la mesure où *"the stocks of forest products in most countries are not increasing significantly on an annual basis"* (Ibid.). Naturellement, si les variations du stock de produits bois sont significatives, elles doivent être prises en compte ; la méthodologie pour ce faire est précisée dans les « 2006 Guidelines » (Chapter 12 Harvested Wood Products).

L'assertion de neutralité carbone des usages du bois comme combustible (cf. section II ci-dessus) va à l'encontre de cette règle du GIEC/IPCC<sup>(\*)</sup> et fait fi de la réalité physique des échanges de carbone entre la forêt, l'utilisation de son bois et l'atmosphère. Or, les politiques forestières et énergétiques conduites dans de nombreux Pays, dont la France, sont fondées sur cette assertion, contreviennent par conséquent à l'esprit de traités internationaux que ces Pays ont ratifiés, et, non ou insuffisamment évaluées, peuvent compromettre l'avenir de la biosphère. Il est incompréhensible que les déclarations de ces Pays au titre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto tiennent compte, par obligation, des émissions de combustion de la biomasse (cf., par exemple, les déclarations du CITEPA : Rapport National d'Inventaire pour la France, mars 2016, page 91, ligne « Émissions de CO<sub>2</sub> de la biomasse ») alors que ces émissions sont niées, au plan intérieur, par les décideurs politiques, les forestiers et les acteurs de la transition énergétique.

Les arguments avancés en faveur de la « neutralité carbone » sont pourtant, à l'évidence, naïfs ou trompeurs, se rattachant à deux types de propositions sans fondement :

a) La phrase-clé que l'on retrouve, à des nuances près, dans la presque totalité des textes en faveur des bioénergies est que *« les émissions de carbone (ou de CO<sub>2</sub>) résultant de la combustion de biomasse peuvent être ignorées tant que cette biomasse est renouvelée par une gestion durable des espaces agricoles ou forestiers »*. Il est vrai que si la biomasse consommée est renouvelée de manière synchrone, le « budget carbone » est équilibré. Mais « l'équilibre » est un cas particulier qui implique, non que les émissions de combustion peuvent être ignorées (« nulles » selon un certain nombre de directives européennes), mais que la capture les compense, et dans ce cas seulement. Est-ce un budget carbone « équilibré » que l'on recherche ? Non, car la forêt n'aurait alors aucun rôle dans l'atténuation du changement climatique.

b) Une variante est la suivante : *« La combustion du bois génère aussi du CO<sub>2</sub>, mais celui-ci provient de l'absorption qu'avait faite la forêt depuis l'atmosphère. Ce carbone est considéré comme du carbone biomasse et donc non-fossile, n'ayant pas d'effet sur le réchauffement climatique »*. On ne peut que s'étonner de la distinction ainsi faite entre carbone « biogénique » et carbone « fossile » : tout gramme de CO<sub>2</sub> émis en quelque endroit de la planète, quelle qu'en soit la source, biomasse ou fossile, a le même effet sur le climat, et la photosynthèse ne fait pas de distinction entre les atomes de carbone présents dans l'atmosphère !

## VII – Conclusion

Certes, la physique ne peut être le seul moteur des décisions : faire jouer à la forêt un rôle de puits de carbone significatif nécessite des adaptations dans la gestion forestière et les usages des bois qui, compte tenu des contraintes techniques, économiques, environnementales et sociales, doivent être prudentes et réfléchies. Mais si l'objectif est bien une réduction drastique des émissions de carbone

et la compensation par la capture, vers la fin du siècle, des émissions résiduelles de gaz à effet de serre, on ne peut persister dans le « business as usual ».

La menace climatique est imminente à l'échelle du temps forestier, l'idée de substitution énergétique du bois à des combustibles fossiles repose sur des arguments contraires à la logique, les politiques énergétiques et forestières qui s'inspirent de ces arguments sont contre-productives, et la forêt, qui joue déjà un rôle majeur dans la balance globale capture-émission de CO<sub>2</sub>, n'attend que l'abandon de ces politiques pour offrir des moyens peut-être décisifs de lutte contre l'augmentation de l'effet de serre. Il est encore temps de penser la forêt « autrement ». Celle-ci ne peut, en tout cas, être considérée comme le substitut vert d'une mine de charbon<sup>(\*\*)</sup>.

Bèdeille, 14 mai 2018

**Philippe Leturcq**

Professeur des Universités (retraité)

Ancien chercheur du

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

[phleturcq@hotmail.fr](mailto:phleturcq@hotmail.fr)

tél. mob. : 06 73 34 03 18

(\*) Le GIEC/IPCC réfute explicitement l'assertion de « neutralité carbone » des usages énergétiques de la biomasse, sauf cas particulier ; consultez : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/faq/faq.html>, question Q2-10.

(\*\*) Le point de vue est largement partagé. Cf., par exemple, l'appel d'une quinzaine de scientifiques de renom, lancé récemment dans les colonnes du « The Guardian » : <https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/14/eu-must-not-burn-the-worlds-forests-for-renewable-energy>