

Juin 2012

## DE L'APORÉTIQUE CONTROVERSE DU BOIS ENERGIE NEUTRE EN CARBONE !

**Ludovic Guinard<sup>1</sup>**

---

Par de nombreux égards, le bois énergie enflamme la sphère scientifique, échauffe les écologistes ; et jette paradoxalement un froid sur la filière forêt-bois. Que d'énergie dépensée pour accroître toujours d'avantage la production d'énergie biomasse, et quelle déstabilisation du marché pourrait entraîner potentiellement de telles éruptions.

A la forge du décideur : un feu sacré, celui du carbone neutre de l'énergie biomasse ; justifiant toutes décisions de soutien et de développement. Et pourtant, en refroidissant, la forge laisse apparaître ça et là quelques foyers de discordance contredisant cette neutralité.

Aporétique controverse environnementale qui, déconnectée de l'économie réelle, attise un plus profond problème de compétitivité et de ressources. Car, l'hyper développement des énergies biomasse sans juste valorisation économique des différentes externalités dont le CO<sub>2</sub>, pourrait entraîner des pressions inflationniste ou déflationnistes sur la ressource forestière locale, et déstabiliser l'industrie de transformation.

Tous ces cracheurs de feu ont tort et raison :

- la combustion du bois émet du CO<sub>2</sub> ! -
- les émissions brutes de CO<sub>2</sub> issues de l'énergie bois, comparées aux autres sources à production d'énergie équivalente, sont des plus importantes ! -
- le carbone émis fut capté de l'atmosphère tant pour le bois que pour les ressources fossiles ! -
- Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie bois sont équivalentes à zéro en terme de comptabilité nationale ...

La « neutralité carbone » n'est pas un terme scientifique, et a de sens que dans le cadre exclusif d'une politique de lutte contre le renforcement climatique et les outils qui l'accompagnent : les inventaires nationaux de GES, les marchés du carbone, et la promotion des produits renouvelables. Pour le reste, aucune émission de CO<sub>2</sub> n'est neutre ! Neutre au sens où elle n'aurait aucun effet. Mais elle peut être soit comptabilisée dans un autre secteur, soit compensée préalablement ou bien compensée par « construction » de l'outil d'incitation.

La divergence des situations de référence (temporelle, scénarii,...) auxquelles se réfèrent les différents auteurs entretient la confusion. Pour autant, la controverse cache plus fondamentalement l'interrogation quant aux scénarii optimums permettant la lutte la plus efficace contre le renforcement de l'effet de serre. L'intégration erronée du carbone biomasse pourrait alors menée à définir des politiques éloignées de l'optimum.

---

<sup>1</sup> Ludovic Guinard est directeur du pôle Economie, Energie et Prospective de l'Institut Technologique FCBA, membre fondateur du Club Carbone Forêt Bois. [Ludovic.guinard@fcba.fr](mailto:Ludovic.guinard@fcba.fr)

## UN SEUL ENJEU, L'ATMOSPHERE

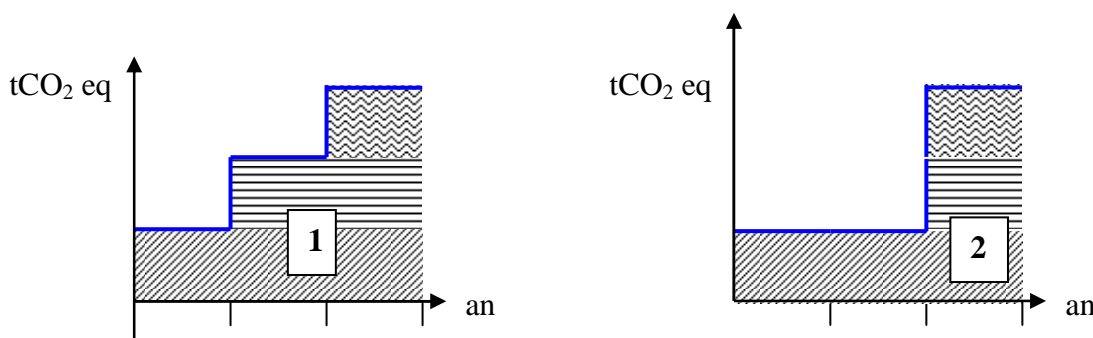
En préambule, il faut revenir au fait que les émissions anthropiques sont considérées comme à l'origine du renforcement de l'effet de serre ; et que ces seules émissions sont à la mesure de l'Homme. Les postulats sont les suivants :

- Seul l'effet de serre compte comme indicateur.
- L'effet de serre est induit par la quantité de  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  contenu dans l'atmosphère, et son temps de résidence
- L'impact anthropique doit donc s'exprimer en tonne x an, en plus ou en moins dans l'atmosphère

L'observation des flux de carbone atmosphérique ne donne qu'une représentation partielle de l'impact sur le renforcement de l'effet de serre. L'enjeu devient alors la maîtrise des « tonnes x an » dans l'atmosphère, et donc la réduction des émissions anthropiques et l'accroissement des séquestrations.

## ENTRE FLUX ET STOCK, UNE COMPTABILITE INCOMPLETE

Prenons deux capteurs de carbone (par exemple des parcelles forestières) : l'un (1) qui capte 20  $\text{tCO}_{2\text{eq}}$ /an sur 3 ans, et l'autre (2) qui en capte 20 t la première année et 40 t la 3<sup>ème</sup> année.



	Flux net	Variation de stock	Stock cumulé
Emetteur 1	- 60 $\text{tCO}_{2\text{eq}}$	+ 60 $\text{tCO}_{2\text{eq}}$	120 $\text{tCO}_{2\text{eq}} \times \text{an}$
Emetteur 2	- 60 $\text{tCO}_{2\text{eq}}$	+ 60 $\text{tCO}_{2\text{eq}}$	100 $\text{tCO}_{2\text{eq}} \times \text{an}$

Figure 1 : Illustration de la comptabilité Flux, stock, stock cumulé pour les GES

Le **stock cumulé** montre l'impact plus important du capteur 1, qui va capté plus de carbone et plus longtemps (120  $\text{tCO}_{2\text{eq}} \times \text{an}$ ), réduisant davantage l'effet de serre. Ainsi, le stock cumulé permet une juste évaluation de l'effet induit par une émission ou une séquestration. Le concept général de l'approche « **tonne par année** » permet de définir une équivalence en terme d'effet climatique entre piégeage et émissions. Cette approche permet alors de valoriser une séquestration en fonction des quantités stockées et leur durée de stockage, et de la comparer à une non émission.

Actuellement, les inventaires et méthodes de comptabilisation se basent encore exclusivement sur des flux ou des variations de stocks.

## LA COMBUSTION

La combustion « stricto sensu » libère le carbone contenu dans les combustibles sous forme de différents GES, dont en particulier le CO<sub>2</sub>. Sauf à considérer que l'énergie est produite sur le gisement (feu de forêt ou de puits de pétrole !!!), la préparation « amont<sup>2</sup> » du combustible use de ressources énergétiques qui émettent également des GES. Ces émissions doivent donc être ajoutées pour évaluer les émissions « brutes » liées à la production d'une même quantité d'énergie.

Captation en forêt	Préparation amont	combustion	Global		Combustible (source ADEME- bilan Carbone)
			BRUT	NET	
	8,0	96,6	104,6	<b>104,6</b>	Charbon à coke (PCS>23 865 kJ/kg)
	12,4	78,9	91,4	<b>91,4</b>	Fioul lourd
	15,9	75,9	91,8	<b>91,8</b>	Fioul Domestique / gazole (France)
	10,2	55,1	65,4	<b>65,4</b>	Gaz naturel (PCI) France
-104,5	1,2	104,5 <sup>3</sup>	105,7	<b>1,2</b>	Ecorces, sciures, broyats @30% hum.
-93,8	4,1	93,8	97,9	<b>4,1</b>	plaquettes forestières @40% hum.

Tableau 1 : Emission de GES par type de combustible induite par la production d'1 Gigajoule. (Unité : Kg CO<sub>2eq</sub> / GJ)

La phase amont du bois énergie est des plus faible en comparaison des autres sources d'énergie. Une partie des émissions de la phase amont est portée par l'exploitation des bois à destination de l'industrie.

Toutefois, en conséquence d'un faible pouvoir calorifique, les émissions brutes intégrant la phase de préparation amont et de combustion sont des plus importantes, pour une même quantité d'énergie produite, pour le bois énergie en comparaison des autres sources d'énergie.

Ainsi pour 1 GJ d'énergie produite, 105.7 kg CO<sub>2eq</sub> seront émis avec des sciures et écorces contre 65.4 avec du gaz naturel.

De ce fait, en ne considérant que les flux émis, le bois énergie apparaît comme la plus mauvaise énergie en termes de lutte contre le renforcement climatique.

Toutefois, la particularité de ce Carbone bois est qu'il fut capté par une forêt sous l'effet de l'Homme (de manière volontaire en Europe) dans un horizon de temps majoritairement inférieur à 50 ans. Aussi dès lors que cette captation est attribuée au crédit de l'Homme, et dans l'espace temporel concerné (100 ans, ou depuis 1990 selon le cadre choisi), elle peut venir « neutraliser » l'émission qui en découle.

Cette approche flux mésestime toutefois l'effet de la séquestration avec pour conséquence de sous estimer une séquestration d'une durée importante en comparaison d'une même séquestration de plus courte durée (cf productivité des essences). Par corollaire, elle ne permet pas d'éviter le déstockage de forêt durable car n'en valorisant pas la séquestration sur la durée.

<sup>2</sup> Préparation amont : plantation, extraction, exploitation, transport, etc...

<sup>3</sup> Il est considéré ici une combustion parfaite, telle que seul du CO<sub>2</sub> et de l'H<sub>2</sub>O résultent de la combustion.

## LE CYCLE DU CARBONE

En comparant maintenant ce que cela induit pour l'atmosphère et donc le stock de GES induisant l'effet de serre : le tableau ci-dessous quantifie les quantités de GES dans les différents compartiments ; et leur temps de résidence<sup>3,4</sup> pour la production d'1 GigaJoule

### Scénario Bois énergie :

Compartiment	Temps	initial	émission					final
			-50	-25	0 :	25	50	
Atmosphérique		0	- 52.25 <sup>4</sup>			1.2 <sup>5</sup>		1.2
Terrestre		0	52.25			0		0
Géologique		0	0			- 1.2		-1.2

Tableau 2 : stock de GES et durée de résidence par compartiment pour la production d'1GJ à base d'Ecorces, sciures, .

### Scénario Gaz naturel (France) :

Compartiment	Temps	initial	émission					final
			-50	-25	0 :	25	50	
Atmosphérique		0	0			65.4		65.4
Terrestre		0	0			0		0
Géologique		0	0			-65.4		-65.4

Tableau 3 : stock de GES et durée de résidence par compartiment pour la production d'1GJ à base de gaz naturel.

L'effet sur l'atmosphère sur 100 ans est le suivant (représentée par l'aire de chaque courbe) :

- Bois :  $-52.25 \text{ kg CO}_{2\text{eq}} \times 50\text{ans} + 1.2 \text{ kg CO}_{2\text{eq}} \times 50\text{ans} = -2,5 \text{ t CO}_{2\text{eq}} \times \text{an}$
- Gaz naturel :  $65.4 \text{ kg CO}_{2\text{eq}} \times 50\text{ans} = +3.2 \text{ tCO}_{2\text{eq}} \times \text{an}$

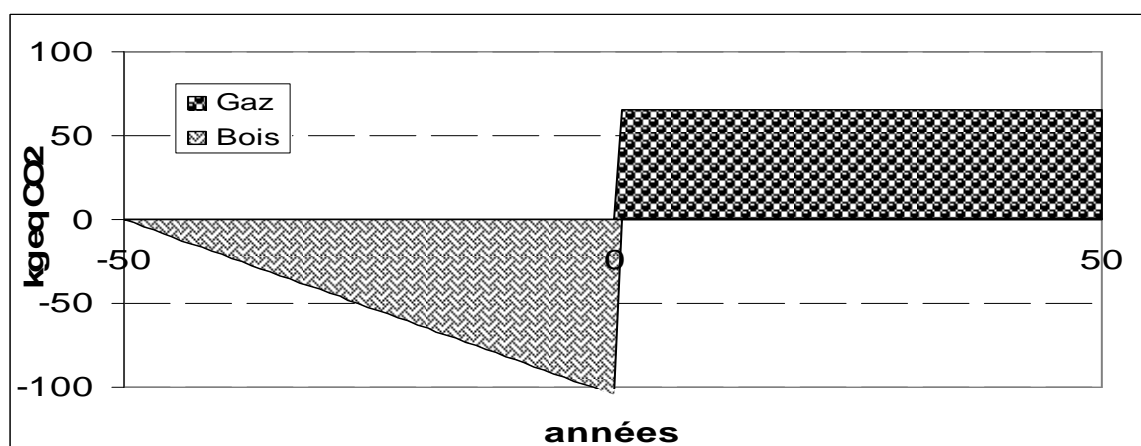


Figure 2 : stock de GES et durée de résidence dans l'atmosphère d'1GJ à base de gaz naturel ou de Bois (écorces).

**Bien plus que neutre, le carbone issu de la biomasse consommé en énergie participe à la réduction de l'effet de serre.** La substitution du gaz par le bois équivaldrait (pour 1 GJ) à  $-5.7 \text{ tCO}_{2\text{eq}} \times \text{an}$ , soit la captation de  $57 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}$  par an sur 100 ans.

Scénario bois – Scénario gaz =  $-2.5 - 3.2 = -5.7 \text{ tCO}_{2\text{eq}} \times \text{an}$

<sup>4</sup> Pour simplifier, on considère une captation linéaire, soit équivalente à une captation de moitié instantanée en début de période. Un terrain nu à  $0 \text{ tCO}_2$  contiendra par boisement  $104.5 \text{ tCO}_2$  à 50 ans, ce qui revient à capté  $52.25 \text{ tCO}_2$  en moyenne pendant ces 50 ans. L'émission est considérée comme immédiate.

<sup>5</sup> Pour simplification de l'exposé, il n'est pas considéré une décroissance de la tonne émise dans l'atmosphère, bien que la captation par les écosystèmes (océaniques en particuliers) puisse en réabsorber environ 50% à 50 ans. Le différentiel des situations prises en exemple ne serait alors plus de  $-5.7 \text{ tCO}_2 \times \text{an}$  ; mais de  $-4.7$ .

La réalisation de ce scénario nécessite que la plantation ou l'accroissement de la production biologique forestière d'origine humaine soit initiée dans les 50 années précédentes et coïncide avec le cadre temporel choisi.

Il pourrait être opposé que le carbone fossile fut également capté dans les couches géologiques. Le fait que cela ne soit pas d'origine anthropique, ni dans un pas de temps de l'ordre de 100 ans (ou de 1990 selon le cadre temporel choisi), suffit à lever cette opposition. Car bien que scientifiquement correcte, le cadre d'une politique Humaine tel que le protocole de Kyoto ne permettrait pas de comptabiliser ces captations de quelques 5 milliards d'années.

## LE CADRE KYOTO

---

Suite à Rio, les rédacteurs du Protocole de Kyoto, ont considéré que les technologies permettraient dans 100 ans (à partir de 1990) de réduire drastiquement nos émissions tout en satisfaisant un niveau de vie développé. Ils ont donc créé une politique portée par un protocole et traduit par des outils visant à inciter et obliger à la réduction des émissions et l'accroissement des séquestrations. Pour ce faire, les inventaires des soldes d'émissions par Etat, les marchés d'échanges de quotas, ... furent institués.

Ainsi, d'un point de vue théorique, il s'agit de travailler sur un pas de 100 ans. Toutefois, les modes de comptabilisation ont institué une année de référence : 1990. De la sorte, seules les quantités de carbone séquestrées de manière anthropique depuis 1990 pourraient être prises en compte.

### ***L'outil de mesure***

Les inventaires nationaux permettent de dresser les flux de GES qui traduisent indirectement l'évolution du stock de GES atmosphérique. Ces inventaires ne sont qu'un outil de mesure. Ces inventaires affectent les flux aux différents secteurs de manière à éviter tout oubli ou tout double compte. La production d'énergie et la foresterie rentrent dans deux secteurs distincts.

Les émissions de GES par combustion de biomasse forestière se retrouvent déduites des secteurs forestiers (52 MtCO<sub>2eq</sub> en 2010). En effet, toute quantité de bois sortie des forêts est considérée par l'inventaire comme réémise à l'atmosphère. Ainsi les émissions de la combustion du bois énergie, ou des produits bois en fin de vie, sont d'ores et déjà comptabilisées. Il y aurait alors double compte de l'inscrire également aux débits des secteurs énergétiques.

Il faut ainsi noter que l'inventaire ne mesure pas l'évolution du stock de produits bois en usage.

***Le carbone énergie biomasse n'est donc pas neutre, mais comptabilisé dans un autre secteur.***

### ***L'outil d'incitation économique***

Pour atteindre les objectifs globaux, répartis par Etat, le marché des quotas fut créé. L'état affecte à chaque secteur des « permis d'émissions fossiles », jusqu'alors gratuit, qui viennent équilibrer les émissions de GES issu de carbone fossile. A charge du secteur de respecter le niveau limite des permis acquis, sinon d'en acquérir ou bien d'en céder. L'outil, ainsi construit, n'a pas créé de « permis d'émissions biomasses ». Cette situation peut être considéré comme une transaction blanche entre acquisition de permis d'émission de GES biomasse gratuits illimités assis sur la séquestration équivalente en forêt. L'inventaire français montre que le bilan entre séquestration par la biomasse et émission liée à la biomasse aboutit à un solde négatif, c'est-à-dire le maintien d'une pompe à carbone.

Cette décision politique n'est pas obligatoirement favorable au secteur forestier dans la mesure où elle lui fait compenser les émissions d'autres acteurs (bois énergie, consommateur,...) sans réel bénéfice, et ne valorise pas la séquestration du carbone dans les produits bois. La décision politique souligne également l'absence de politique économique d'incitation Carbone de séquestration en forêt, ou bien de mobilisation (pour le territoire national).

***Le carbone énergie biomasse n'est donc pas neutre, mais compensée par « construction » de l'outil d'incitation.***

## LES ANALYSES DE CYCLE DE VIE

---

Les analyses de cycle de vie sont des outils méthodologiques permettant la prise de décision dans le cadre d'objectifs environnementaux. Ces objectifs confinent à la réduction de l'empreinte carbone de notre société, et donc des émissions qui en découlent. C'est la raison pour laquelle, le cycle concerné par l'analyse intègre toutes les opérations humaines et leur conséquences menant à la création d'une unité fonctionnelle, par exemple une poutre ou bien encore une unité d'énergie.

De ce fait, la séquestration forestière du carbone, à la condition qu'elle soit d'origine humaine (exploitation sylvicole du type plantation, régénération naturelle,...), est prise en compte. Dans ce cadre, les émissions de la combustion du bois sont compensées par la séquestration d'origine. Il reste alors les émissions liées aux travaux, process et transports.

***Le carbone énergie biomasse n'est pas neutre, mais neutralisé par compensation de la séquestration initiale.***

## LA COMPENSATION

---

L'application du protocole, et la comptabilisation neutre du carbone biogénique, semble indiquer que seules les émissions fossiles sont comptabilisées et doivent être compensées sur les marchés. Cependant, **actuellement** la compensation des émissions du bois énergie est reconnue de facto par la séquestration par le bois, sans considération de la provenance anthropique et temporellement acceptable de ce combustible bois.

Une option plus libérale eut été possible en faisant en sorte que toutes tonnes de carbone séquestrées puissent être reconnues et échangées ; et qu'en conséquence toutes émissions de CO<sub>2</sub>, fossile ou organique, fussent être compensées sur le marché carbone. Cette option se traduirait par un accès équivalent au crédit carbone forestier généré pour les énergies fossiles ou organiques.

## L'OPTIMUM

---

Néanmoins, il est nécessaire de s'assurer de la cohérence de l'approche actuelle avec la recherche d'un optimum de lutte contre le renforcement de l'effet de serre.

- L'approche consistant à s'interroger sur le meilleur emploi d'une ressource donnée (en terme d'usage et de CO<sub>2</sub>) est limitée car elle s'émancipe indûment des autres ressources, et de la demande du marché. Les autres ressources peuvent être plus performantes, plus adaptées. La demande marché fixe un cadre à la production de tels ou tels utilités liées à une ressource (produit de consommation, et énergie en particulier).

- L'approche consistant à s'interroger sur la meilleure option de production d'énergie en satisfaction d'une demande s'émancipe là encore de la demande de produits qui peuvent ne pas être substitués par d'autres ressources, en terme de qualité, de quantité et de prix.

**L'optimum réside dans la satisfaction de la demande en Energie, et en Produit, avec un coût social de la tonne évitée le plus faible.** La meilleure stratégie de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, y compris en terme de bois énergie, doit s'attacher à tendre vers cet optimum, et d'en définir les conditions de réalisation.

Le système qui apparaît le plus optimum est celui, où la plus grande part des coûts environnementaux est portée sur une utilité marchande autre que l'actif CO<sub>2</sub>. A ce titre, l'usage en cascade de la biomasse forestière apparaît comme une stratégie pertinente. Les produits à base de bois supportent les coûts les plus importants, déclenchent la pompe à carbone forestier, et offre une réduction des émissions moins coûteuse.

La décision politique de neutraliser les émissions de combustion biomasse comptablement ou par compensation, tend à poursuivre cet objectif.

## EN CONCLUSION

---

La comptabilisation du carbone émis lors de la combustion du bois à destination de l'énergie est actuellement cohérente et traduit la compensation de l'émission par la séquestration forestière amont. Dans le cadre des marchés de quotas, de l'inventaire national des GES, et enfin des analyses de cycles de vie, la neutralité du carbone bois énergie est cohérente.

En fixant un cadre temporel, et une référence de scénario « business as usual », il est alors possible d'évaluer la stratégie optimale. Cette stratégie doit s'assurer de contenter la demande (énergie et produit), et d'atteindre les objectifs de réduction d'émissions au coût social le plus faible.

L'évaluation des résultats des différents scénarii, doit prendre en compte tant la séquestration forestière, que la séquestration produite, aussi pleinement que le permet l'approche « tonne x an »

Il reste que les différentes politiques publiques de soutien (subvention, tarif de rachat, gratuité des mises aux enchères des quotas), modifient le coût privé marginal, et peuvent ainsi modifier l'optimum. Il faut donc s'interroger d'une part sur l'actuelle répartition de l'effort, et donc du transfert du coût privé vers le coût externe ; et déterminer de quelle manière et dans quelle mesure une focalisation de l'effort sur le secteur forêt bois pourrait participer à la stratégie optimale de lutte contre le renforcement de l'effet de serre.

## REFERENCES

---

- Guinard Ludovic, « Puits de carbone forestier : Un instrument de lutte contre le renforcement de l'effet de serre » – 2000 – Thèse professionnelle – MINESParistech
- Johnson Eric, « Goodbye to carbon neutral : Getting biomass footprints right », Environ Impact Assess Rev (2008)
- Leturcq Philippe, « Forêt, bois, CO2 : Mise en question des politiques de développement des usages énergétiques du bois » – Acad. Agri., section 2° - 11 janv 2012
- TaraW. Hudiburg, Beverly E. Law, ChristianWirth and Sebastiaan Luyssaert , "Regional carbon dioxide implications of forest bioenergy production"