

Les forêts : poumon de la planète ? Quel rôle dans le cycle du carbone ?

Comme le gaz carbonique (CO_2) contribue au réchauffement de l'atmosphère par effet de serre, il paraît souhaitable de limiter l'augmentation de sa concentration. En absorbant ce gaz, c'est-à-dire en faisant l'inverse de ce que fait un poumon humain, les forêts peuvent elles y contribuer, et jusqu'à quel point ?

Le carbone : un élément très répandu à la surface du globe

Le gaz carbonique très abondant dans l'atmosphère primitive a été absorbé par les êtres vivants, et son carbone a été fixé sous diverses formes : biomasse, humus, roches. Le gaz carbonique peut par ailleurs être dissous dans l'eau. Aujourd'hui, la répartition du carbone à la surface du globe est la suivante :

Localisation	Atmosphère	Biosphère (plantes et sols)	Hydrosphère (océans)	Roches carbonatées (calcaires)	Roches carbonées (charbon, pétrole ..)
Stock de carbone Giga Tonnes	750	2 200 (dont 50 % dans les forêts, 60% de ce carbone se trouvant dans leur sol)	39 000	30 millions	7 millions

La circulation – on parle de cycle - du carbone entre ces grands compartiments s'effectue à des vitesses très variables. Dans les roches, le carbone peut être immobilisé pendant plusieurs centaines de millions d'années. Le « cycle court du carbone » se déroule essentiellement entre l'atmosphère, où le carbone séjourne 5 ans en moyenne, l'hydrosphère et la biosphère (durée de séjour de 1 à 250 ans dans la végétation, de 5 000 à 10 000 ans dans les sols). Les activités humaines interviennent dans ce cycle court en émettant chaque année **8 à 10 GT** (milliard de tonnes) de carbone dans l'atmosphère.

Les échanges de carbone entre l'atmosphère et les forêts

Ces échanges sont schématisés dans la figure 1 dont la légende est donnée dans l'encadré ci-après.

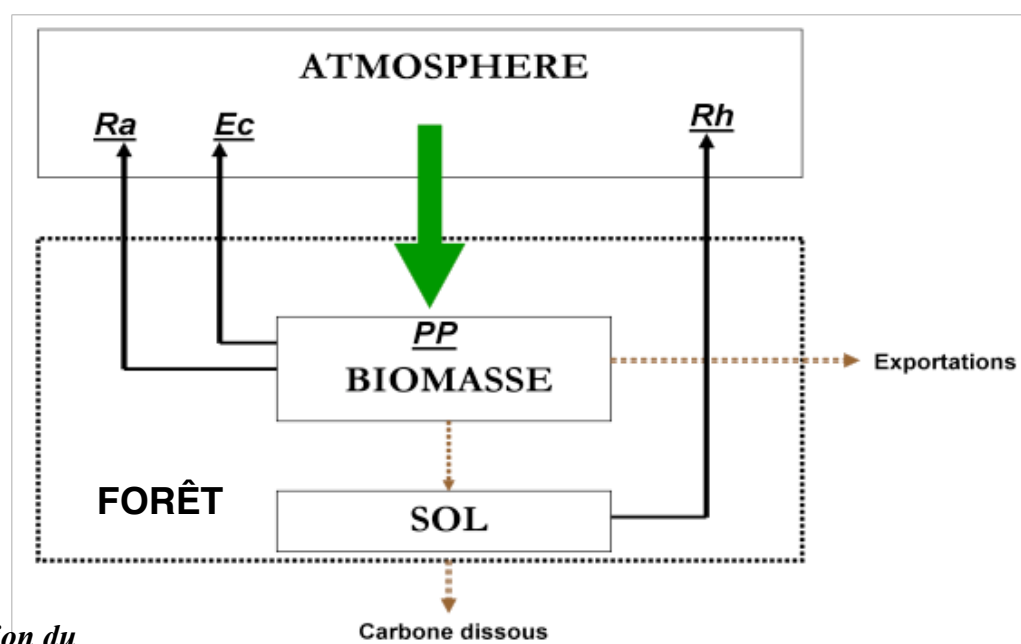


Figure 1. Représentation du cycle du carbone en forêt

Le cycle du carbone en forêt en bref

L'absorption du carbone par la biomasse (« entrée » depuis l'atmosphère, la forêt est un « puits ») est due à la photosynthèse, qui permet aux végétaux d'utiliser l'énergie solaire. Chaque année, la végétation du globe absorbe 385 milliards de tonnes de gaz carbonique, soit 105 milliards de tonnes de carbone. 54 % de cette absorption a lieu dans les écosystèmes terrestres. Dans les plantes, l'association des molécules de sucres ainsi obtenues permet de former les tissus végétaux, notamment pour les arbres le bois. Dans 1 kg de bois sec, on trouve en moyenne 500 g de carbone. L'absorption de carbone est appelée « Production primaire brute », PP dans le schéma ci-dessus.

Les émissions de carbone (« pertes » vers l'atmosphère, la forêt est une « source ») sont plus diversifiées ; on distingue :

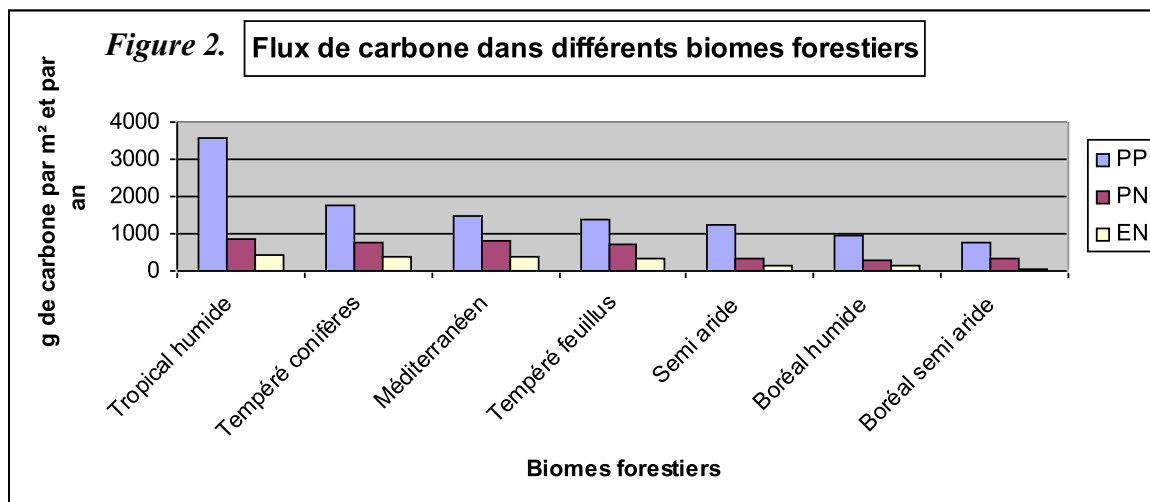
- la respiration des végétaux (ou « respiration autotrophe » : R_a), qui comprend aussi la respiration des racines
- la respiration des êtres vivants du sol, surtout celle des organismes décomposeurs de la biomasse, champignons, bactéries, insectes xylophages (ou « respiration hétérotrophe » : R_h),
- les émissions de molécules carbonées (E_c).

Des quantités importantes de carbone peuvent quitter les forêts sous forme de tissus végétaux (consommation par les animaux, récoltes de bois) ou de gaz (incendies) ; ces exportations ont souvent un caractère discontinu. Enfin, le carbone est exporté des forêts, en faibles quantités, sous forme dissoute dans les eaux du sol. Les scientifiques distinguent schématiquement différents flux, tous difficiles à mesurer, pour lesquels on dispose donc d'estimations plutôt que d'évaluations précises :

- production nette de carbone par la végétation : $PN = PP - R_a - E_c$
- échange net de carbone entre l'écosystème et l'atmosphère : $EN = PN - R_h$
- bilan net global de carbone de l'écosystème : $BN = EN - \text{ensemble des exportations}$

L'échange net de carbone des forêts varie fortement sous l'effet des facteurs naturels

La figure 2 ci-dessous compare les ordres de grandeur de trois flux annuels de carbone pour les principaux biomes (vaste zone biogéographique s'étendant sous un même climat) forestiers du monde :



En zone tropicale, la production brute est maximale car tous les facteurs sont favorables : température, longueur de la saison de végétation, pluviométrie. En zone boréale semi aride, la production brute n'atteint que le quart de la production de la zone tropicale. L'ensemble des respirations représente de 75 % (méditerranée) à 95 % (boréal semi aride) de la production brute. L'échange net de l'écosystème est du même ordre de grandeur en zones tropicales (du fait d'une importante respiration : $R_a + R_h$), méditerranéenne et tempérée (conifères), soit 400 grammes de carbone par m^2 et par an. En zone boréale semi aride, cet échange est dix fois moins important.

Le bilan net de carbone des forêts varie dans le temps

La production primaire dépend de la photosynthèse, donc de la température et de la pluviométrie. Dans une jeune hêtraie de Lorraine (voir fig.3) poussant sur sol et sous climat favorables, la production primaire a pu être réduite de 20 à 30 % lors de certains étés secs. Dans un taillis de chêne vert méditerranéen, la production primaire peut varier d'un facteur 2,5 d'une année à la suivante. L'échange net est très dépendant de la respiration de l'écosystème, en particulier du sol ; sous climat tempéré, la respiration du sol peut être particulièrement active pendant un hiver doux, et réduire fortement l'échange net. Les valeurs de bilans n'ont donc de sens que lorsqu'elles sont calculées sur au moins dix ans).

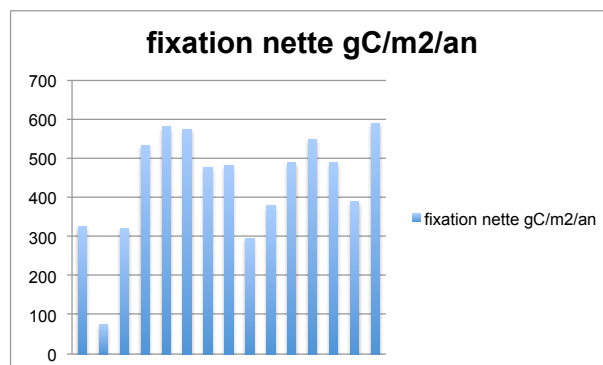


Figure 3. Fixation annuelle nette de carbone par une hêtraie en Lorraine entre 1997 et 2011 (Source : INRA)

Le bilan net de carbone des forêts dépend fortement des activités humaines

Le **déboisement** d'une forêt provoque le retour de son carbone à l'atmosphère, soit en grande quantité et en quelques heures en cas d'**incendie**, soit en partie et sur plusieurs années dans d'autres cas (tempête, invasion d'insectes). Le déboisement actuel se produit essentiellement en zone tropicale, et souvent par incendie : la disparition d'un hectare de forêt émet alors en moyenne 130 tonnes de carbone. On estime que la déforestation touche actuellement chaque année 13 millions d'hectares de forêts et émet 1,6 GT de carbone par an dans le monde, soit environ 20 % des émissions d'origine humaine, et 2,5 fois la production primaire nette de l'ensemble des forêts de l'Union européenne. Dans l'Union européenne, en moyenne 500 000 ha de forêts brûlent chaque année (20 000 ha en France). Après un incendie, il faut plusieurs dizaines d'années à une forêt pour fixer la quantité de carbone perdue. La préservation de l'état boisé et la prévention des incendies de forêts sont donc essentielles pour aboutir à une réduction significative des émissions de carbone depuis les forêts.

Dans les forêts faisant l'objet d'une **silviculture**, les exportations de carbone sont principalement causées par les coupes de bois. Lorsque le peuplement forestier est jeune, ces exportations sont inférieures à la fixation de carbone. Dans une jeune hêtraie par exemple, sur un échange net de 540 g de carbone par m² et par an, l'exportation de carbone réalisée par une éclaircie a représenté 22% de l'échange net de carbone cumulé sur 10 ans ; 78 % du carbone de l'échange net, soit 420 g de carbone par m² et par an, ont donc été stockés dans les arbres. En revanche, lorsque le peuplement est exploité en fin de révolution, le carbone contenu dans les produits récoltés quitte la forêt, et le sol continue de respirer. Par exemple pour un m² de sol forestier dans les Landes de Gascogne et sur un an, l'échange annuel net de carbone est un puits de l'ordre de 500 g pour un peuplement de pins de 30 ans, et une source de 300 g après une coupe rase.

Pour maximiser la fonction de puits de carbone des forêts, faut-il les laisser vieillir le plus longtemps possible, et les densifier en supprimant les récoltes de bois ? Pas forcément, car la production primaire d'une forêt diminue avec l'âge : elle baisse de moitié par exemple chez le pin maritime entre 10 et 90 ans. Les peuplements forestiers très denses sont par ailleurs très sensibles aux accidents du climat (tempêtes, sécheresse) ainsi qu'aux maladies et insectes : la quantité importante de carbone qu'ils renferment risque donc d'être brutalement émise vers l'atmosphère.

Il est possible de limiter fortement l'émission de CO₂ dans les coupes rases : en limitant leur surface, en évitant d'y travailler le sol, en réinstallant rapidement par régénération naturelle ou plantation un peuplement forestier qui couvrira le sol (technique courante en France, cf. fig. 4).

Pour éviter les coupes rases, on peut adopter un traitement dit « de jardinage » assurant le maintien continu d'un couvert (cf. illustration ci-contre). C'est une méthode qui ne peut être appliquée à toutes les espèces d'arbres, et, par ailleurs, qui impose de limiter le volume de bois du peuplement sous peine de nuire à la régénération des arbres : elle ne permettra donc pas d'obtenir un volume de bois important à l'hectare. Enfin, la fonction de puits de carbone sera maximale dans une plantation d'arbres installée sur un terrain précédemment non boisé.

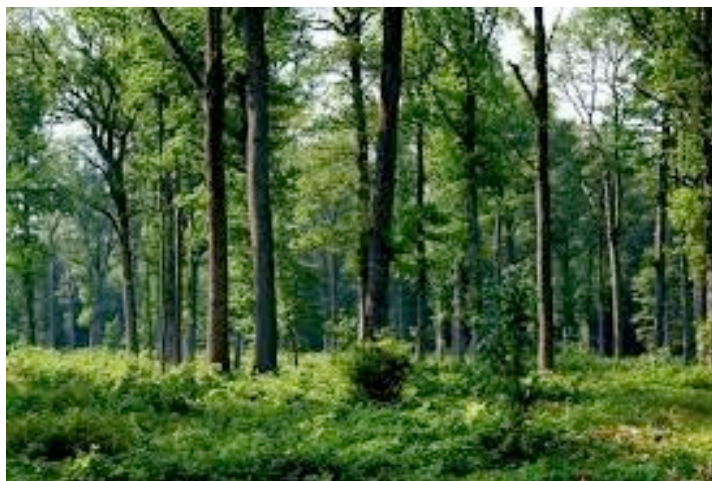


Figure 4. Régénération naturelle de chêne



Ce qu'il faut retenir

- La fixation du carbone dans les forêts se fait par un seul mécanisme : la photosynthèse, alors que les pertes de carbone des forêts se réalisent par des voies très diverses.
- Plus de 50% du carbone des forêts est retenu dans leur sol.
- Globalement, les forêts sont des fixatrices nettes de carbone.
- Le bilan carbone des forêts varie fortement dans le temps et dans l'espace.
- Les forêts peuvent émettre beaucoup de carbone quand elles sont détruites, incendiées, victimes d'attaques massives de ravageurs.
- Le stockage de carbone dans les forêts n'est pas illimité
- Une gestion adaptée des peuplements forestiers et l'utilisation du bois d'œuvre dans l'économie optimisent la fonction de « puits de carbone » des forêts.

Chiffres clés du carbone dans la forêt française métropolitaine (ordres de grandeur, période : 2008-2012)

- **Stocks de carbone**
Sols : 1,1 Gt
Biomasse aérienne : 1,56 Gt
Biomasse totale : 1,95 Gt
- **Production de biomasse aérienne :**
0,054 Gt / an
- **Récolte de biomasse aérienne :**
0,026 Gt / an
- **Puits apparent de la biomasse aérienne :**
0,028 Gt / an