

CYCLE GLOBAL DU CARBONE, CONTRIBUTION DU SYSTÈME TERRESTRE »

Animateur Philippe **CIAIS**, membre correspondant de l'Académie

Le cycle global du carbone est l'ensemble des mécanismes planétaires qui régulent la teneur en CO₂ de l'atmosphère. L'augmentation du CO₂ depuis le début de l'ère industrielle est la cause du changement climatique, et elle est principalement liée à l'utilisation de carbone fossile pour produire de l'énergie. Les activités humaines impactent aussi les réservoirs de carbone des écosystèmes terrestres, directement par les décisions de changements d'usage des terres, et indirectement par l'augmentation du CO₂ atmosphérique, du climat et des dépôts d'azote atmosphériques. Aujourd'hui, l'ensemble des écosystèmes terrestres absorbent environ 30% des émissions de CO₂ fossile. L'accord de Paris sur le climat vise un réchauffement inférieur à 2°C, et ne pourra être tenu que si les émissions nettes de CO₂ sont réduites au cours des prochaines décennies, environ d'un facteur deux tous les dix ans. Face à cet effort herculéen, plusieurs scénarios économiques incorporent une gestion à grande échelle du cycle du carbone pour améliorer les réductions d'émissions. Il s'agit soit de produire de la biomasse énergie, soit d'augmenter la séquestration dans la biomasse et les sols. Pour l'Académie d'Agriculture, les points qui seront abordés concernent les bilans de CO₂ des cultures et de l'élevage à grande échelle, leur évolution au cours du siècle dernier et leurs incertitudes. On parlera ensuite des 'solutions' en particulier à partir de l'initiative dite « quatre pour mille » avec des données sur les stocks de carbone et les potentiels de séquestration dans les sols.

Introduction : Bernard **SAUGIER**, membre de l'Académie,

1. Le cycle global du carbone et le rôle des écosystèmes terrestres par Philippe **CIAIS**, membre correspondant
2. Le cycle du carbone des prairies à l'échelle globale par Abad **CHABBI**, directeur de recherche à l'INRA
3. Les stocks de carbone et les potentiels de séquestration dans les sols agricoles par Claire **CHENU**, membre correspondant,
4. Le rôle des forêts dans le cycle du carbone par Denis **LOUSTEAU**, directeur de recherche à l'INRA

Conclusion : Jean-Marc **GUEHL**, membre correspondant

LE CYCLE GLOBAL DU CARBONE ET LE RÔLE DES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES

par Philippe **CIAIS**, membre correspondant

Depuis le début de l'ère industrielle, l'humanité a rejeté dans l'atmosphère du CO₂ qui provient des réserves de carbone fossiles et de la réduction des surfaces de forêts. Cette perturbation est la principale cause du changement climatique, et comme le CO₂ est un gaz à effet de serre à très longue durée de vie, les émissions passées nous lèguent un réchauffement futur. La durée de vie très longue du CO₂ est aussi la raison pour laquelle le forçage radiatif du CO₂ et le réchauffement du climat sont linéairement dépendants de la quantité totale de CO₂ qui a été et qui sera émise par l'humanité, et dépendent assez peu de la trajectoire des émissions, ce qui permet de définir un « carbon budget », soit une quantité totale d'émission à ne pas

dépasser pour un objectif climatique donné. Dans cette présentation, je montrerai l'historique des émissions et de la réponse du cycle du carbone qui conduit à l'augmentation observée de CO₂ dans l'atmosphère depuis 1700. Puis l'importance des puits naturels pour différents scénarios futurs et celle des rétroactions positives dans le système couplé climat-cycle du carbone. Si le temps le permet, la question des émissions dites négatives sera abordée pour des objectifs de limitation du réchauffement climatique.

LE CYCLE DU CARBONE DES PRAIRIES À L'ÉCHELLE GLOBALE

par Abad **CHABBI**, directeur de recherche à l'INRA

La superficie des prairies gérées a considérablement augmenté au cours des cent dernières années et l'intensité de la gestion a également augmenté. L'augmentation historique du cheptel de ruminants a néanmoins été précédée à la fin du XIX^{ème} siècle par la disparition massive des grands herbivores sauvages qui ont été chassés, tués par des maladies ou confinés par l'agrandissement des terres agricoles. Ces activités humaines, associées aux effets indirects du changement climatique, de l'augmentation de la concentration du CO₂ atmosphérique et des dépôts d'azote atmosphérique, perturbent les cycles biogéochimiques du carbone et des nutriments dans les prairies.

S'agissant du cycle global du carbone, les prairies agissent en premier lieu en stockant du carbone dans les sols, mais ces stocks sont sensibles au changement climatique, aux intrants azotés et à l'intensité de la gestion animale. Les prairies dégradées contiennent en général assez peu de carbone mais les expériences de long terme d'apport de matière organique montrent qu'une augmentation importante du carbone des sols des prairies peut être obtenue. Les résultats de mesures de tours à flux et d'expériences en conditions contrôlées avec des écotrons seront présentés.

LES STOCKS DE CARBONE ET LES POTENTIELS DE SÉQUESTRATION DANS LES SOLS AGRICOLES

par Claire **CHENU**, membre correspondant

Les sols contiennent à eux seuls plus de carbone organique que la végétation et l'atmosphère de notre planète réunis et représentent donc un compartiment qui peut peser fortement sur la concentration en CO₂ de l'atmosphère. En effet le stock global de carbone de sols jusqu'à un mètre de profondeur est estimé à 2500 Pg C, dont environ 1500 Pg C est du carbone organique (SOC). Ces estimations sont cependant encore trop entachées d'incertitudes, en particulier dans les zones boréales et intertropicales, ce qui a généré le lancement d'une opération mondiale de cartographie des stocks de carbone des sols, coordonnée par la FAO, à partir d'une contribution volontaire des pays. La « Global SOC map » obtenue suggère un stock global $680 \pm 17,2$ Pg C, dont 25% se trouve dans des sols agricoles, cultivés ou prairiaux. Les sols agricoles étant très généralement appauvris en carbone par rapport aux sols sous végétation naturelle, l'estimation de leur potentiel de stockage de carbone organique est cruciale pour évaluer la contribution possible du secteur des terres à l'effort d'atténuation du changement climatique. Une diversité de pratiques agricoles permet un stockage additionnel de carbone dans les sols par rapport à une situation actuelle (e.g. cultures intermédiaires, agroforesterie, prairies temporaires), un nouvel équilibre étant atteint en plusieurs décennies.

Différentes approches permettent d'estimer le potentiel de stockage de C des sols : approche statistique (quels sont les stocks maximaux observés pour un contexte pédoclimatique donné ?), application de valeurs établies de stockage additionnel pour une pratique donnée (méthodologies de Tier 1 et 2 du GIEC), modélisation de l'effet de la mise en œuvre de telles pratiques sur les stocks de C et estimation de la taille maximale de SOC « stable » en fonction de la texture du sol (C saturation approach). Des exemples d'estimation du potentiel de stockage de C des sols agricoles par ces différentes approches seront présentés à l'échelle (i) d'un petit territoire agricole, (ii) du territoire métropolitain français et (iii) mondiale et les points forts et faibles de ces approches discutés. C'est un potentiel biophysique de stockage qui est ainsi estimé, ce qu'il faut ensuite étayer d'estimations économiques et d'une évaluation des freins et leviers d'ordres socio-économiques.

LE RÔLE DES FORÊTS DANS LE CYCLE DU CARBONE

par Denis **LOUSTEAU**, directeur de recherche à l'INRA

Cette présentation, partant d'une vision du cycle du carbone global pré- industrielle, fera le point sur l'état actuel des connaissances concernant l'impact « biogéochimique » des forêts dans le cycle actuel du carbone et donnera un aperçu de leurs interactions « biophysiques » dans le système Terre. Les impacts de changements d'utilisation des terres impliquant les forêts mais aussi de l'aménagement et de la gestion forestière sur le cycle du carbone seront abordés.

S'agissant du cycle global du carbone, les forêts agissent en premier lieu à travers la séquestration de carbone in situ, dans la biomasse, la nécromasse et le sol ainsi que sur le transport de composés carbonés vers les hydrosystèmes. Cette fonction varie au long du cycle de vie de la forêt et selon les climats et les modes de gestion. En deuxième lieu, l'utilisation de produits récoltés contribue à réduire l'usage de produits carbonés d'origine fossile, ce remplacement étant couramment appelé substitution. Elle conduit également à une séquestration d'importance secondaire ex situ dans les produits forestiers.

On estime que l'utilisation des terres par l'Homme a réduit le stock de carbone dans la biomasse des écosystèmes continentaux de 53-58%, l'exploitation des forêts, prairies et savane se voyant attribuer environ 42-47% de cette diminution. Ces constatations appellent à la recherche d'un compromis optimal entre les fonctions de séquestration et de substitution remplies globalement par les écosystèmes forestiers.