

Devenir du carbone fluvial dans les océans

Wolfgang Ludwig

Cefrem – CNRS/ Univ. de Perpignan, 52 av. de Villeneuve / 66860 Perpignan Cedex
Courriel : ludwig@univ-perp.fr

Résumé

L'une des priorités pour une meilleure compréhension du cycle global du carbone est l'amélioration de nos connaissances sur les processus et les flux liés à l'érosion continentale et les transferts de carbone aux océans par les fleuves. En effet, la plupart du carbone inorganique (essentiellement des ions bicarbonates issus de l'altération des roches) et quasiment la totalité du carbone organique (du carbone organique dissous et particulaire (respectivement COD et COP) issus de l'érosion des sols et de la production primaire aquatique) sont d'origine atmosphérique, et l'érosion continentale représente donc une des voies principales pour l'assimilation du CO₂ atmosphérique dans les océans (voir aussi les conférences de J.-L. Probst et M. Meybeck dans ce volume). D'un point de vue global, ce transfert de carbone de l'atmosphère vers les océans doit être équilibré par des processus dans les océans qui mènent à des flux inverses pour éviter que l'atmosphère ne se vide de CO₂ à une échelle de temps de quelques centaines à quelques milliers d'années. Ces processus sont l'oxydation biologique et chimique de la matière organique fluviale ainsi que la précipitation biologique et chimique des minéraux carbonatés. Ce dernier libère également du CO₂ à la colonne d'eau et à l'atmosphère. En revanche, le carbone fluvial qui s'intègre dans les sédiments par enfouissement du carbone organique et des minéraux carbonatés retourne dans l'atmosphère uniquement à l'échelle des temps géologiques par le volcanisme, le métamorphisme et par l'oxydation lente du carbone organique fossile contenu dans des roches sédimentaires.

L'ensemble des phénomènes de la consommation du CO₂ par l'érosion et de la libération du CO₂ d'origine fluviale dans les océans peut être regroupé sous le nom de la 'boucle du carbone fluvial' (Aumont et al., 2001). Nos connaissances sur la partie terrestre de cette boucle ont considérablement progressé au cours des années récentes suite à des efforts qui ont été entrepris dans le monitoring de la qualité de l'eau des grands fleuves du monde. Aujourd'hui, les bilans globaux et régionaux des transferts fluviaux de carbone aux océans sont assez bien connus, même si l'attribution de l'origine exacte de ce carbone reste toujours un peu problématique (origine atmosphérique ou lithologique pour le carbone inorganique ; origine fossile, biosphérique ou planctonique pour le carbone organique). Mais en ce qui concerne la partie marine de la boucle du carbone fluvial, il faut avouer que nos connaissances ont toujours très peu avancé.

La prédiction du devenir du carbone inorganique dans les océans pose moins de problèmes à cause du fort degré de saturation de l'eau de mer par rapport aux minéraux carbonatés. Ceci limite la capacité de stockage des océans pour tout apport d'alcalinité supplémentaire. On peut ainsi estimer que le taux de précipitation des minéraux carbonatés correspond aux apports d'alcalinité par les fleuves. Mais la situation est bien plus compliquée en ce qui concerne la prédiction du devenir du carbone organique des fleuves. Le réservoir de carbone organique, qui existe quasi exclusivement sous forme de COD, représente un des grands réservoirs de carbone sur la terre, comparable par sa taille avec le carbone qui est stocké dans la végétation terrestre ou dans l'atmosphère. En connaissant la quantité des apports fluviaux, on peut donc estimer par un simple calcul que ce réservoir océanique serait constitué par les apports fluviaux en quelques milliers d'années. Ce qui correspond aussi, selon des datations de ¹⁴C, à l'âge moyen du COD dans les océans. Les fleuves pourraient donc être la source principale de COD marin, comme ils le sont également pour beaucoup d'autres constituants dissous dans l'eau de mer. Mais les études géochimiques basées sur l'analyse des biomarqueurs et des isotopes ¹³C nous disent que le COD marin s'est quasi exclusivement formé à partir de la production primaire marine, et qu'il y existe très peu de traces de matière terrestre.

Ceci indique que le carbone terrestre ne reste pas longtemps dans les océans une fois qu'il est apporté par les fleuves. Il est généralement admis qu'une partie de ce carbone, en particulier le COP, s'enfuit rapidement dans les sédiments des zones estuariennes et côtières, puisque les taux de sédimentation y sont très élevés. L'activité biologique est aussi très élevée dans ces zones, et une autre partie de ce carbone pourrait donc rapidement retourner dans l'atmosphère sous forme de CO₂ par la respiration biologique. Mais il est difficile de s'imaginer que ces deux phénomènes peuvent enlever la totalité du carbone fluvial. Au moins le COD, qui montre souvent un comportement conservatif dans son transport à travers les estuaires, semble avoir un potentiel non-négligeable pour échapper à la respiration biologique dans les zones côtières. Par ailleurs, en établissant des bilans de carbone dans différentes zones côtières du monde à l'intérieur du projet international IGBP-LOICZ, il a été démontré que les zones côtières agissent souvent comme des puits de carbone et non comme des sources. Ceci est aussi en désaccord avec l'idée d'une minéralisation très importante du carbone organique fluvial dans les zones côtières.

Une autre façon d'expliquer l'absence des traces terrestres dans le COD marin est la possibilité que le vieillissement et la dégradation dans les bassins versants et dans la zone côtière change considérablement la structure du carbone organique terrestre avant qu'il ne soit transporté au large des océans. Cette possibilité a été récemment avancée par Raymond et Bauer (2001) qui ont analysé les âges de la matière organique dans l'Amazonie et dans d'autres fleuves nord-américains par datation ¹⁴C. Ils ont souvent trouvé des âges élevés jusqu'à quelques milliers d'années, ce qui contredit l'idée générale d'une nature « fraîche » du carbone organique dans les fleuves. Ceci n'est bien évidemment pas une preuve directe qu'il s'agisse réellement de ce carbone altéré qui s'accumule dans les océans. D'autres études doivent être menées afin de vérifier si leurs résultats sont également valables pour d'autres fleuves et si le vieillissement du carbone fluvial mène réellement vers une perte de ses empreintes terrestres. Des âges élevés de la matière organique fluviale peuvent également être expliqués par la présence de faibles quantités de carbone fossile qui se trouve dans quelques roches sédimentaires, et le phénomène des âges élevés pourrait donc être limité aux fleuves qui drainent ces roches. Cette hypothèse devrait bien évidemment être vérifiée aussi.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il est donc difficile d'estimer la réactivité et le temps de résidence du carbone organique fluvial dans les océans. Un exemple qui démontre que cette question peut être importante pour notre compréhension du fonctionnement du cycle du carbone actuel a été récemment donné par Aumont et al. (2001). Les auteurs ont trouvé que le carbone fluvial peut jouer un rôle non-négligeable dans le transport interhémisphérique de carbone, mais cet effet dépend considérablement de la réactivité du carbone organique des fleuves. En effet, une extrapolation linéaire des observations sur le CO₂ atmosphérique depuis la fin des années 1950 suggère que les concentrations préindustrielles étaient plus élevées dans l'hémisphère sud que dans l'hémisphère nord. Ceci pourrait être au moins partiellement expliqué par la boucle du carbone fluvial. L'hypothèse est que la majorité du carbone fluvial est injectée dans les océans à l'intérieur de l'hémisphère nord où se trouvent la plupart des terres et donc aussi des fleuves. Ensuite, le carbone fluvial rejoint la circulation thermohaline des océans, par laquelle il est transporté vers le sud. Une réactivité faible du carbone fluvial implique une minéralisation lente, et la majorité du CO₂ qui se libère ainsi rejoindrait l'atmosphère dans l'hémisphère sud. Une réactivité forte, en revanche, signifierait que la plupart du CO₂ retourne vers l'atmosphère à proximité des embouchures, ce qui réduirait naturellement le transport de carbone vers l'hémisphère sud.

Aumont, O., Orr, J.C., Monfray, P., Ludwig, W., Amiotte-Suchet, P., and Probst, J.-L. (2001) Riverine-driven interhemispheric transport of carbon. *Global Biogeochemical Cycles*, 15, p. 393-405.

Raymond, P.A., and Bauer, J.E. (2001) Riverine export of aged terrestrial organic matter to the North Atlantic Ocean. *Nature*, 409, p. 497-500.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Wolfgang, L. - Devenir du carbone fluvial dans les océans, pp. 479-480, Bulletin du RESEAU EROSION n° 22, 2004.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr