

# Origines et comportements des formes du carbone dans les fleuves

Meybeck Michel

UMR Sisyphe, Université Paris 6, 75252 Paris Cedex 05  
Fax : 33 1 44 27 51 25 ; Courriel : [meybeck@biogeodis.jussieu.fr](mailto:meybeck@biogeodis.jussieu.fr)

---

## Résumé

Les formes du carbone transportées par les fleuves sont dissoutes et particulaires, organiques et inorganiques : DIC, DOC, PIC, POC (pour les formes dissoutes inorganiques et organiques, et les formes particulaires correspondantes). Le DIC ( $\text{CO}_2 + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ ) provient de l'altération des minéraux non carbonatés par l'acide carbonique, il provient alors à 100% de source atmosphérique directe ( $\text{CO}_2$ ) ou indirecte (carbone organique), et de la dissolution des carbonates : il provient alors pour moitié de la roche et pour l'autre de l'atmosphère. Le DOC et le POC proviennent en grande partie des sols par lessivage et érosion mécanique. Le PIC provient de l'érosion des roches carbonatées. À ces formes du carbone s'ajoutent parfois du POC autochtone d'origine algale et du PIC autochtone par sursaturation de la calcite, les deux peuvent se produire dans les lacs et les réservoirs mais aussi dans les fleuves très eutrophes comme la Seine et la Loire. Les sources anthropiques de PIC et de DIC sont négligeables, ce qui n'est pas le cas pour le POC et même le DOC à l'aval de grandes agglomérations (Paris) ou de sources industrielles (agro-alimentaires). Ces différentes formes ont des âges (par rapport à la fixation originelle du C atmosphérique) allant de quelques jours à des centaines de millions d'années.

On peut mettre en évidence dans les fleuves des variations lors des crues, des cycles saisonniers mais les tendances à long terme sont très stables, au contraire de l'azote et du phosphore, très influencés par les activités humaines. Le DOC croît en général avec les débits en présentant des cycles orthogrades et le POC est directement lié aux MES, que ce soit pour une station donnée ou pour les moyennes annuelles à l'échelle globale. Cependant les teneurs du POC dans les MES, qui varient de 0.5 à 20%, décroissent lorsque les MES augmentent : cette relation est quasiment universelle. Les très faibles teneurs de POC (< 1% des MES) sont observées pour les fleuves les plus turbides (MES > 5 000 mg/L) et de récentes études isotopiques leur attribuent une origine géologique. Ces fleuves bien que rares – quelques % de la surface des continents au maximum – pourraient contribuer jusqu'à 30% des flux de POC actuels mais cette hypothèse (Meybeck, 1993) est encore débattue (Ludwig, 2001). Le DOC est très lié à l'existence de zones humides en particulier de tourbières holocènes en zone péri-arctique mais il est également dégradé dans les lacs par l'action des UV et la production bactérienne. Dans tous les fleuves les exportations de carbone, sous quelque forme, sont directement liées aux écoulements.

Les quelques études poussées des sources de carbone montrent que chacune des sources signalées plus haut peut être dominante dans certains fleuves ou à certaines époques. Le Fleuve Jaune (Huang He) est celui qui atteint les niveaux de carbone total et d'exportation de C les plus élevés mais plus de 90% celui-ci est d'origine fossile. À l'opposé la Gambie transporte une très faible quantité de carbone, entièrement d'origine atmosphérique.

Les changements des flux de carbone d'origine atmosphérique par les rivières ont des causes nombreuses : stockage de POC dans les réservoirs, production de POC labile par les rejets urbains et industriels et par eutrophisation, augmentation de l'altération chimique par augmentation de  $\text{CO}_2$  (expérience sous cloche par Schlesinger et al. 2001). Les tendances à long terme de DIC et de DOC ne montrent pas encore de déviation significatives mais les données paléolimnologiques pourraient dans le futur apporter des informations sur l'influence des changements de couverture végétale et d'usage des sols surtout à l'Holocène (Bichet et al. 1998, sur le lac de Chaillexon, Jura). L'évolution des niveaux et des flux de carbone sous la double influence du Changement Climatique et des impacts anthropiques reste donc difficile à évaluer.

**Mots clés : fleuves, carbone organique, carbone inorganique, distribution globale, comportement**

# Origins and behaviour of carbon species in river systems

Meybeck Michel

UMR Sisyphe, University Paris 6, 75 252 Paris Cedex 05

meybeck@biogeodis.jussieu.fr; Fax : 33 1 44 27 51 25

---

## Abstract

Riverine carbon is transported as dissolved and particulate forms either inorganic (DIC=  $\text{CO}_2 + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$  and PIC, mostly calcite) or organic (DOC and POC). DIC originates from the weathering of non-carbonated rocks (aluminium silicate minerals), where it is 100% from atmospheric origin (carbonic acid and soil organic acids) and from the dissolution of carbonate minerals where only half of it originate from the parent rock the other half from the atmosphere. DOC and POC originate mostly from soil leaching and mechanical erosion and PIC from the erosion of carbonated rocks. Non detrital forms of carbon are found in eutrophied rivers (Loire, Seine) or at lake outlets as precipitated calcite (PIC) and autochthonous algal POC. Anthropogenic sources of DIC and PIC can be neglected but direct sources of POC and even DOC, from major cities or food industries, are common. Carbon species are characterized by a wide age range (counted since the original atmospheric C-fixation), from few days (autochthonous PIC and POC) to 100 millions years (carbonate rocks) and by mean concentration ranges extending over 2 to 3 orders of magnitude depending on river basins.

Numerous temporal variations have been found for C species during floods, and over seasonal cycles, however documented trends are relatively stable compared to N, P,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  evolutions, much sensitive to human impacts. DOC usually increases with flood discharge as clockwise hysteresis cycles. POC (mg/L) is intimately linked to TSS, at a given station (temporal variations) or when comparing river means at the global scale. However POC contents (% of TSS), ranging from 0.5% to 20% decrease when TSS increase at all stations. Minimum POC contents (< 1%) are observed for the most turbid rivers (TSS > 5g/L), and these low contents but high concentrations (POC > 10 mg/L) could originate from the erosion of fossil POC in sedimentary basins according to isotopic analyses. Such rare basins, few % of continental area, could contribute to 30 % of present POC fluxes to oceans (Meybeck 1993) but this is still debated (Ludwig 2001). DOC is very much linked to wetland sources, particularly in periarctic regions rich in Holocene peat deposits. However this DOC is also degraded in lakes through UV degradation and bacterial activity. In all basins carbon species exports ( $\text{gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$ ) are directly related to river runoff.

Detailed studies of C species distribution show the possible dominance of any species in specific river basins or at given periods. For instance the Yellow River (Huang He) carbon export rate is maximum, essentially as detrital PIC, and fossil POC (from loess). The Gambia river in Sahel is characterized by very low export of carbon, totally from atmospheric origin (DOC, DIC mostly).

River systems may greatly affect the transfer of atmospheric carbon through various processes: POC storage in reservoirs and floodplain, POC and DOC pollution sources, eutrophication. Change in chemical weathering and  $\text{CO}_2$  uptake have been recently studied within a double  $\text{CO}_2$  scenario (Schlesinger et al. 2001). Land use changes impact on DOC, POC and DIC trends are likely but not yet documented. Sediment archives in floodplain, deltas and lakes could provide precious information on the response of river basins to land cover change during the Holocene, and to land use change since the beginning of agriculture as for lake Chaillexon, Jura (Bichet et al. 1998). Future trends of riverine export of atmospheric carbon will have to take into account these multiple interactions.

**Key words:** river systems, organic carbon, global distribution, behavior DIC, DOC, PIC, POC

**RESEAU  
EROSION**



**Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION**

**Pour citer cet article / How to cite this article**

Meybeck, M. - Origines et comportements des formes du carbone dans les fleuves, pp. 397-398, Bulletin du RESEAU EROSION n° 22, 2004.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : [beep@ird.fr](mailto:beep@ird.fr)