

## Le Fer dans l'Océan, en relation avec la productivité primaire et le climat

Auteur : Dr Laurent LABEYRIE

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette  
Professeur émérite, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines  
Professeur honoraire à l'Institut universitaire de France

Tous les biologistes connaissent le besoin fondamental qu'ont la plupart des organismes vivants de disposer d'une source de Fer dissous ou microparticulaire dans leur nourriture. Le Fer joue en particulier un rôle important pour les transferts d'électrons lors de la photosynthèse et de la respiration. Dans l'océan primitif dans lequel la vie s'est développée, la disponibilité du Fer n'était pas un problème. En l'absence d'oxygène dans l'atmosphère et l'océan, ce qui était le cas il y a plus de 2,5 milliards d'années, le Fer est soluble (sous forme réduite  $Fe^{2+}$ ). Avec le développement des organismes photosynthétiques, l'océan s'est progressivement enrichi en oxygène dissous, et le Fer, devenu  $Fe^{3+}$  insoluble, s'est accumulé sur le fond, disparaissant pour l'essentiel des océans (sa teneur, sous forme dissoute, complexée ou microcolloïdale dans la colonne d'eau est de l'ordre de 0,05  $\mu g/l$ ).

En conséquence de son insolubilité et de la forte demande biologique, le Fer n'est présent que de façon transitoire dans la colonne d'eau océanique. Les microparticules apportées par les vents chargés en aérosols depuis les continents, ou par les éruptions volcaniques, sont absorbées par le plancton et entrent très rapidement dans la chaîne alimentaire. En quelques mois à quelques années, ce Fer est transféré vers le fond par les processus organiques ou sédimentaires. Une partie seulement est réinjectée dans l'océan, après solubilisation dans les couches réductrices de la subsurface du sédiment. On observe ainsi un enrichissement de l'eau en Fer dissous en s'approchant des marges continentales et à proximité des sédiments. En revanche, de nombreuses études prouvent que le manque d'apport de Fer est suffisant pour limiter la productivité du plancton dans les zones centrales de l'océan, loin des continents.

Les forages des glaces de l'Antarctique ayant montré que l'atmosphère des périodes glaciaires était beaucoup plus riche en poussières que celle des périodes chaudes comme la nôtre (les déserts étaient plus abondants), des scientifiques ont même fait l'hypothèse qu'un apport plus abondant de Fer à l'océan lors de ces périodes glaciaires pouvait expliquer en partie la teneur plus basse en gaz carbonique dans l'atmosphère. Ils proposaient ainsi un facteur d'amplification des oscillations glaciaires/interglaciaires, lié à la réponse de la productivité océanique à l'apport de Fer à l'océan (*The Iron Hypothesis*) [3].

D'autres chercheurs se sont alors bousculés pour tester si, en répandant du fer en fine poussière ou dissous sur l'océan, on pouvait augmenter la productivité primaire et contribuer à baisser la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère, et ainsi diminuer l'effet de l'augmentation des gaz à effet de serre sur le réchauffement climatique [1]. Ces expériences ont donné des résultats contrastés (voir [http://en.wikipedia.org/wiki/Iron\\_fertilization](http://en.wikipedia.org/wiki/Iron_fertilization)), montrant que la relation de cause à effet entre apport de Fer à l'océan, productivité primaire, et piégeage du  $CO_2$  en profondeur, n'était pas aussi directe que certains le pensaient.

On peut sans doute en tirer une conviction rassurante : il n'y a pas de raisons scientifiques pour transformer l'océan en poubelle avec nos ferrailles, sous le prétexte de diminuer le réchauffement climatique !



Néanmoins, ces réflexions ont permis d'initier des recherches sur le rôle des différents éléments nutritifs, et leur couplage dans la chaîne productive des océans. Une des questions fondamentales à laquelle il faut en particulier répondre, est la façon dont l'activité humaine, avec l'augmentation des apports de phosphate et nitrate depuis les continents et de gaz carbonique depuis l'atmosphère, peut affecter les écosystèmes et la productivité des océans.

On peut par exemple se demander si le développement de zones anoxiques dans les eaux intermédiaires de certains océans (voir par exemple la fiche *La désoxygénation de l'océan : situation actuelle et prévisions*, par Louis Legendre [2]) ne va pas faciliter l'apport de Fer dissous dans la colonne d'eau, et contribuer à augmenter la productivité dans les zones de remontée en surface des eaux profondes (upwellings).

La grande interdépendance entre le cycle géochimique des métaux de transition comme le Fer et le Zinc, et la biologie des océans avait pu être mise en évidence dans les années 1970, par l'évolution dans la colonne d'eau de la distribution des isotopes radioactifs issus des essais nucléaires dans l'atmosphère. Mais, hélas, nos connaissances et nos moyens d'analyses ne permettaient pas à cette époque d'exploiter complètement ces travaux. Un renouveau de ces études est maintenant en cours, à partir de l'étude des fractionnements naturels entre les isotopes 54 et 56 du Fer. Nos connaissances sur la géochimie océanique du Fer devraient fortement progresser dans les prochaines années avec le développement de cette technologie et le lancement de nouvelles campagnes de mesures (voir par exemple <http://www.geotraces.org/>).

#### **Pour en savoir plus :**

[1] De Baar H.J.W., De Jong J.T.M., Bakker D.C.E., Löscher B.M., Veth C., Bathmann U. & Smetacek V. (1995). Importance of iron for plankton blooms and carbon dioxide drawdown in the Southern Ocean. *Nature*, 373, 412.

[2] Legendre L. (2012). *La désoxygénation de l'océan : situation actuelle et prévisions*.

[http://www.institut-](http://www.institut-ocean.org/rubriques.php?lang=fr&article=1343635979&pg=1&categ=1265713930&sscategorie=1324551762)

[ocean.org/rubriques.php?lang=fr&article=1343635979&pg=1&categ=1265713930&sscategorie=1324551762](http://www.institut-ocean.org/rubriques.php?lang=fr&article=1343635979&pg=1&categ=1265713930&sscategorie=1324551762)

[3] Martin J.H. (1990). Glacial-interglacial CO<sub>2</sub> change: The Iron Hypothesis. *Paleoceanography*, 5(1), 1.