

Avant-propos

La biologie, la chimie, la physique, les mathématiques, les géosciences et les sciences sociales nous fournissent les outils pour appréhender le monde passé, présent et à venir. Ces outils permettent de forger des concepts qui ne sont pas forcément exacts, mais dont certains semblent suffisamment élaborés pour que nous les considérions comme des paradigmes. La cosmologie ancienne de notre société occidentale s'est longtemps satisfaite d'une planète Terre considérée comme un objet plat, paradigme suffisant pour comprendre l'environnement perçu alors par l'humanité. Aussi devons-nous toujours garder à l'esprit la démarche de Descartes, progresser dans l'analyse et la connaissance des objets de l'environnement, en conservant l'humilité indispensable pour imaginer qu'on puisse faire fausse route ou n'en appréhender qu'une infime partie.

La géochimie est la science qui étudie la composition chimique élémentaire de la planète Terre, la spéciation chimique de ses éléments sous l'aspect dynamique de leurs transferts (= flux) entre différents compartiments (= stocks). Si la vie influence sans doute peu la géochimie profonde de notre planète¹, elle est par contre une caractéristique de ses enveloppes externes, peut-être unique à l'échelle de l'Univers. Les mécanismes biologiques sont apparus progressivement en agissant comme des moteurs de la dynamique élémentaire de la matière, tant en ce qui concerne la composition chimique des enveloppes fluides et des roches du manteau supérieur, que des flux d'éléments, sous une diversité d'espèces chimiques, entre ces différents compartiments.

1. Bien que la découverte de microorganismes « actifs » dans les couches sédimentaires profondes soit susceptible de modifier cette conception des choses.

Comment expliquer la composition élémentaire de notre atmosphère et son évolution à l'échelle géologique sans faire allusion à l'apparition et au développement de la vie terrestre ? Cette question vaut aussi pour l'hydrosphère et singulièrement les océans, dont les variations de composition chimique à cette même échelle sont étroitement couplées à la structure chimique de la Terre primordiale puis à l'évolution des organismes vivants. Comment expliquer la formation et la composition des roches sédimentaires, mais aussi celle des roches métamorphiques et même de certaines roches cristallines, de nature variable au cours des ères géologiques, en érudant le rôle de la vie sur terre et dans les océans ? Cette courte liste de questions est loin d'être exhaustive et elle est fournie ici à titre d'exemple ; elle reflète bien le cheminement de pensée des premiers naturalistes puis des scientifiques modernes impliqués dans les études de l'environnement terrestre, cheminement qui a finalement abouti à la définition d'une nouvelle science, éminemment pluridisciplinaire : la biogéochimie. On peut donc définir la biogéochimie comme la science ayant pour objets d'étude la composition chimique élémentaire de la Terre, la spéciation chimique des éléments qui la composent, la dynamique des stocks des principaux réservoirs et des flux entre ces derniers, sous les contrôles simultanés des réactions physiques, chimiques et biologiques. Vaste programme qui souligne bien le caractère intégrateur des études biogéochimiques tant au niveau de la définition des concepts de fonctionnement global que dans celui, expérimental, de la collecte et du traitement d'informations supports des concepts ! De ce fait, la biogéochimie occupe une place à part auprès des autres sciences plus monodisciplinaires.

Le cycle global du carbone est au centre des préoccupations actuelles des biogéochimistes car la biogéochimie est indissociable des sciences du climat. Le concept de la pompe biologique illustre parfaitement ce propos. Les organismes autotrophes vivant à la surface de notre planète sont en effet responsables de la fixation annuelle de près de 120 Gt² de carbone dans des proportions presque égales entre les continents et les océans. Dans le compartiment océanique, les diatomées, microalgues à paroi siliceuse, sont responsables de près de la moitié de la production primaire. C'est une des raisons qui ont poussé, quoique tardivement, les biogéochimistes marins à s'intéresser au cycle du silicium. Par ailleurs, en dépit de l'importance de la production primaire marine, seule une faible part du carbone organique

2. Gt : unité, gigatonne (10⁹ t), équivalente à pétagramme (Pg, 10¹⁵ g).

formé est finalement déposée puis enfouie dans les sédiments profonds. En effet, par le jeu de la respiration des hétérotrophes, mais aussi de celle des autotrophes, la majeure partie de la production primaire marine est restituée à l'atmosphère sous forme de CO_2 sur des échelles de temps courtes, allant de quelques minutes à quelques années. C'est l'une des raisons pour laquelle la pompe biologique joue un rôle plus faible que celui de la pompe physique dans le cycle annuel du carbone, cette dernière étant ainsi responsable de plus de 90 % du carbone emporté annuellement par dissolution du CO_2 dans les eaux de surface et subduction lors de la formation des eaux intermédiaires et profondes. Toutefois, ce carbone enfoui par la pompe physique ne sera pas non plus séquestré définitivement puisque le retour des eaux profondes vers la surface, par la circulation thermohaline globale, le restituera à nouveau à l'atmosphère sous forme de CO_2 , à des échelles de temps inférieures à 1200 ans. *In fine* la pompe biologique jouera donc le rôle essentiel car, bien que moins de 0,5 % du carbone fixé en surface s'accumule dans les sédiments profonds, c'est la seule voie de séquestration du carbone sur des échelles de temps géologiques.

La pompe biologique représente un ensemble de processus incluant la transformation et l'advection verticale de matières organiques dissoutes, mais aussi le flux de sédimentation passif de matières organiques particulaires et de biominéraux associés, ainsi que leur transport actif par la migration nyctémérale des organismes zooplanctoniques. Cette définition empruntée à Robinson *et al.* (2010) souligne bien le rôle unique joué par les organismes vivants dans le domaine pélagique, de la bactérie au mésozooplancton. C'est donc, dans cet ouvrage, à un groupe d'organismes particulièrement importants dans le fonctionnement de la pompe biologique que nous allons nous intéresser. Ces organismes représentent un groupe fonctionnel de « biominéralisateurs » qui utilisent le silicium et sont donc tributaires de la disponibilité de cet élément pour pouvoir se développer. Plusieurs groupes d'organismes sont ici représentés mais le groupe des diatomées est sans conteste celui qui joue le rôle majeur. Comprendre les mécanismes qui vont régir la capacité des diatomées à utiliser le cycle du silicium s'avère donc essentiel pour comprendre leur rôle dans la pompe biologique du carbone.