

Cycle du soufre



Mécanismes

Fiche détaillée

Niveau ★☆☆

(A partir de la 4ème)

I. Réservoirs de soufre

Contrairement à l'azote, dont le réservoir principal est l'atmosphère, le soufre est stocké essentiellement dans l'océan, la pédosphère (les sols), et la lithosphère

Réservoir	Forme du soufre	Stock en GT (10^{15} g)
Atmosphère	Troposphère : Sulfates	0,7
	SO ₂	0,5
	Formes complexes	2,3
	Autres (réduites)	0,8
	Stratosphère (sulfates)	0,5
Océan	Sulfates	1,3 10^9
Pédosphère	Sol (sulfates)	26 10^5
	Matière organique du sol	11,1 10^4
Biosphère	Sulfates et S-organique	760
Lithosphère	Toutes formes de S	24,3 10^9

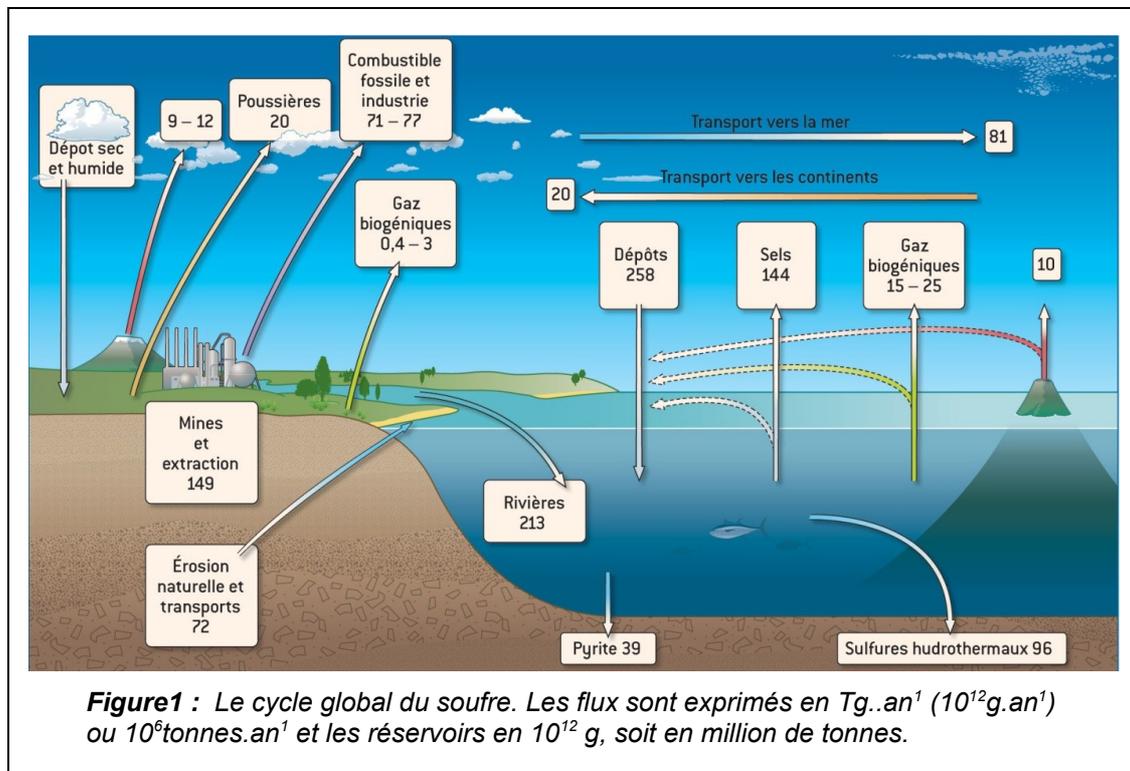
II. Echanges de soufre

Le stock atmosphérique est très faible, car les composés soufrés n'y sont présents que sous forme d'espèces chimiques (gaz et particules) à courte durée de vie (à l'exception des sulfures de carbone faiblement concentrés) (voir tableau). En revanche, les flux d'échanges à travers le réservoir atmosphérique sont importants et du même ordre de grandeur que le flux d'azote ($\text{MT}\cdot\text{an}^{-1}$).

La présence massive de soufre sous forme de sulfates dans les sols et l'océan fait qu'une partie importante de ces échanges a lieu *via* les aérosols d'origine continentale ou marine. Les échanges avec la lithosphère sous forme d'émissions volcaniques sont significatifs dans le cycle annuel du soufre.

Au niveau de l'océan ou du continent, les émissions de composés soufrés font intervenir des espèces réduites, comme le DMS (sulfure de diméthyle), produit dans l'océan de surface, et l'hydrogène sulfuré sur les continents. Dans l'atmosphère, les espèces réduites (H_2S , DMS...) sont oxydées (principalement par les radicaux OH) en SO_2 , puis H_2SO_4 , gaz fortement hydrosoluble qui participe à l'acidité de l'air et des précipitations.

Les activités humaines, notamment la combustion des combustibles fossiles à forte teneur en soufre (charbon) génèrent une perturbation importante du cycle du soufre (90 à 100 MT(S).an⁻¹). Cela se traduit par une augmentation de la pollution locale et régionale de l'atmosphère et affecte également le transfert net de soufre aux océans par les fleuves et les dépôts par les précipitations.



III. Couplage des cycles du carbone, de l'azote et du soufre

Dans la biosphère continentale, les cycles du carbone et de l'azote sont couplés via la minéralisation de la matière organique dans les sols. Cette dernière dégrade le carbone organique qui est oxydé en CO₂ lequel est réémis dans l'atmosphère. L'azote contenu dans la matière organique est aussi minéralisé et transformé en nitrates. Ces nitrates sont réassimilés par les plantes au cours de leur croissance qui se fait par absorption du gaz carbonique atmosphérique (photosynthèse). Dans l'océan, il existe un couplage identique entre cycle du carbone et de l'azote, via la chaîne trophique * de l'océan superficiel (la zone dite euphotique ou la photosynthèse se développe) et les échanges de CO₂ et de nitrates avec l'océan profond.

Le carbone est fixé dans l'océan superficiel par dissolution du CO₂ dans l'eau de mer sous saturée et par l'activité photosynthétique du plancton végétal (phytoplancton) lequel, brouté par le zooplancton, est partiellement envoyé vers l'océan profond sous forme de pelotes fécales, organismes morts...etc. Cela constitue un transport de CO₂ de l'atmosphère vers l'océan profond. Mais le CO₂ produit peut être réabsorbé sur place. Il y a donc lieu de distinguer dans la production, la partie qui est recyclée sur place, dite production régénérée car elle rejette autant de CO₂ qu'elle en consomme, et la production nouvelle qui consomme du CO₂ mais ne le libère pas sur place. Le carbone contenu dans les pelotes fécales et qui quitte la couche euphotique subit une oxydation pendant sa chute et la production de CO₂ s'accompagne de la minéralisation de l'azote organique qui conduit à la production de nitrates. Les eaux profondes sont donc enrichies en nitrates. Dans l'océan, la production primaire dans la zone euphotique est généralement limitée par la disponibilité de l'azote. Dans les zones

d'upwelling, caractérisées par des remontées d'eaux profondes, la production primaire est stimulée par les apports d'azote minéral venant de l'océan profond.

Le couplage entre le cycle du carbone et le cycle du soufre est peu significatif dans la biosphère continentale où le stock de soufre est très faible. En revanche il est très important dans l'océan superficiel car l'océan est un des principaux réservoirs de soufre. La dégradation de la matière océanique dans l'océan superficiel s'accompagne de production de sulfure de diméthyle (DMS) et de son émission dans l'atmosphère. Ce mécanisme a un impact sur le climat à travers la formation d'aérosols de sulfates par oxydation du DMS.

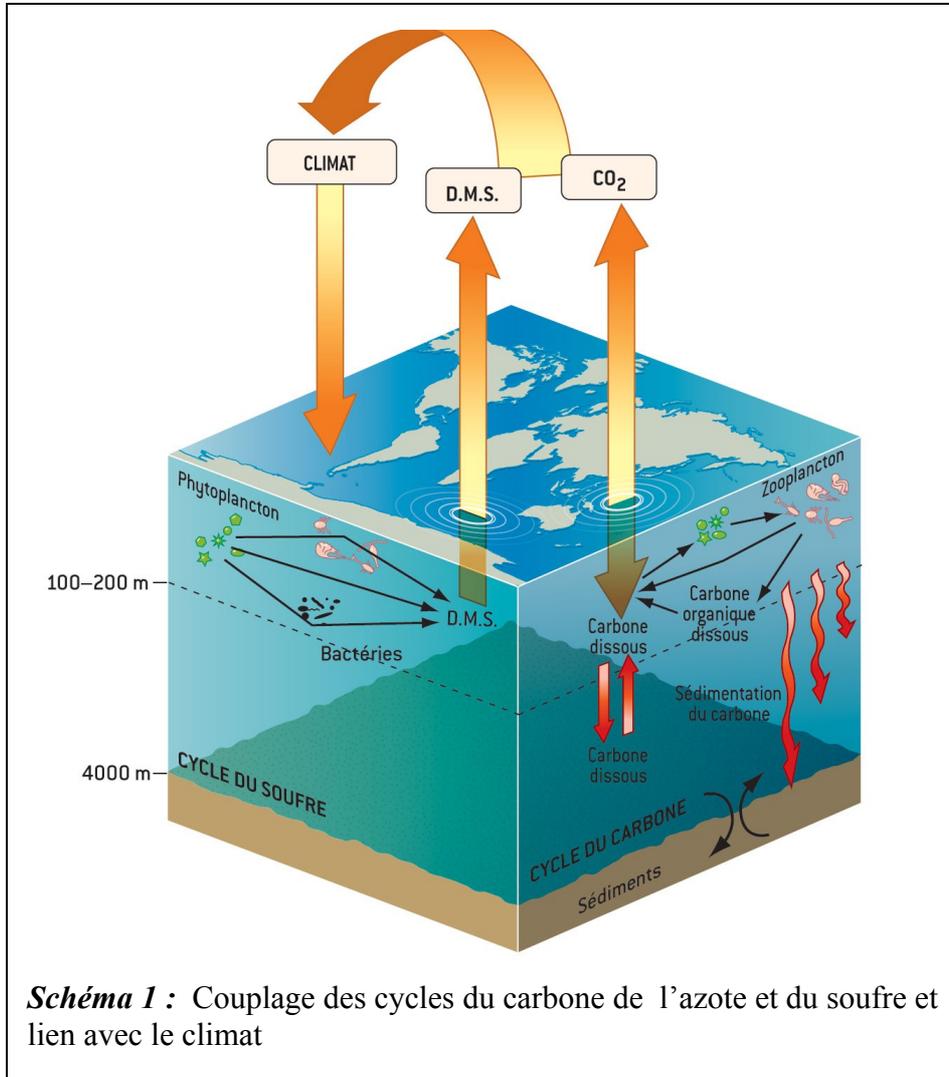


Schéma 1 : Couplage des cycles du carbone de l'azote et du soufre et lien avec le climat