

LES ÉVAPORITES

- Sédiments résultant de l'évaporation de l'eau et de la précipitation des sels qui y sont dissous. Le milieu de dépôt peut être continental ou marin.
- Minéraux principaux : gypse, anhydrite, sylvite, halite

Grande importance économique

- toit imperméable des plus grands gisements pétroliers du monde
- stockage sous-terrain d'hydrocarbures,
- gypse : exploité pour produire le plâtre
- halite : salage des routes, alimentation animale, base de l'industrie chimique des produits chlorés
- sylvite : engrais

LES ÉVAPORITES

Représentation

- observation du Précambrien jusqu'à aujourd'hui
 - répartition spatiale et temporelle inégale :
 - bien représentées au Cambrien, Permien et Trias
 - présente surtout en climat aride/semi-aride : entre 10 et 30° de latitude (ceinture tropicale des hautes pressions), dans conditions de froid extrême avec précipitations limitées (cf étang le plus salé du monde en Antarctique)
 - deux grands types :
 - évaporites continentales
 - évaporites marines
-
- ▶

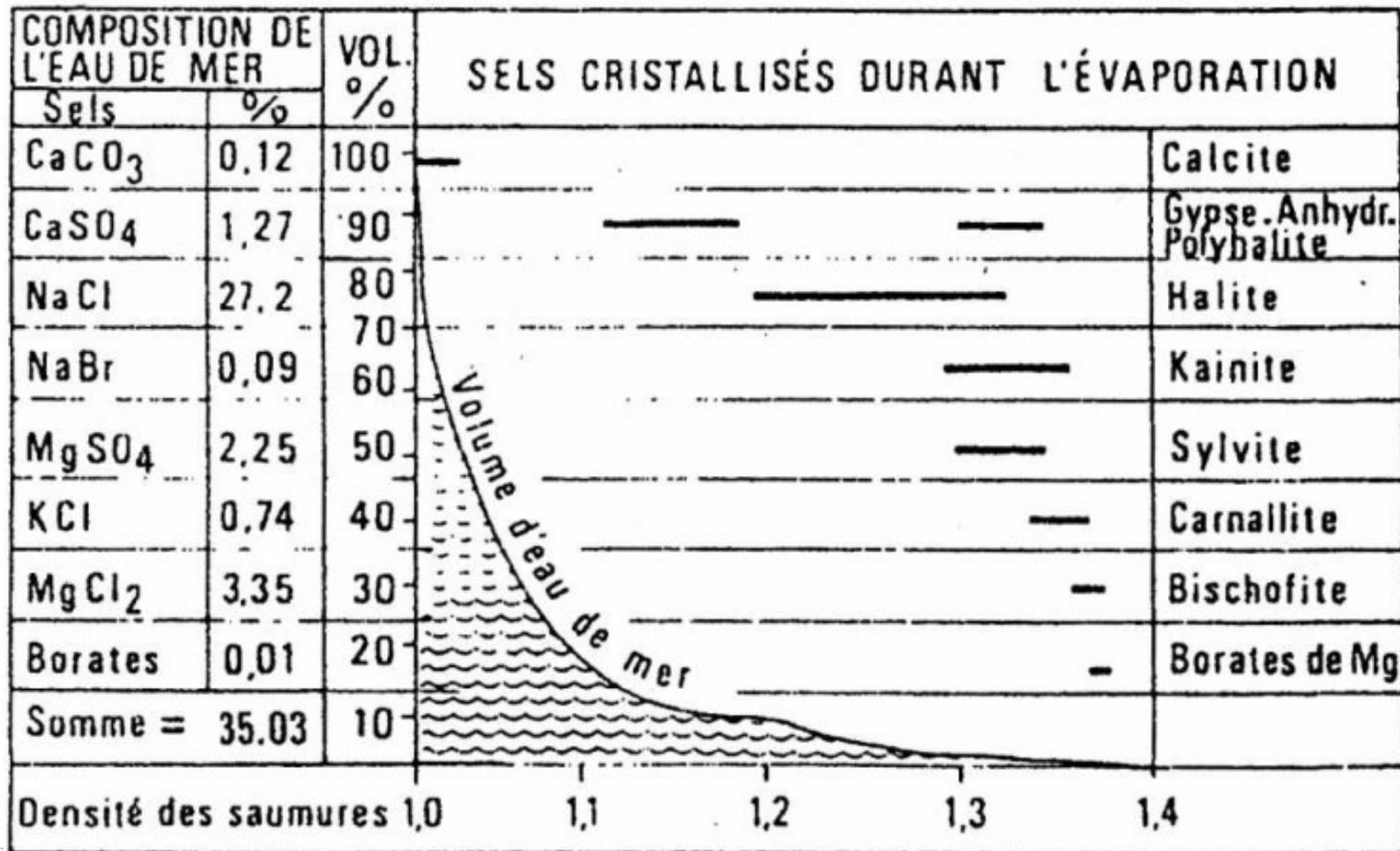
LES ÉVAPORITES

Formation des évaporites

- Évaporation progressive d'une colonne d'eau de mer
 - 50% : précipitation des carbonates (calcite, dolomite)
 - 35% : eau de mer devient saumure saturée, précipitation du gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) puis anhydrite (CaSO_4)
 - 10% : précipitation halite (NaCl) puis sylvite (KCl), potasses, borates
 - ~0% : nitrates
-
- 

LES ÉVAPORITES

Formation des évaporites



LES ÉVAPORITES

Gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$)



Gypse en fer de lance



Laurie Bougeois - collection ENS Lyon

Gypse en pied d'alouette



Gypse saccharoïde



Gypses massifs et nodulaires

LES ÉVAPORITES

Gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)



Gypse laminé, Oligocène, Catalogne, Espagne

Anhydrite (CaSO_4)



LES ÉVAPORITES

Halite (NaCl)



Sylvite (KCl)



LES ROCHES SILICEUSES

Les roches sédimentaires siliceuses se forment en milieu marin aussi bien qu'en milieu lacustre.

Elles sont formées de silice (>50%) d'origine chimique, biologique ou biochimique.



LES ROCHES SILICEUSES

COMPOSITION

La silice (SiO_2) se présentant sous diverses variétés.
Formes les plus courantes:

- le quartz
- la calcédoine
- l'opale



LES ROCHES SILICEUSES

COMPOSITION

La silice (SiO_2) se présentant sous diverses variétés. Formes les plus courantes:

- le **quartz** se présente en cristaux xénomorphes à cassures conchoïdales, ou en cristaux automorphes prismatiques et souvent bipyramidés. Exemple: cristal de roche dans les géodes, améthyste violette à trace de Mn , Fe^{3+} ...
- la calcédoine
- l'opale

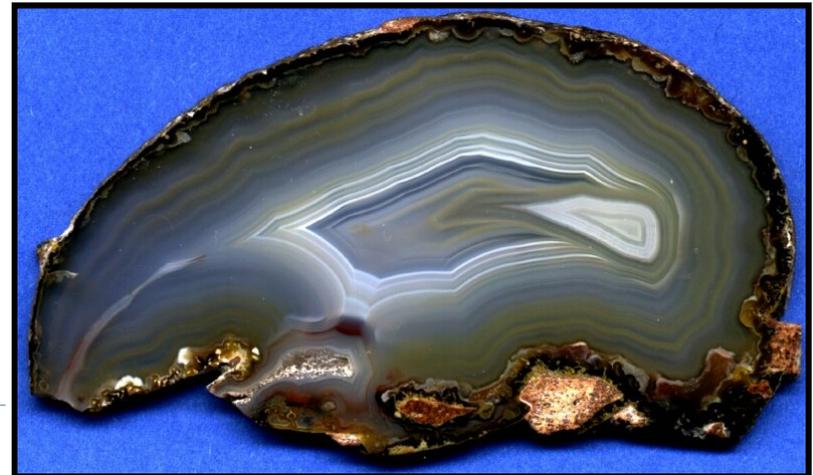


LES ROCHES SILICEUSES

COMPOSITION

La silice (SiO_2) se présentant sous diverses variétés. Formes les plus courantes:

- le quartz
- **la calcédoine**: les cristaux ne sont plus individualisables au microscope optique et s'empilent pour former des fibres. Diversement colorée en zones, elle prend le nom d'agate. Les plus belles variétés forment l'onyx.
- l'opale

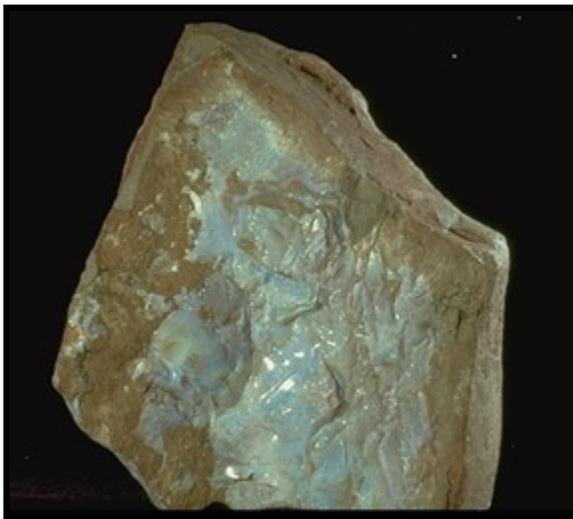


LES ROCHES SILICEUSES

COMPOSITION

La silice (SiO_2) se présentant sous diverses variétés. Formes les plus courantes:

- le quartz
- la calcédoine
- l'**opale** est une forme amorphe et hydratée de la silice (contenant jusqu'à 10% d'eau).



LES ROCHES SILICEUSES

ORIGINE

La silice peut provenir:

- de la **dissolution d'organismes siliceux** en certains points du sédiments et de sa précipitation en d'autres points
- de la **dissolution de roches diverses** et en particulier de roches volcaniques

L'enrichissement en silice de l'eau de mer favorise le pullulement d'organismes à test siliceux qui participent ensuite à la formation des sédiments.



LES ROCHES SILICEUSES

EXEMPLES

Les radiolarites: roches à radiolaires, colorées en générale en rouge par des oxydes de fer.

Les radiolaires (Cambrien à Actuel) sont des organismes marins ou pélagiques. Leur squelette, souvent délicat, est formé exclusivement de silice de type calcédoine.

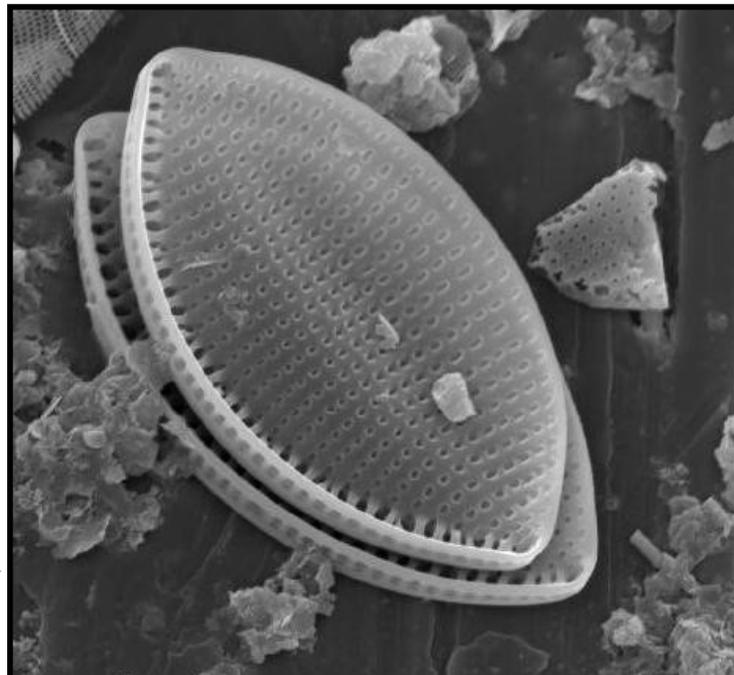


LES ROCHES SILICEUSES

EXEMPLES

Les diatomites: roches à diatomées, claires, légères et poreuses. Elles sont souvent utilisées comme abrasif ou absorbant.

Les diatomées (Crétacé à Actuel) sont des algues unicellulaires marines ou lacustres, enfermées dans une coque siliceuse finement ornée.



LES ROCHES PHOSPHATEES

Beaucoup de roches sédimentaires contiennent des quantités mineures de phosphates. Les phosphorites (teneur en $P_2O_5 > 20\%$) sont par contre relativement rares.

Le phosphate des roches sédimentaires se présente essentiellement sous la forme de **fluorapatite** ($Ca_5(PO_4)_3F$) :

- une part du phosphate peut être remplacée par du carbonate ou du sulfate
 - le fluor peut être remplacé partiellement par OH^- ou Cl^-
 - le calcium peut être substitué par Na, Mg, Sr, U et des terres rares
-
- 

LES ROCHES PHOSPHATEES

LES PHOSPHATES MARINS

Les roches phosphatées se forment sur la **plate forme continentale** (entre 50 et 200m).

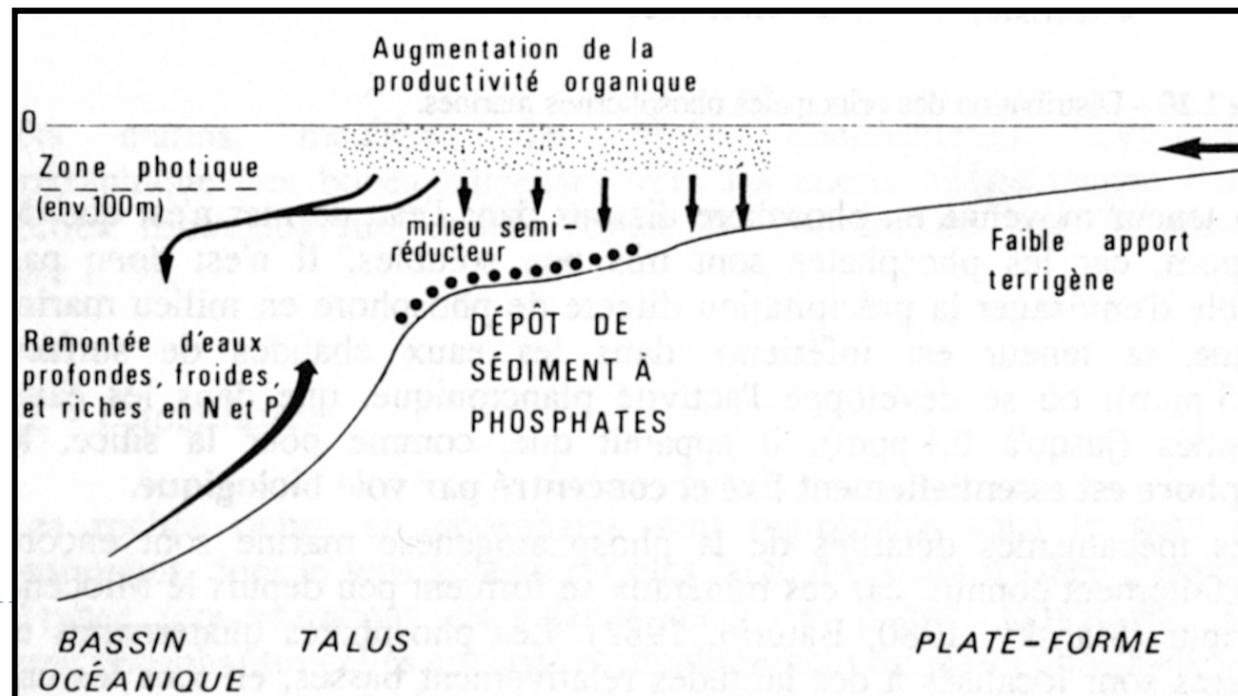
Elles contiennent souvent de la **glauconie** (argile verte riche en Fe) ou des **éléments détritiques** ou encore des **hydrocarbures**.



LES ROCHES PHOSPHATEES

LES PHOSPHATES MARINS

Le mécanisme responsable de telles accumulations est la présence de **courants d'upwelling**, riches en nutriments, **favorisant la productivité organique** sur la plate forme. Périodiquement, ces proliférations peuvent provoquer une mortalité massive des poissons avec apport d'os et de matière organique riche en phosphore dans le sédiment.



LES ROCHES PHOSPHATEES

LES PHOSPHATES MARINS

Dans les roches phosphatées marines, les phosphates se présentent sous divers aspects:

- Le plus souvent en **grains de quelques mm**, arrondis ou non, de teinte brun clair à jaune.
 - En **débris épigenisés** (os, écailles de poisson...) pris dans un ciment souvent argilo-calcaire.
 - En **nodules concrétionnes** de 1 à 5 cm, jaunes ou parfois noirs (présence de matière organique)
-
- 

LES ROCHES PHOSPHATEES

LES PHOSPHATES CONTINENTAUX

Les phosphorites

Ce sont des roches sédimentaires formées dans des **cavités karstiques** (domaine continental).

→ Encroutement compact, blanc à jaune, riche en phosphates et contenant en outre des **argiles résiduelles** (provenant de la dissolution des calcaires) et parfois des **concrétions ferrugineuses et manganésifères**.

Les phosphates proviennent alors essentiellement du **lessivage de cadavres et d'excréments** (de chauve-souris en particulier).



LES ROCHES CARBONÉES

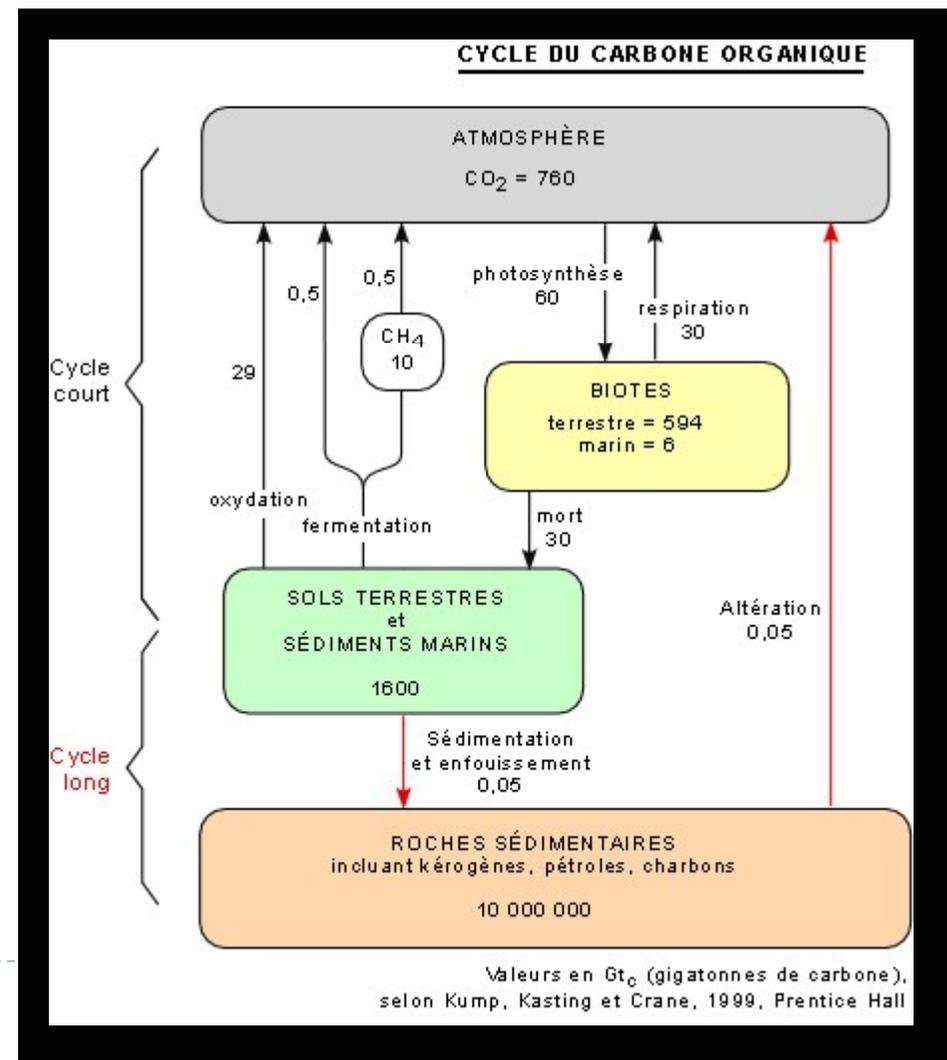
LE CYCLE DU CARBONE ORGANIQUE

Le cycle court

On parle de processus qui s'étalent sur **des temps inférieurs au siècle**. Le processus de base du recyclage du carbone à court terme est le **couple photosynthèse-respiration**:

→ la conversion du carbone dit inorganique (C_{inorg}) du CO_2 en carbone organique (C_{org}) par la photosynthèse

→ la conversion du C_{org} en C_{inorg} par la respiration

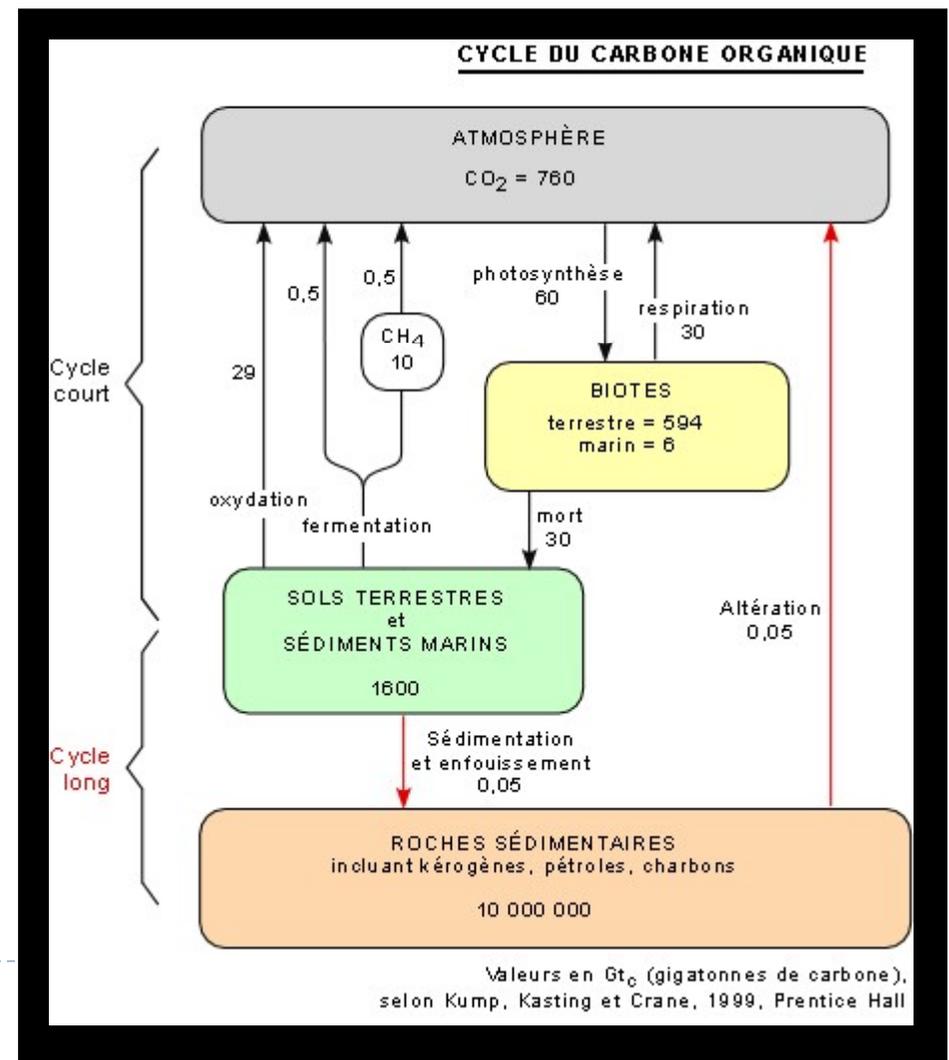


LES ROCHES CARBONÉES

LE CYCLE DU CARBONE ORGANIQUE

Le cycle long

Sur des échelles de temps beaucoup plus longues, ce sont les **processus de nature géologique** qui deviennent les contrôles les plus importants (échelle de temps de l'ordre du millier voire million d'années).



LES ROCHES CARBONÉES

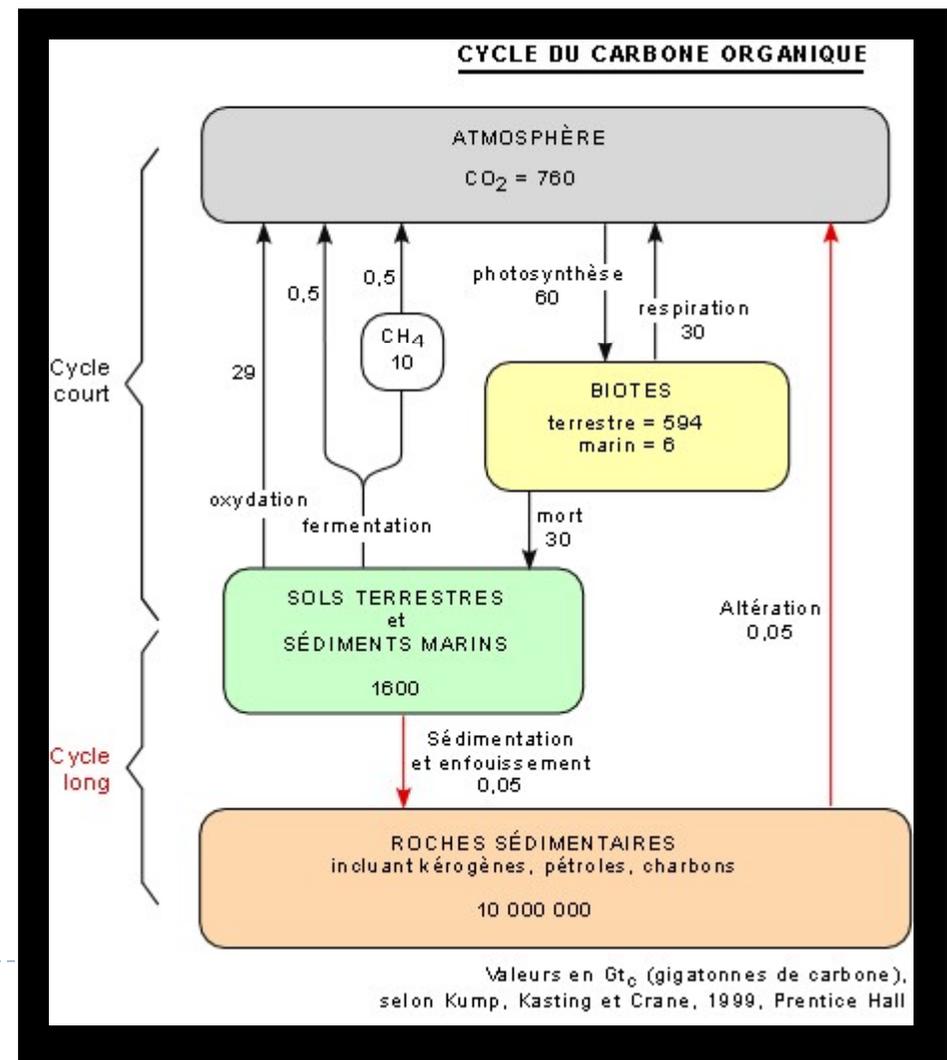
LE CYCLE DU CARBONE ORGANIQUE

Le cycle long

Il s'agit de processus tels que :

→ l'enfouissement des matières organiques dans les sédiments et roches sédimentaires

→ leur transformation en combustibles fossiles (charbons, pétroles)



LES ROCHES CARBONEES

LE CYCLE DU CARBONE ORGANIQUE

Du kérogène au pétrole et au charbon...

- La fraction organique contenue dans le sédiment subit une première transformation par les bactéries en début de sédimentation, et conduit à la formation d'un composé solide appelé **kérogène**.
 - Au cours de l'enfouissement du sédiment et à partir de 50 à 120 °C de température ambiante, le kérogène subit une décomposition d'origine thermique, la **pyrolyse** (expulsion d'eau et de CO₂ du kérogène).
 - Les températures devenant croissantes avec le temps, le kérogène expulse des hydrocarbures liquides (le **pétrole**, ou **huile**) et du **gaz naturel**.
-
- 

LES ROCHES CARBONEES

LE CYCLE DU CARBONE ORGANIQUE

Du kérogène au pétrole et au charbon...

→ Seules les roches mères relativement **imperméables** peuvent retenir le kérogène suffisamment longtemps pour qu'il ait le temps de se transformer de manière importante.



LES ROCHES CARBONÉES

LE CYCLE DU CARBONE ORGANIQUE

Du kérogène au pétrole et au charbon...

→ La pression de gaz dans les petites poches qui contenaient le kérogène initial augmente avec la profondeur. Lorsque cette pression devient suffisante pour vaincre l'imperméabilité de la roche mère, **la fraction liquide et la fraction gazeuse** sont progressivement **expulsées** de la roche mère.

On appelle cette expulsion la migration primaire.



LES ROCHES CARBONEES

LE CYCLE DU CARBONE ORGANIQUE

Du kérogène au pétrole et au charbon...

→ Après avoir été expulsés de la roche mère, les hydrocarbures et le gaz entament alors une migration secondaire : ils suintent le long de couches perméables, en se dirigeant vers la surface sous l'effet de la pression des couches de sédiment situées au-dessus.



LES ROCHES CARBONÉES

LE CYCLE DU CARBONE ORGANIQUE

Du kérogène au pétrole et au charbon...

→ Pour que se forme un gisement exploitable d'hydrocarbures liquides, il faut que ces hydrocarbures se **concentrent** quelque part avant de parvenir au sol.

En pratique, ils se concentrent dans une nouvelle couche imperméable située au-dessus de la roche poreuse dans laquelle le pétrole circule. Il peut s'agir d'une couche de sel, de marne...

Du fait de leur densité respective, l'eau expulsée de la roche mère vient se loger en dessous du pétrole, et le gaz au-dessus.

La roche qui contient le pétrole s'appelle un **réservoir**.



LES ROCHES CARBONEES

LE CYCLE DU CARBONE ORGANIQUE

Du kérogène au pétrole et au charbon...

→ Le charbon va se former à partir d'une variété particulière de kérogène, qui provenant de débris de végétaux dits "supérieurs" (arbres, fougères...).

Lors de l'enfouissement, la pyrolyse conduit à la formation de tourbe. Puis à la formation de lignite, de houille, et enfin d'antracite (carbone presque pur, débarrassé de l'essentiel de son hydrogène).

Le charbon est un terme général qui regroupe essentiellement la houille et la lignite.

Comme les autres kérogènes, le charbon produit du pétrole et du gaz au cours de son enfouissement. Le méthane formé s'appelle le **grisou**.



LES ROCHES CARBONEES

Charbons

solide



Pétroles

visqueux, liquide, gaz



LES ROCHES FERRUGINEUSES

Les roches ferrifères sont riches en oxydes de fer comme la bauxite (roche formée par l'altération des granites) ou le fer oolithique.

Fig. Minerais de fer rubané.

