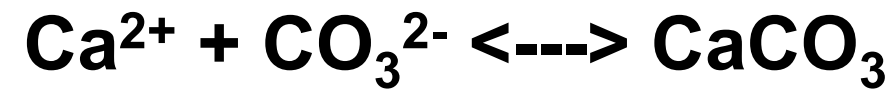


ASPECTS GÉNÉRAUX

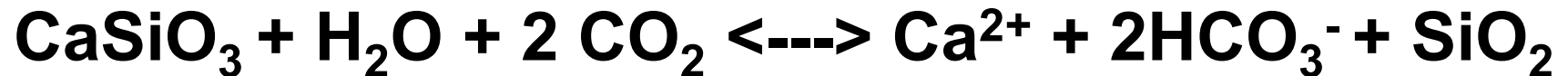
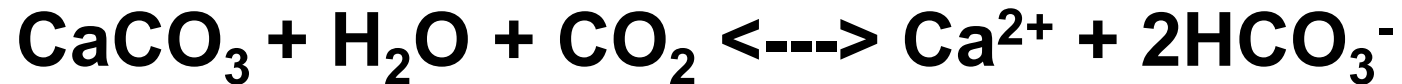
3. CALCIFICATION BIOLOGIQUE

Formation de carbonates



D'où viennent les ions calcium et carbonate?

De l'altération des roches de la croûte continentale



Formation de carbonates dans l'océan



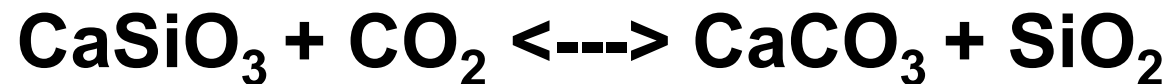
PRODUCTION DE L'ORDRE DE $25 \cdot 10^{13}$ mol de C par an

EXPORT VERS LE FOND : $22 \cdot 10^{13}$ mol de C par an

DEPÔT SUR LE FOND : $8 \cdot 10^{13}$ mol de C par an

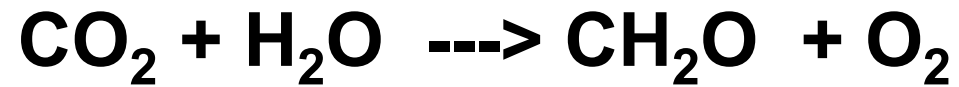
ENFOUSISSEMENT DE L'ORDRE DE $2 \cdot 10^{13}$ mol de C par an

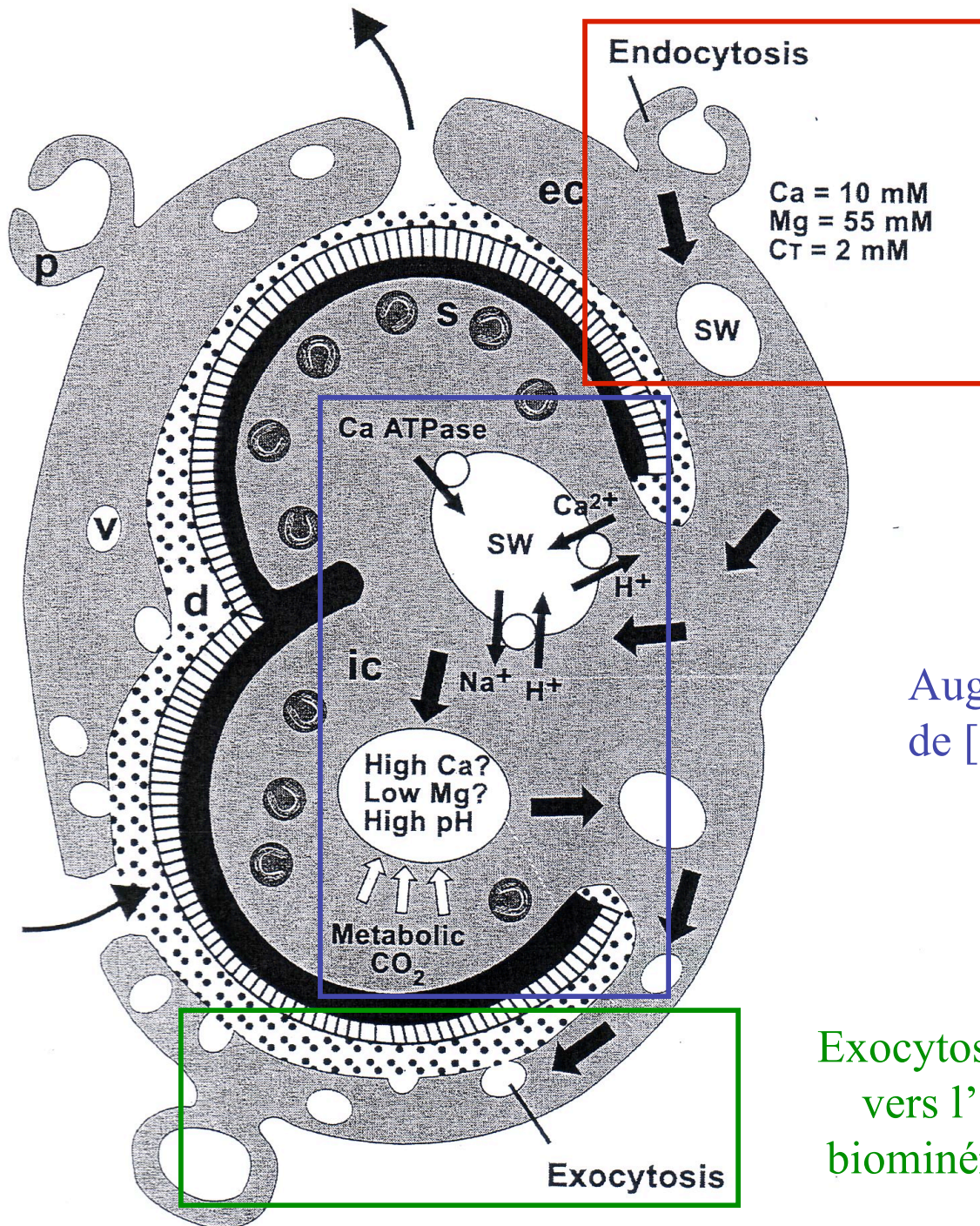
BILAN GLOBAL



FLUX DE L'ORDRE DE 10^{13} mol de C par an

Couplage avec la photosynthèse





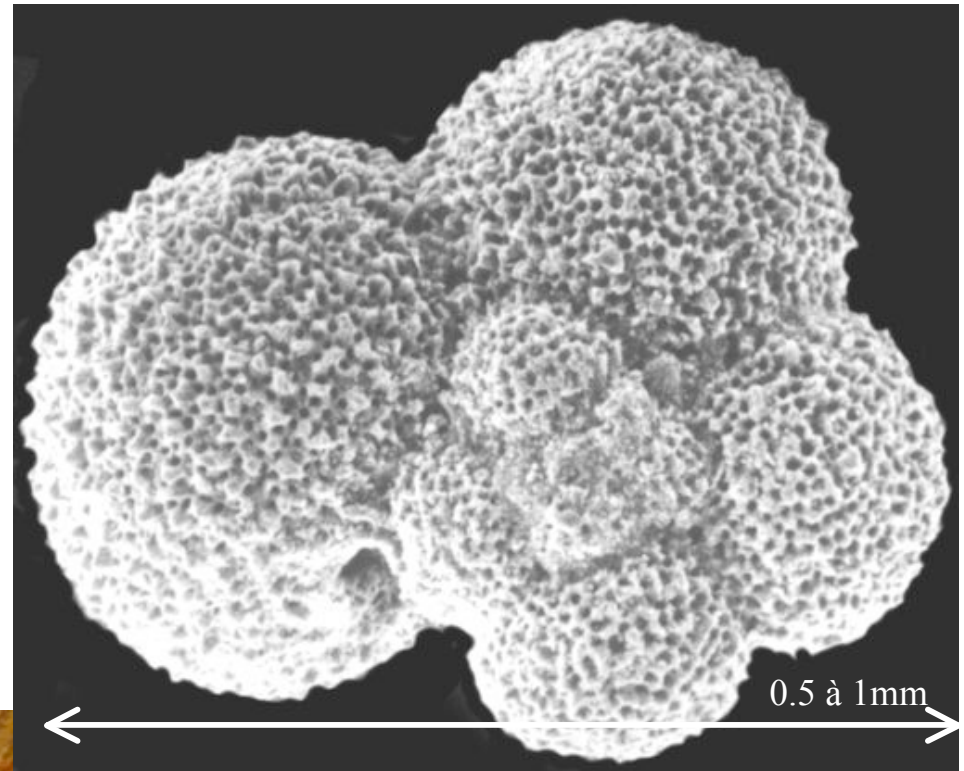
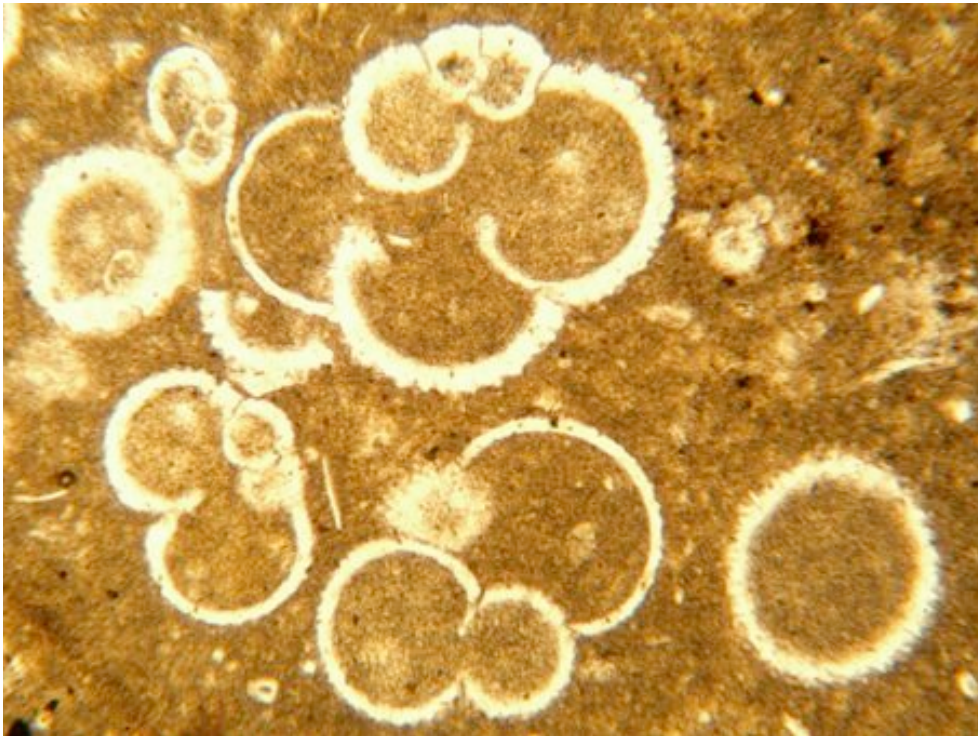
Formation de vacuoles d'eau de mer par endocytose

Augmentation du pH de $[Ca^{2+}]$ et de $[C_T]$

Exocytose des vacuoles modifiées vers l'espace délimité pour la biominéralisation et précipitation

Foraminifères:

Eucaryotes unicellulaires



*Possédant des eucaryotes
unicellulaires photosynthétiques
symbiotes*

eau de mer

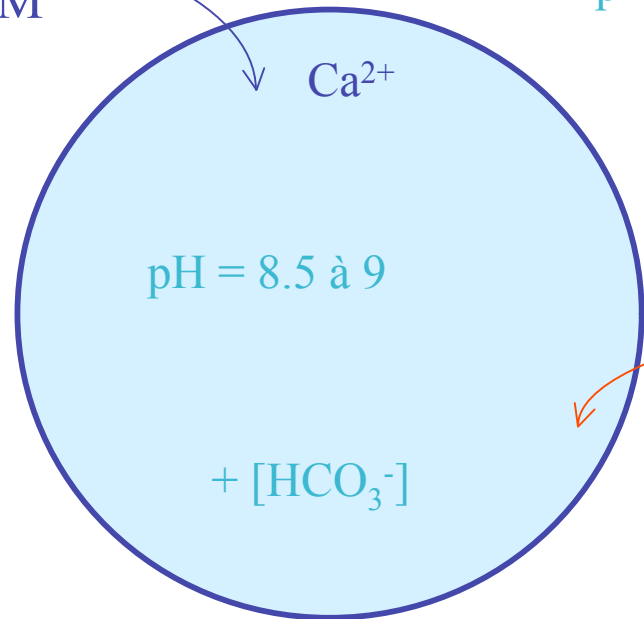
$[Ca^{2+}] = 10 \text{ à } 11 \text{ mM}$

$[CO_3^{2-}] = 100 \text{ à } 300 \text{ } \mu\text{M}$

endoplasme

pH = 7.2

Chloroplastes ou
algues
symbiotiques



Historiquement :
Avant l'explosion cambrienne
(-540 millions d'années)

Calcification dominante : Stromatolites



Stromatolites : structures laminaires
Systemes anciens = systemes actuels?



Photo : Pierre-André Bourque. Université Laval Québec

Stromatolites : structures laminaires

Origine de la précipitation?

Importance de la nucléation?

Relation avec la production primaire?

Origine de la lamination?

Historiquement :
Après l'explosion cambrienne
(-540 millions d'années)

« Explosion » cambrienne.



**Biominéralisations massives
et variées**

**Exemple
Olenoides Serratus (trilobite)**

**Biominéralisations carbonatées
Siliceuses, phosphatées**

Explosion » cambrienne.

Mais que s'est il passé?

Effet environnemental?

Effet écologique?

Calcification des phosphates

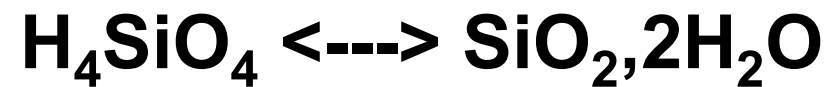
Une évolution de la formation de carbonates?

Hydroxyapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$;

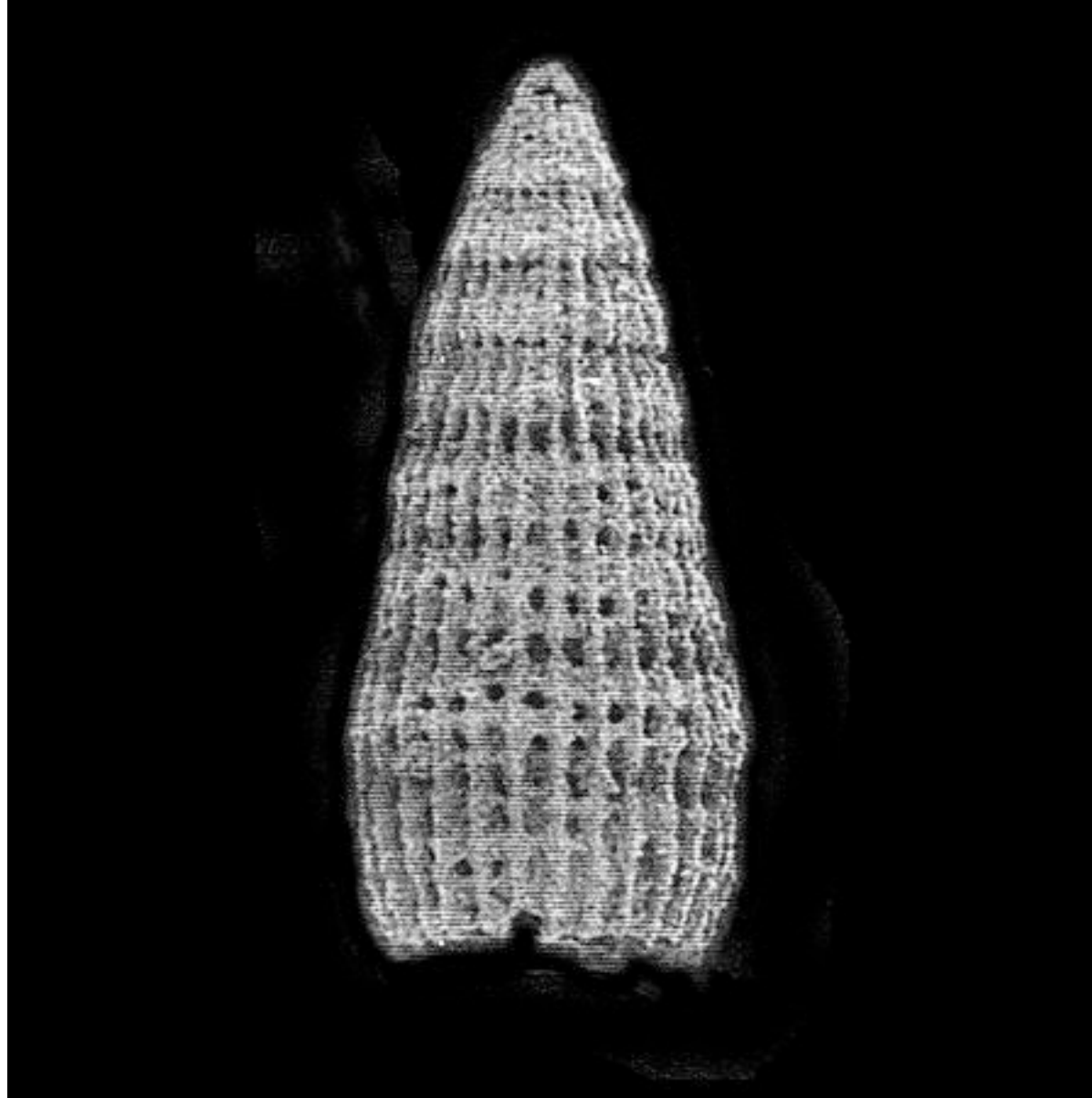


ASPECTS GÉNÉRAUX

4. SILICIFICATION BIOLOGIQUE

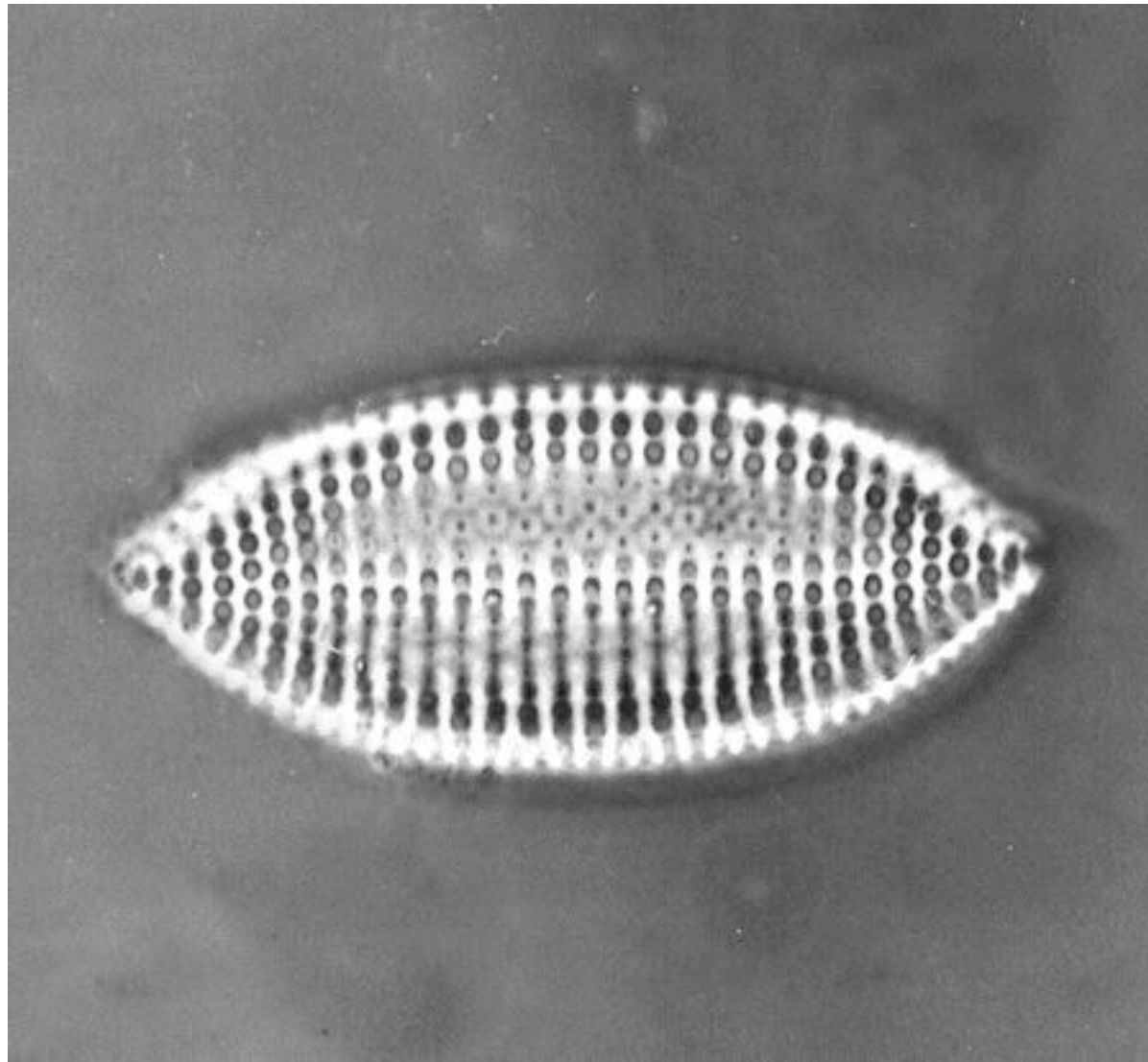


Radiolaires



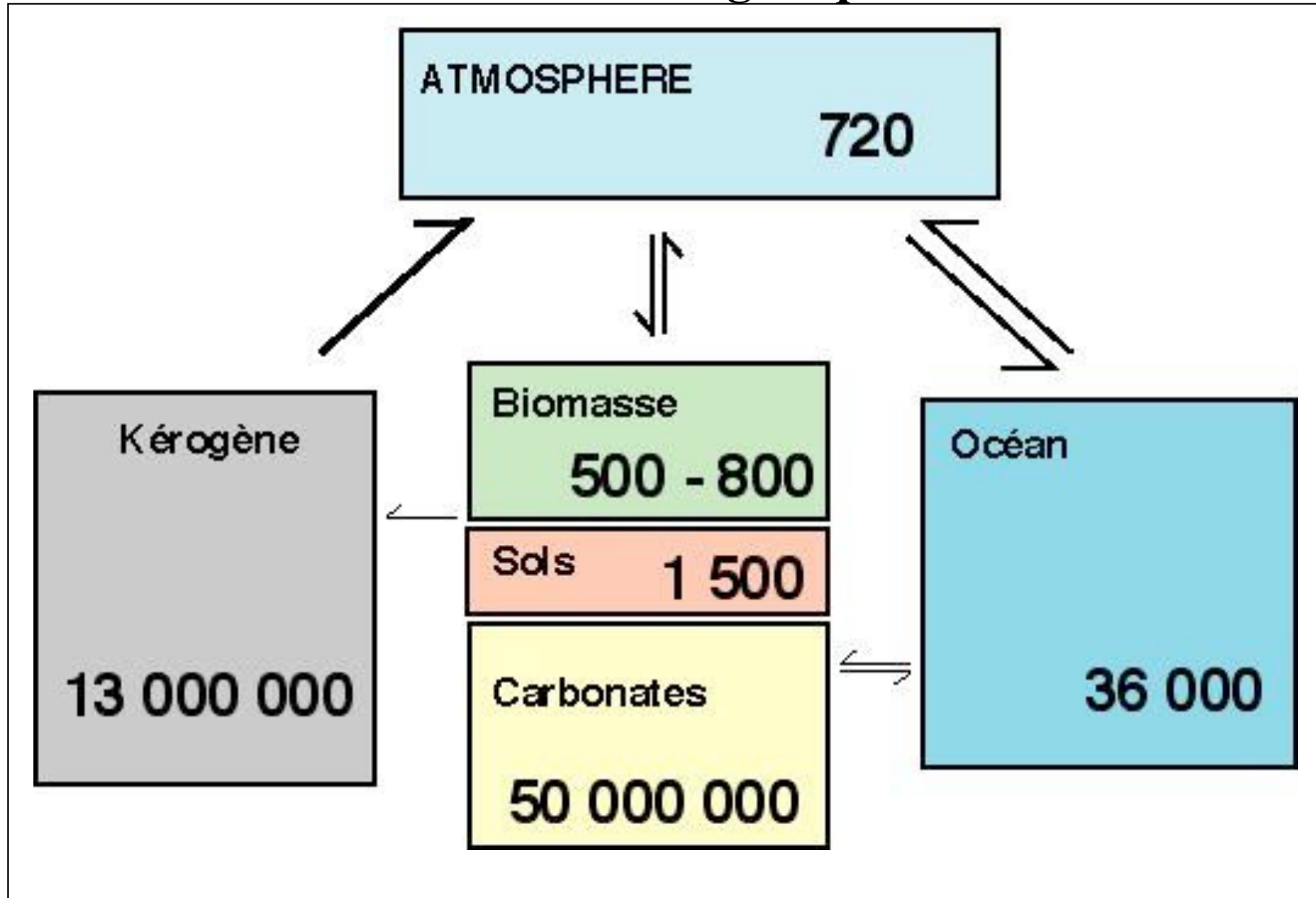
Dictyomitra Montisserei

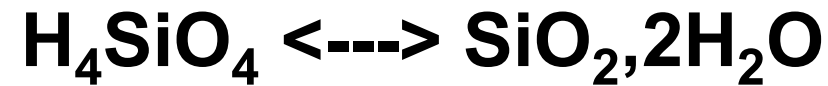
Diatomées



Nitzschia Punctata

La biominéralisation agit sur l'enfouissement de matière organique





DIATOMÉES

PRODUCTION DE L'ORDRE DE $25 \cdot 10^{13}$ mol de silice par an

EXPORT VERS LE FOND : $12 \cdot 10^{13}$ mol de silice par an

DEPÔT SUR LE FOND : $3 \cdot 10^{13}$ mol de silice par an

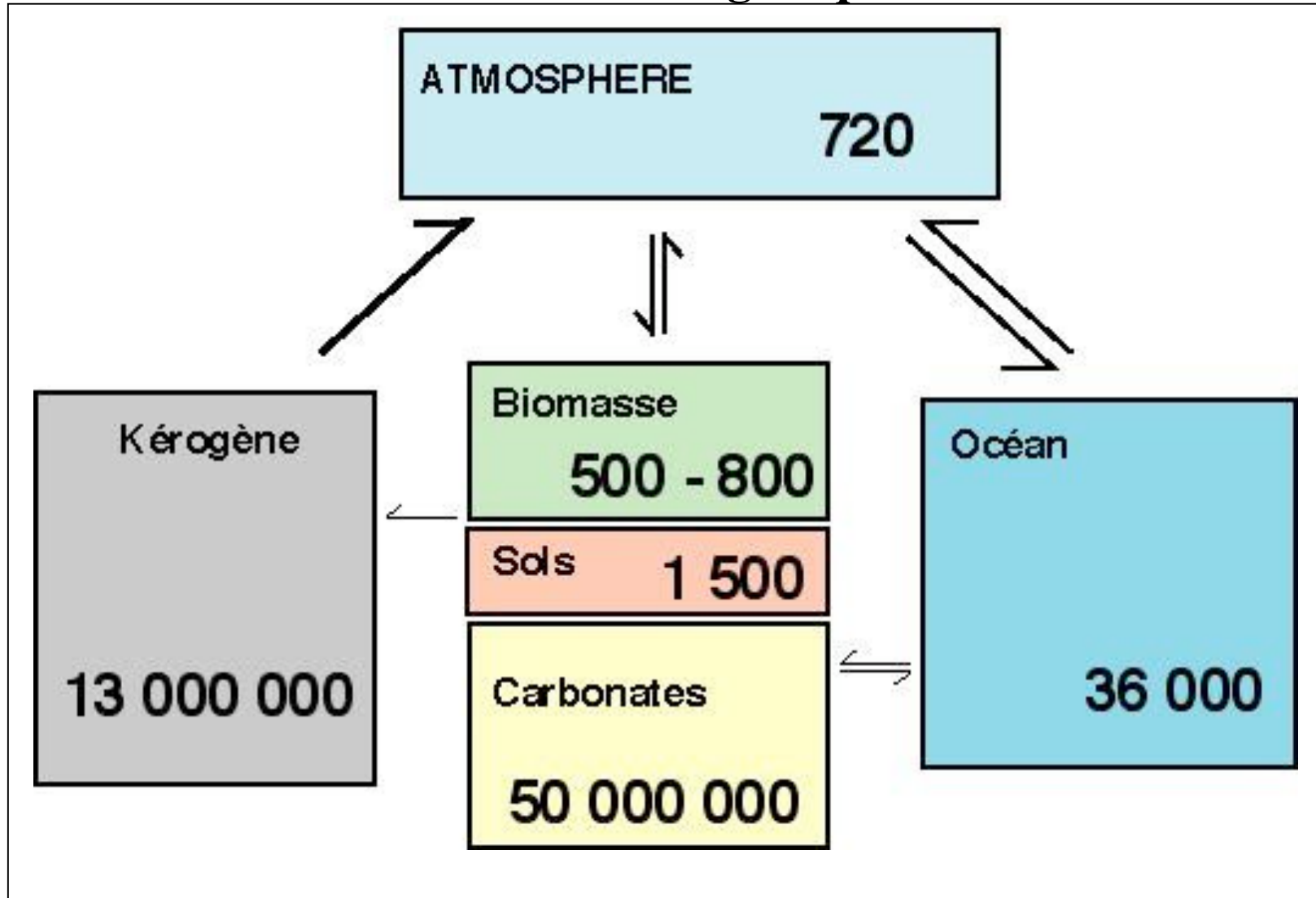
ENFOUISSEMENT : $0,5 \cdot 10^{13}$ mol de silice par an

**CONTRIBUTION À 50% DE
L'ENFOUISSEMENT ORGANIQUE???**

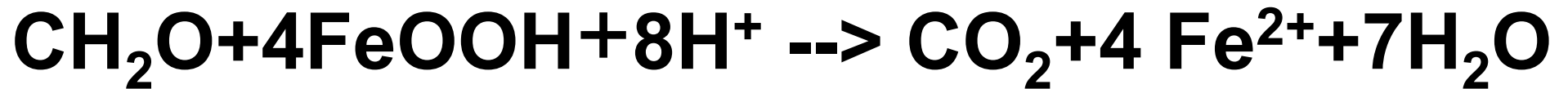
ASPECTS GÉNÉRAUX

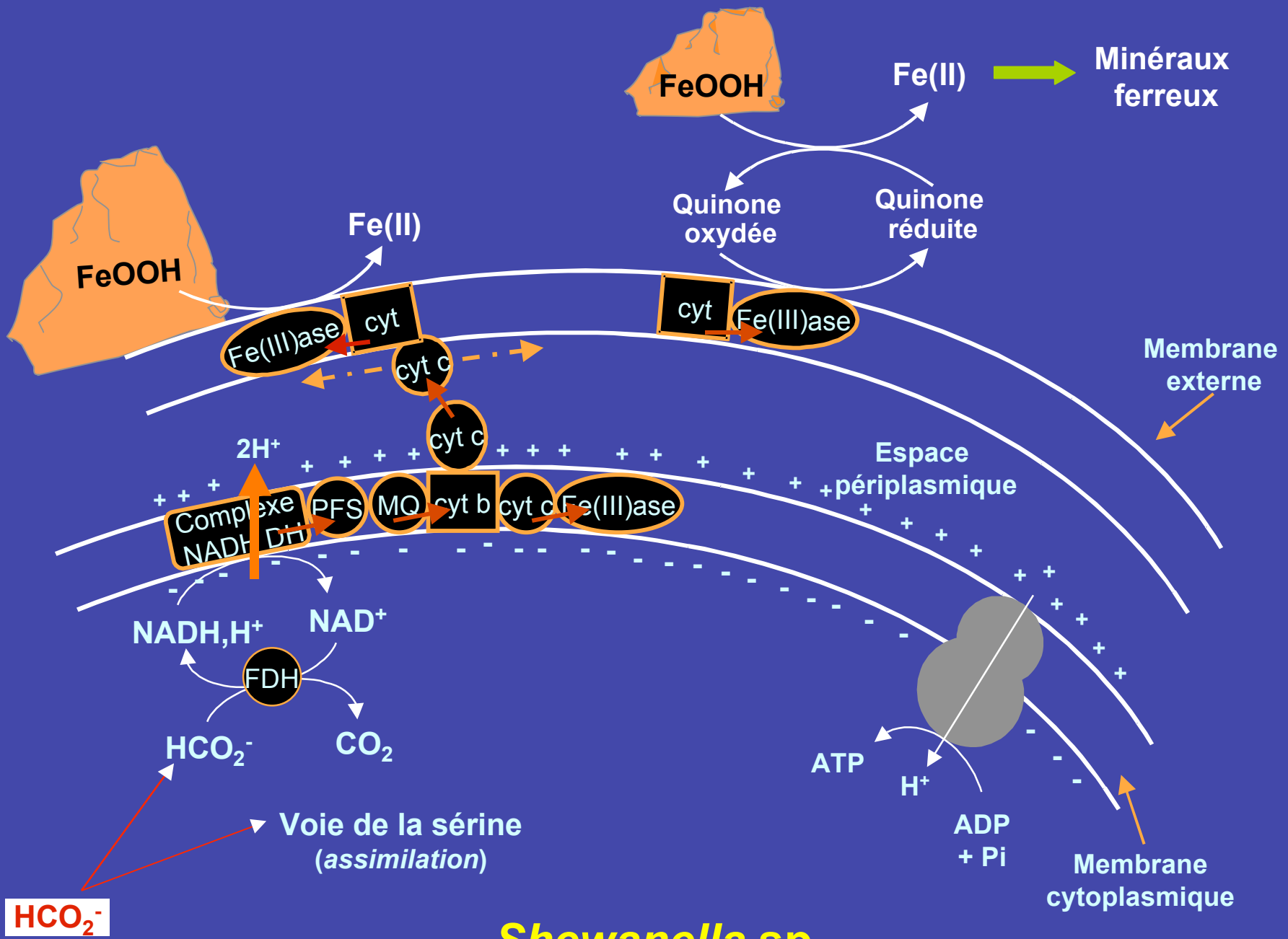
5. Interactions organismes/minéraux et état d'oxydo-réduction de la sub-surface

La biominéralisation agit sur l'enfouissement de matière organique

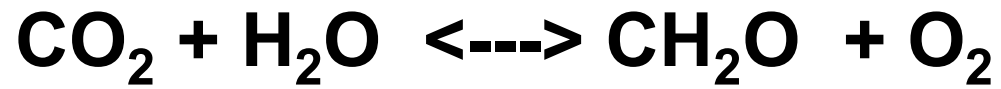


**Exemple : bactéries (ferriréductrices)
respirant les oxydes de fer**

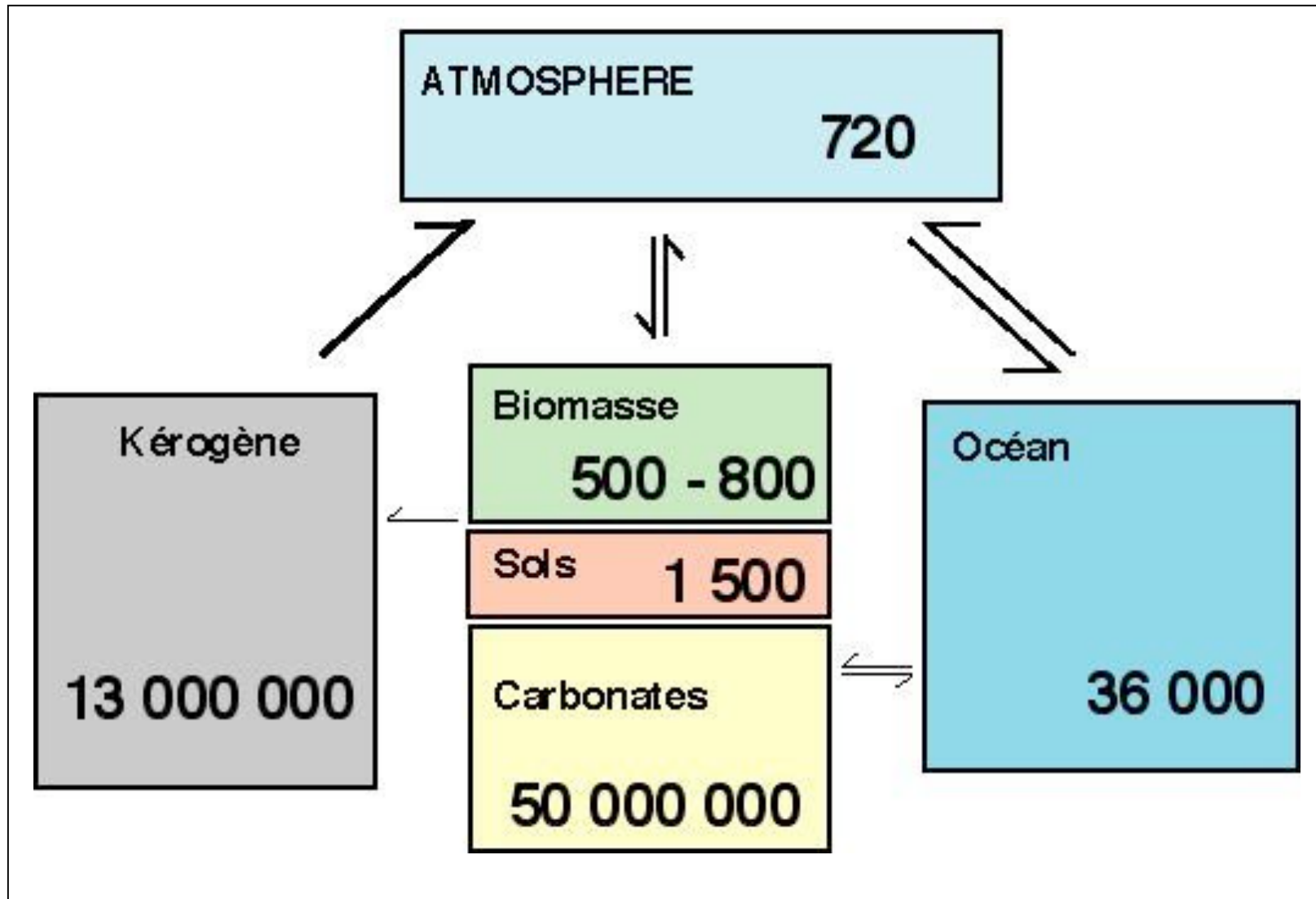




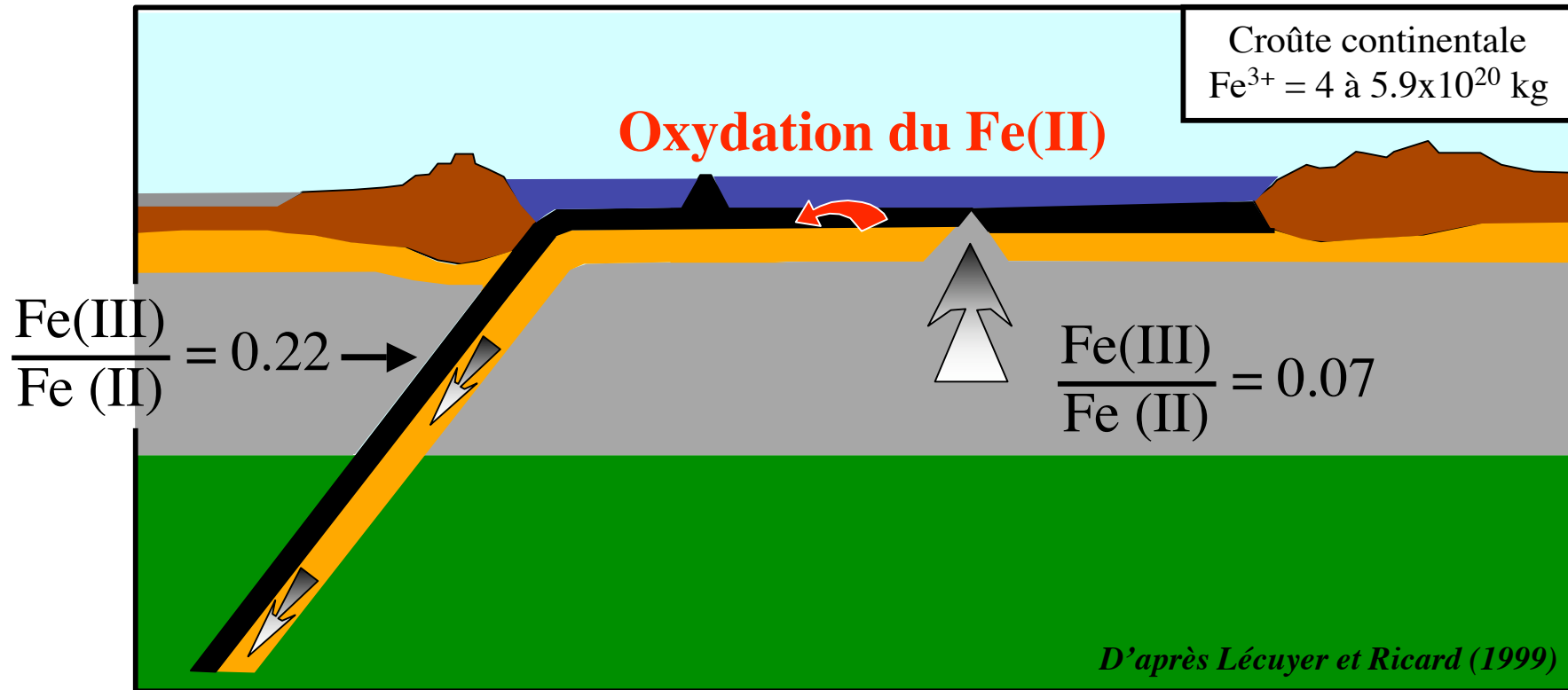
Shewanella sp.



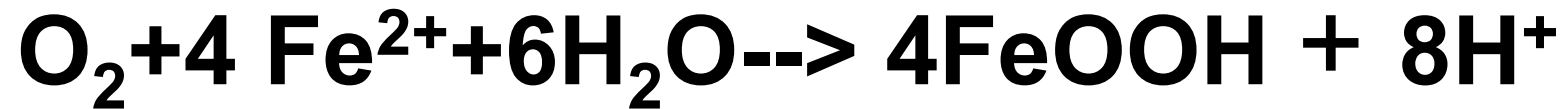
Les interactions microorganismes/minéraux agissent sur le cycle de l'oxygène



Régulation de O₂ par l'hydrothermalisme océanique



**Bactéries (ferro-oxydantes)
se nourrissant de fer**



HYDROTHERMALISME OCÉANIQUE



F. Gaill/HOT-96



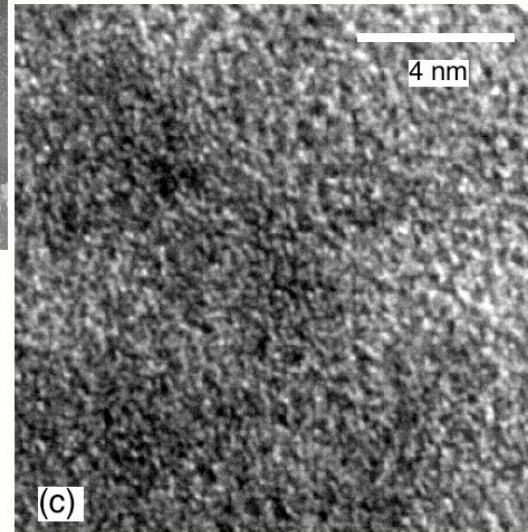
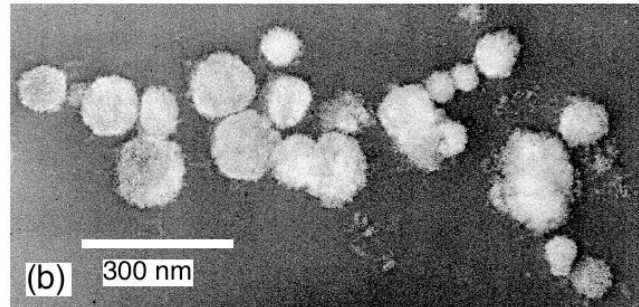
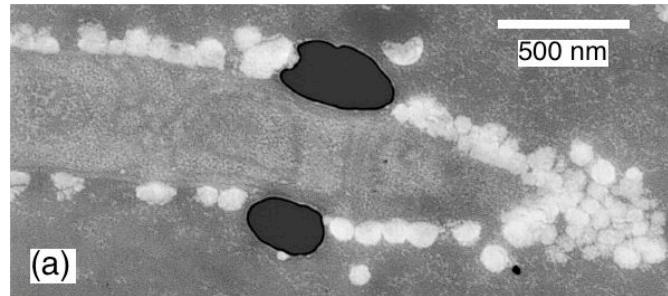
F. Pradillon/HOPE-99



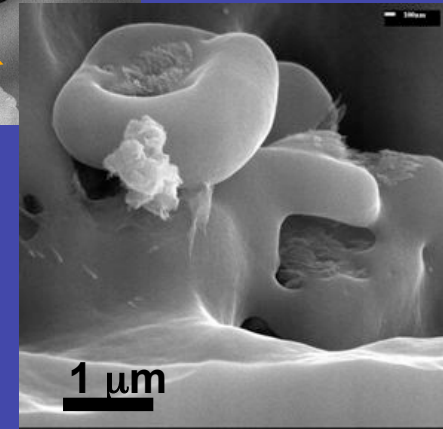
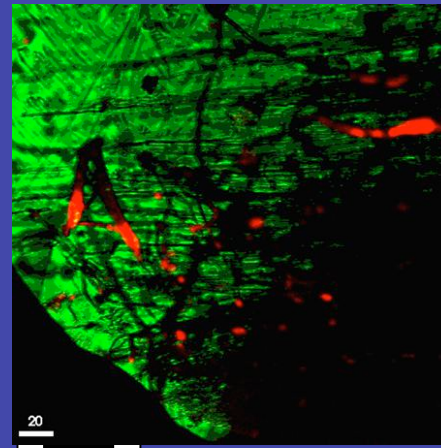
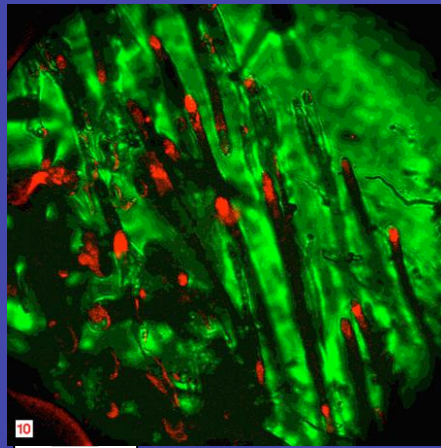
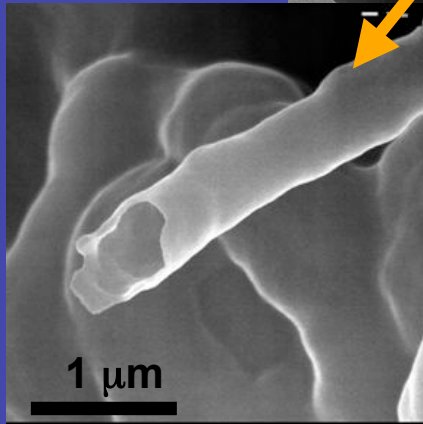
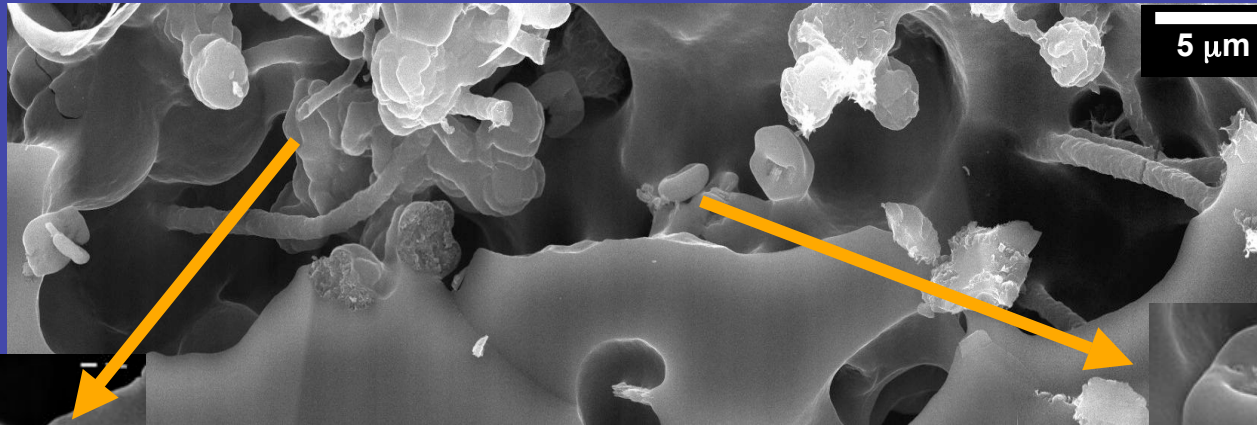
Ifremer/Biocyatherm

FORMATION D'OXYDES DE Fe(II)/Fe(III)

Surfaces de bactéries hydrothermales



Altération biologique des basaltes



Ethidium Bromide staining in channels (DNA?)

Channels have been interpreted as biogenic weathering features



Important implications for global geochemistry and search for ancient traces of life

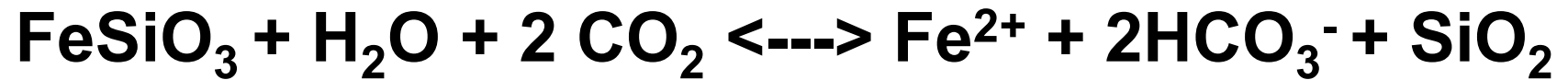
Systemes très anciens d'oxydation du fer
Banded Iron Formations: structures laminaires
Structures biologiques?



Siderite FeCO_3
Magnetite Fe_3O_4
Hematite Fe_2O_3
Silice SiO_2

Photographie: SEPM Society of Economic Paleontologists and Mineralogists

Origine du fer



Précipitation de carbonates et de silice

(abiotique? biologique?)

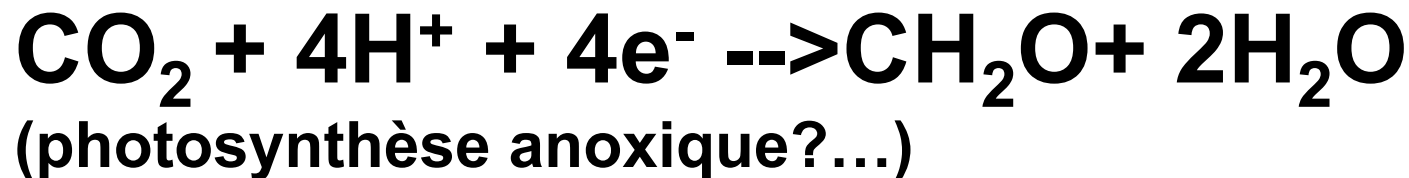
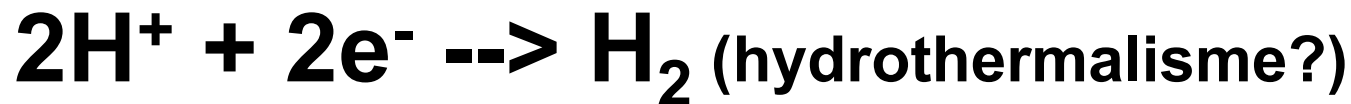
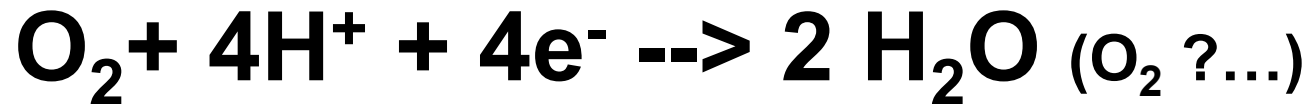
sidérite FeCO_3 ankerite $\text{Ca}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{CO}_3$



Oxydation du fer

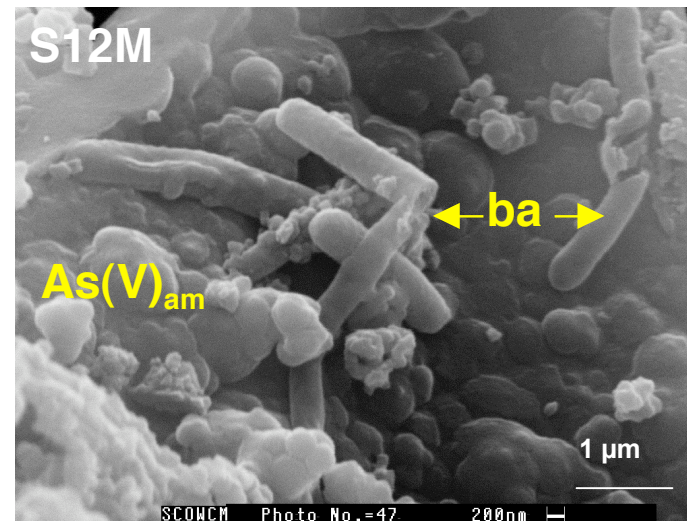


Accepteurs d'électrons



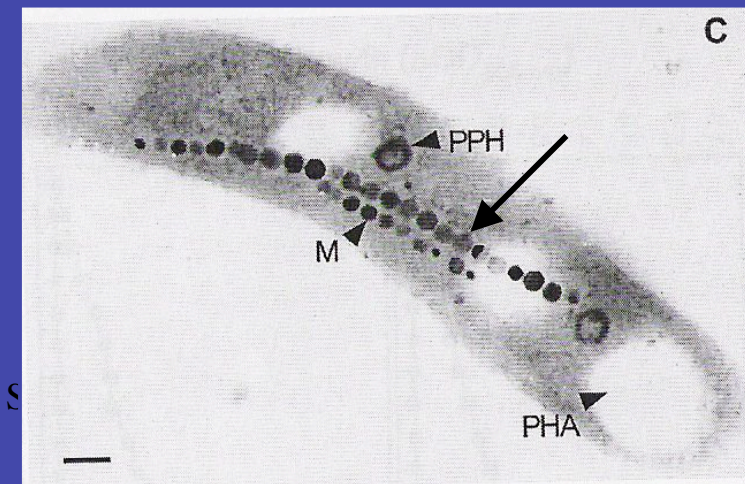
CYCLE DU FER ET DE LA POLLUTION

1. Oxydation bactérienne des sulfures de fer
2. Synthèse d'oxydes de fer avec polluants adsorbés
3. Enfouissement
4. Respiration des oxydes de fer et libération des polluants (nappes)



MÉTABOLISME DU FER ET BACTÉRIES MAGNÉTOTACTIQUES

Un sous produit des adaptations de type oxydo-
réduction?



QUELQUES RÉFÉRENCES TECHNIQUES

**Biomineralization. Principles and concepts
in bioinorganic materials chemistry**

Stephen Mann

Oxford University Press 2001, reprinted 2005

**Biomineralization ed. Edmund Bauerlein
Wiley-VCH**

**Reviews in Mineralogy and Geochemistry
Volume 54**

Biomineralization

**The Mineralogical Society of America
2003**