

BIOMINÉRAUX

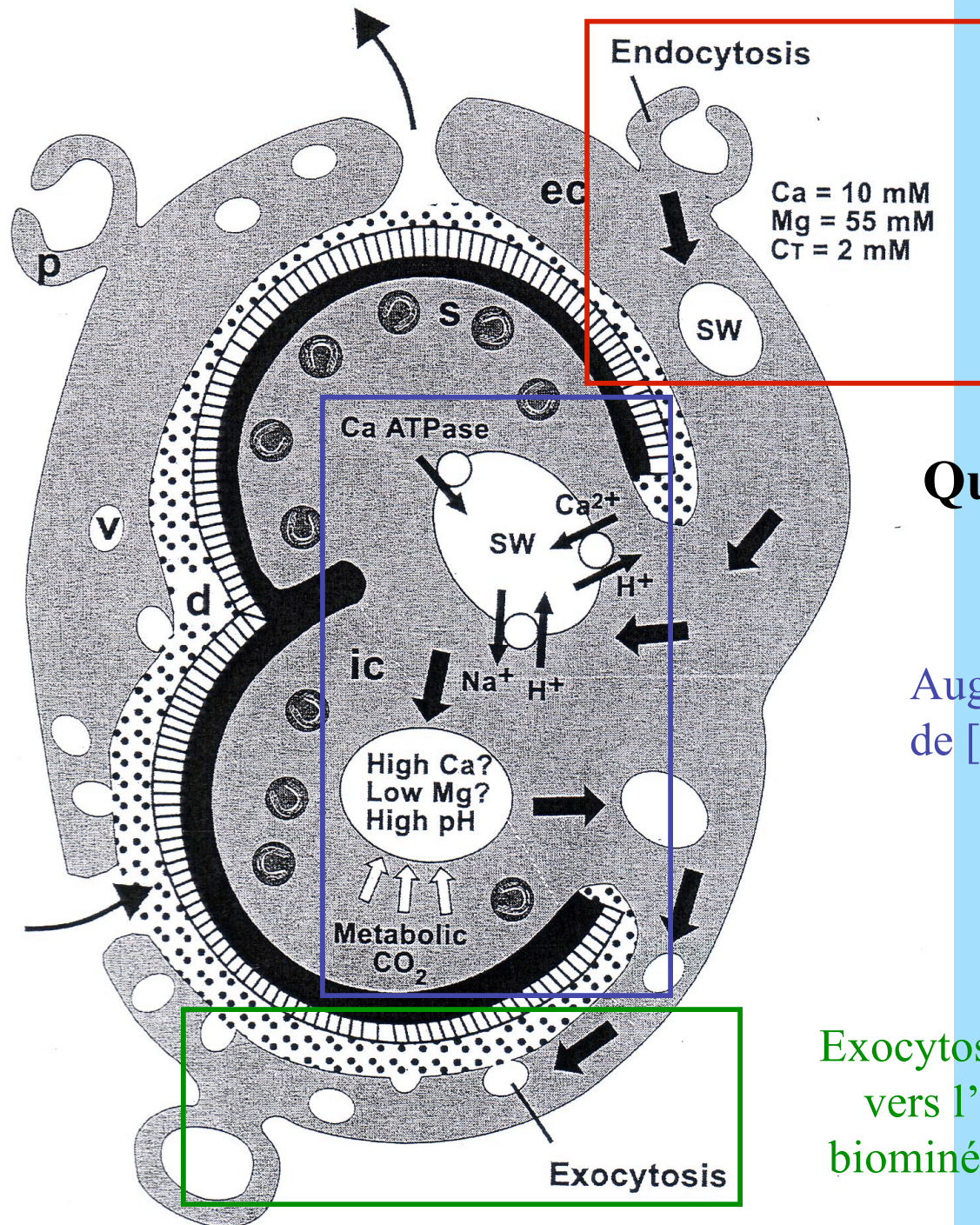
<http://step.ipgp.jussieu.fr>

TICE

Serveur de cours

Biominéraux

**QUELQUES ASPECTS
GÉNÉTIQUES DE LA
BIOMINÉRALISATION**



Formation de vacuoles d'eau de mer par endocytose

Quels gènes? Quels protéines?

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

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

Quels gènes? Quels protéines?



Stromatolites

Photo : Pierre-André Bourque. Université Laval Québec

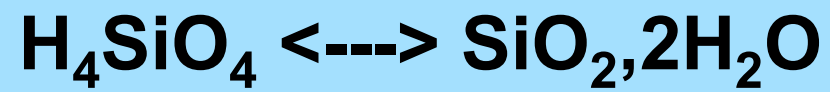
Quels gènes? Quels protéines?

Elucidation des mécanismes

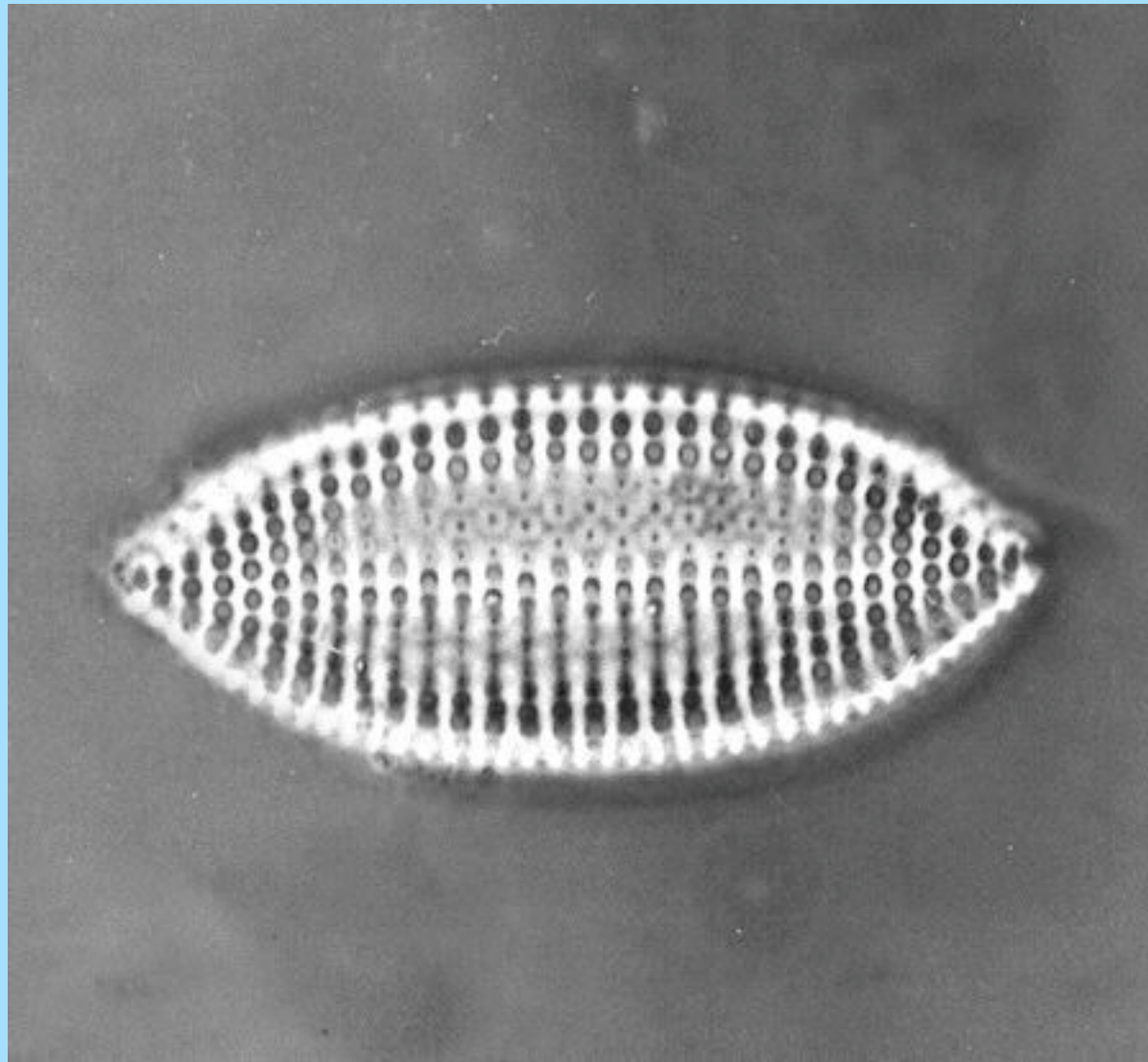
Biotechnologie pour optimiser les matériaux

Phylogénie. Relation avec l'histoire de la Terre

EXEMPLE : DIATOMÉES ET SILICE



Diatomées



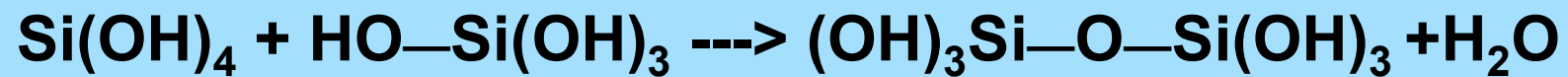
<http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/diatom.html#images> *Nitzschia Punctata*

PRÉCIPITATION DE SILICE

$$\mathcal{A} = \mathcal{A}^\circ(T,P) + RT \ln a_{\text{Si(OH)}_4}$$

$$= RT \ln (a_{\text{Si(OH)}_4} / a_{\text{Si(OH)}_4 \text{ eq}}) = RT \ln \Omega$$

EXEMPLE : DIATOMÉES ET SILICE



Cinétique plus rapide à haut pH

Agrégation : contrôle de la taille des particules

Concept de biominéralisation de silice

eau de mer

endoplasme

$[\text{H}_4\text{SiO}_4] = 10$
micromolaire



$[\text{H}_4\text{SiO}_4] =$
10 millimolaire

Transport de silice

**Protéines transmembranaires SIT (gène *sit*)
transporteurs de silice (et de Na)
ADN complémentaires (cDNA)
induits par le métabolisme de la silice**

**État intracellulaire de la silice peu connu
(transporteurs, vésicules?)**

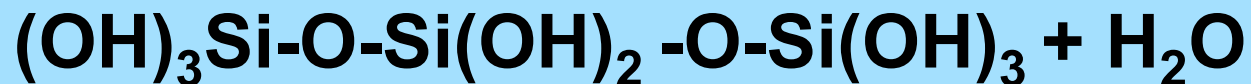
SDV : silica deposition vesicle

**Précipitations de billes de silice amorphe :
30-800 nm**

**Rôle de protéines spécifiques : silaffines (gènes *sil*)
et de polyamines**

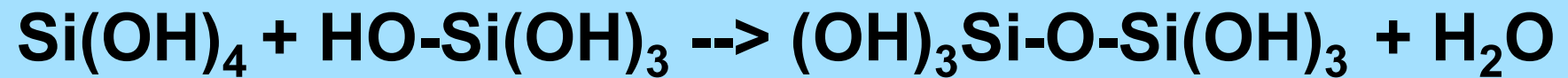
**Effet du pH (mise en évidence de pH acides dans la
SDV; contrôle de taille des particules)**

Précipitation de silice



Polycondensation 3D. Effet du pH

**Extraction de la frustule de silice.
Plusieurs protéines dont Silaffines**



Essais in vitro

In vitro polymerization

Auto-assemblage? Pores.

Silaffines



Riches en Lys, Arg, Ser, Thr

**Acides aminés à fonctions amines (Lys Arg)
et OH (Ser, Thr) : caractère amphiphile**

Diatomées : Organisation en frustule

Matrice organique

Auto-organisation. Émulsion organisée

Rôle du cytosquelette (microtubules, actine)

Déformation de la SDV

Cytosquelette

Outils génétiques en développement

Insertion de gènes

Inactivation de gènes

Mutants

**Efforts analogues sur Coccolithophoridés
(*Emiliana huxleyi*)**

Exemple d'application Matériaux

Protéine composite : soie d'araignée + silaffine
→soie d'araignée renforcée par des nanosphères de silice Wong et al. 2006 voir site web

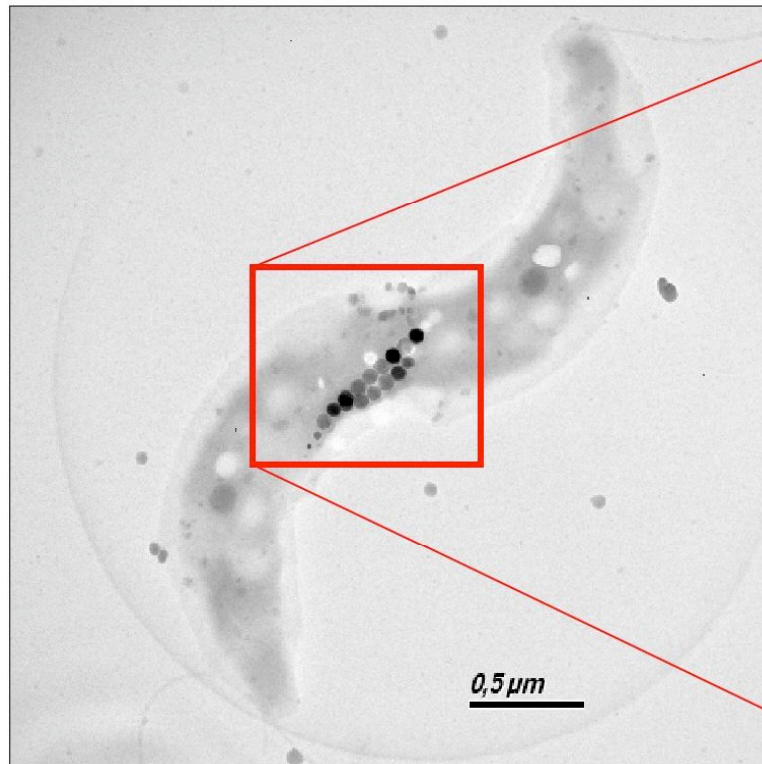
1. Fabrication d'un gène (plasmide) composite correspondant au gène codant pour la protéine de soie et à une séquence de silaffine

2. Expression dans Escherichia Coli

3. Extraction purification de la protéine chimère

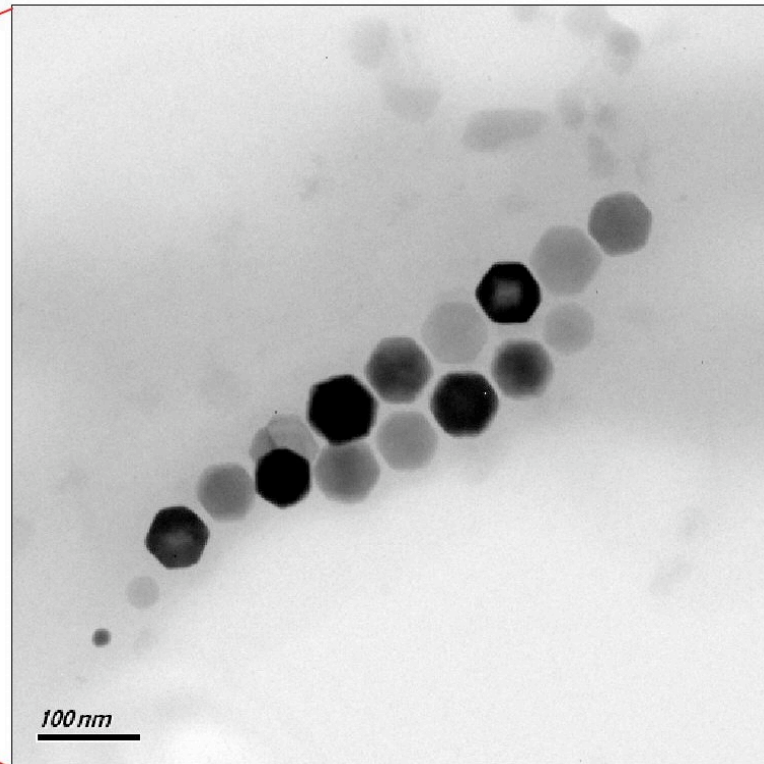
4. Mise en présence d'un système sursaturé par rapport à la précipitation de silice.

Bactéries magnétotactiques



- Découvertes par Blakemore

Science **190** (1975), 377-379.

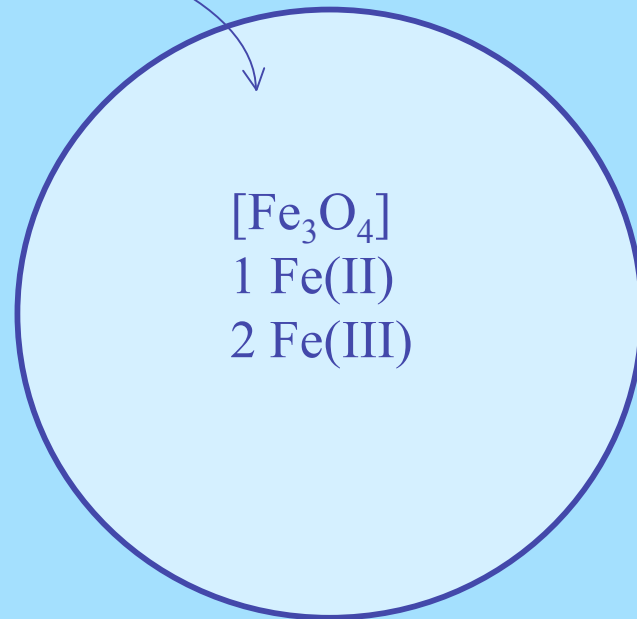


- possèdent des chaînes de cristaux magnétiques intracellulaires

⇒ petits aimants

MAGNÉTOSOMES

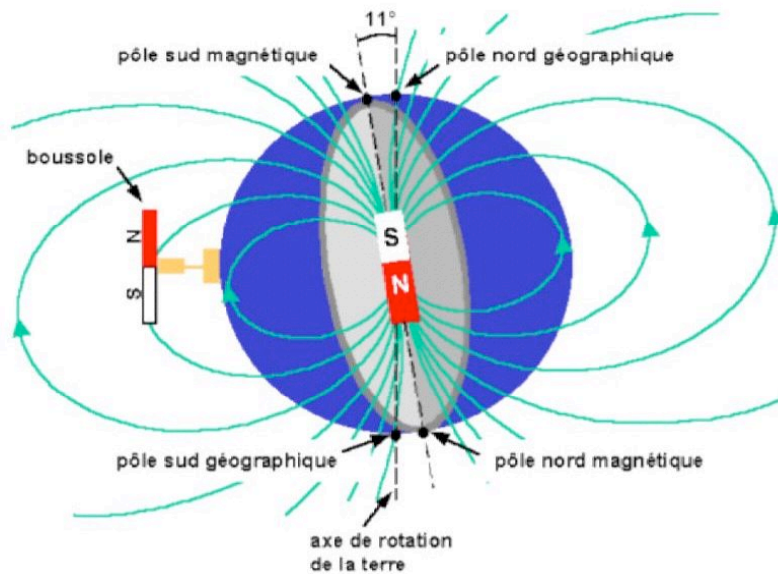
[Fe(II)] , [Fe(III)]



Bactéries magnétotactiques

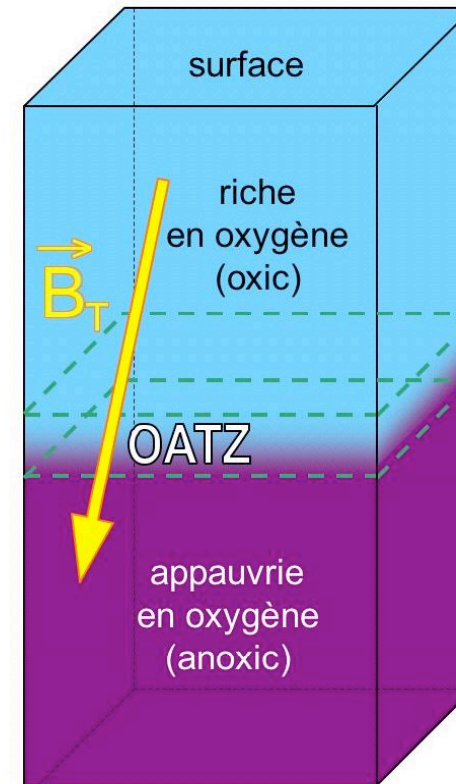
Rôle des magnétosomes

- Sous nos latitudes, le champ magnétique terrestre a une composante verticale



- La recherche des meilleures conditions d'existence est facilitée (magnétotactisme + aérotactisme)

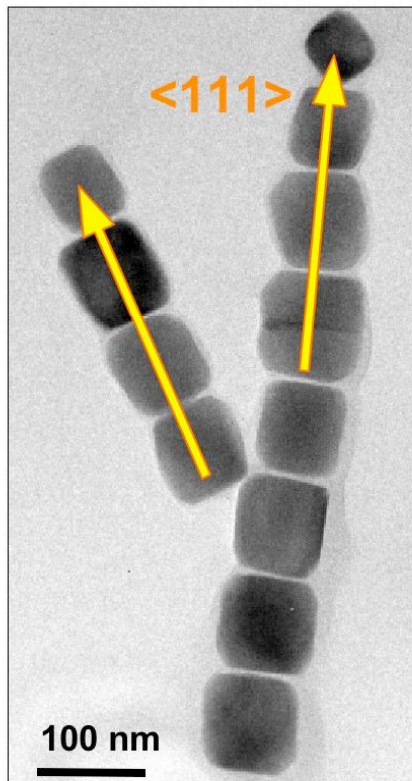
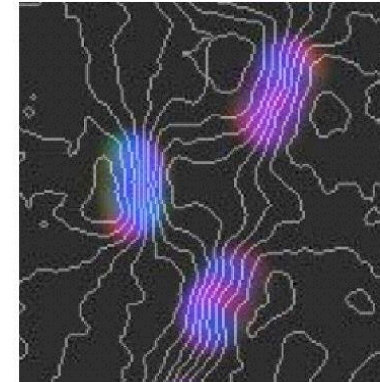
⇒ remarquable exemple d'adaptation



Bactéries magnétotactiques

Propriétés magnétiques

Les magnétites des bactéries magnétotactiques ont une taille et des morphologies remarquables



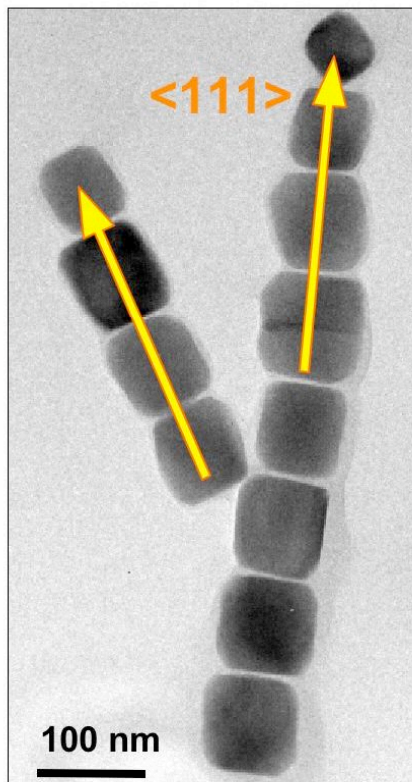
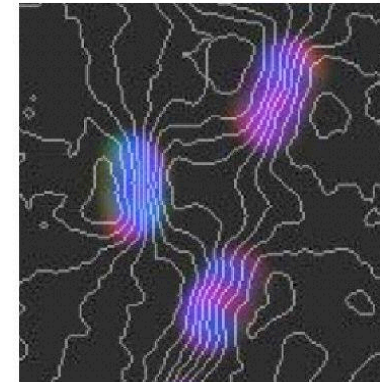
- ≈ 100 nm
⇒ mono-domaines magnétiques
taille **inaccessible** par les méthodes abiotiques !
- allongées selon la direction de + facile aimantation
⇒ maximisation du moment magnétique individuel
- les magnétites sont alignées selon ces directions dans des chaînes
⇒ maximisation du moment magnétique de la chaîne

La stoechiométrie et l'occupation des sites de la magnétite sont-elles également optimisées ?

Intérêt potentiel en environnement

lié aux possibilités de tri

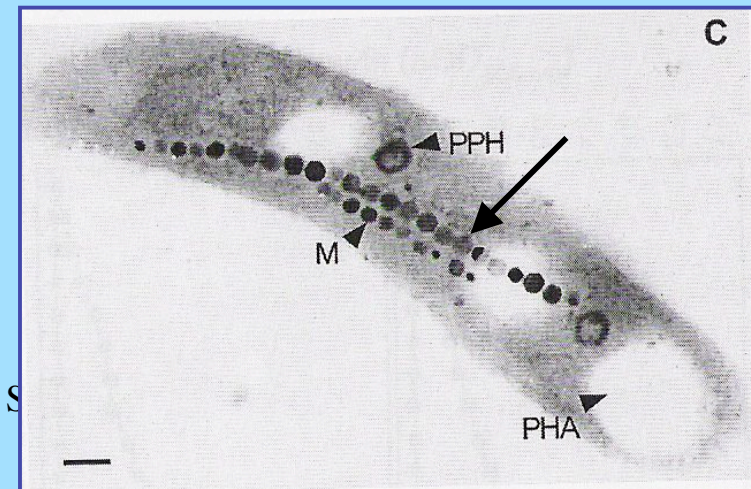
Les magnétites des bactéries magnétotactiques ont une taille et des morphologies remarquables



- ≈ 100 nm
⇒ mono-domaines magnétiques
taille **inaccessible** par les méthodes abiotiques !
- allongées selon la direction de + facile aimantation
⇒ maximisation du moment magnétique individuel
- les magnétites sont alignées selon ces directions dans des chaînes
⇒ maximisation du moment magnétique de la chaîne

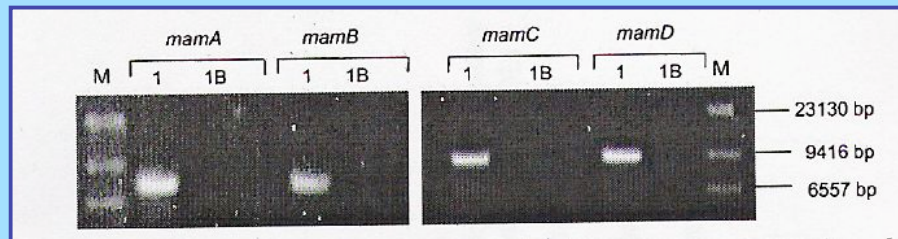
La stoechiométrie et l'occupation des sites de la magnétite sont-elles également optimisées ?

MUTANTS NON MAGNÉTIQUES



CARACTERISATION DU GENOME

* Quels gènes ?

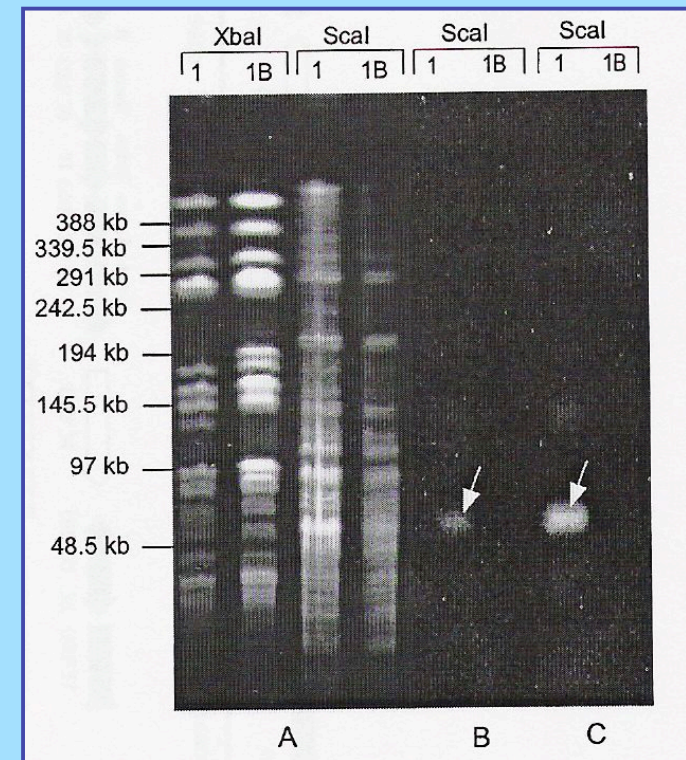


* Étendue de la suppression ?

A = électrophorèse des fragments de restriction de MSR1 et MSR1B

B = mam B

C = mam D



CARACTERISATION DU GENOME

- Notion d'îles génomiques (ici MAI)

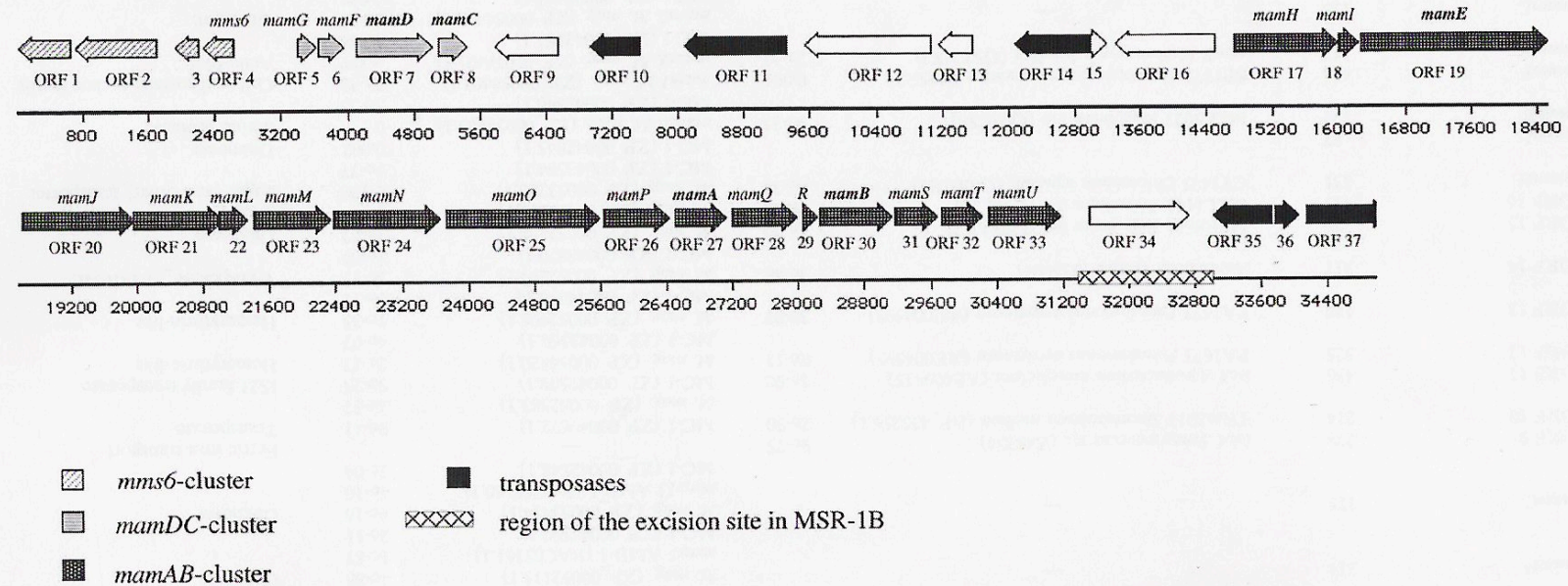


FIG. 6. Molecular organization of the *M. gryphiswaldense* MSR-1 35-kb genomic region comprising all identified magnetosome genes. Names of ORFs encoding known magnetosome-associated proteins are shown in bold.

DÉMARCHE : EXPRESSION/MODIFICATION

- Protéines de transport du fer
- Protéines de contrôle de la croissance cristalline
- Protéines de contrôle d'autres molécules
- Protéines d'agencement des magnétosomes

- Expériences in vitro
- Expression dans des vecteurs différents
- OGM
- Efforts analogues sur *B. Subtilis* et autres

- Phylogénie
- Transferts latéraux de gènes