

Colloque final

Pollutions diffuses de la terre à la mer

1^{er} juin 2021



Biogéochimie et transfert des contaminants émergents/résurgents dans le continuum sols/rivières/océans

Alexandre Gélabert IPGP - Université de Paris

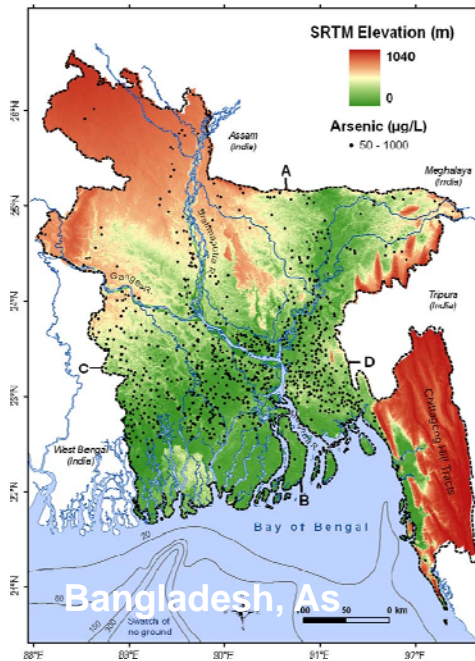


Pollution, impact sur les écosystèmes, potabilité des eaux ...

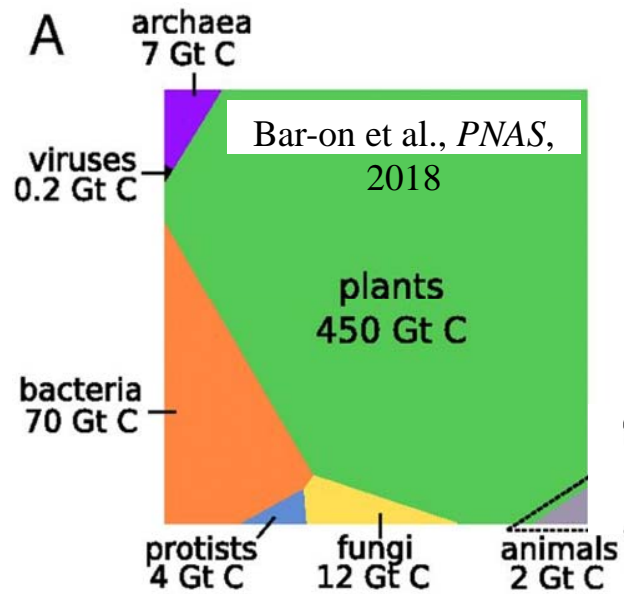


OMS

- 2012 : 23% mortalité due à l'environnement
- Particules fines, accès à l'eau potable ; As, Hg, Pb, Cd prioritaires
- Pb : Estimé responsable de 412000 morts/an (18%) aux USA!!!! *

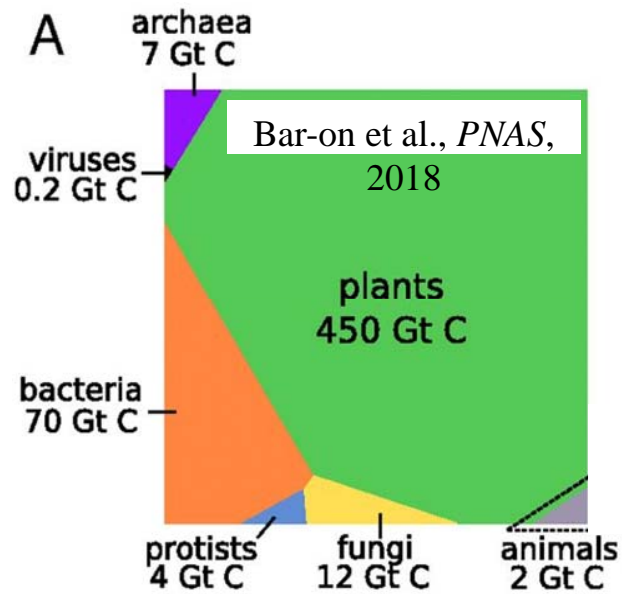


Microorganismes : un acteur particulier

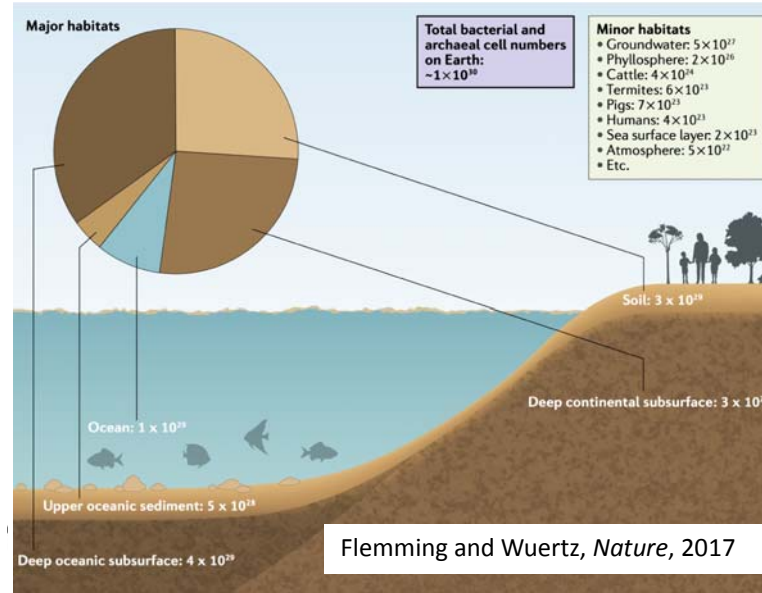


**Biomasse
importante**

Microorganismes : un acteur particulier



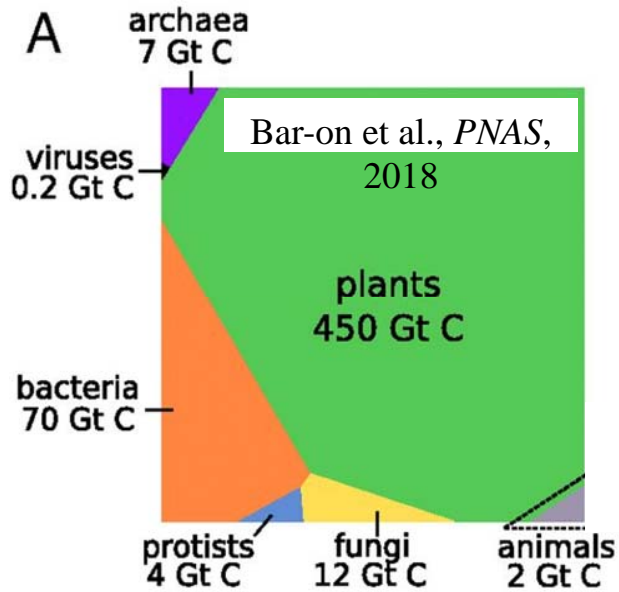
Biomasse importante



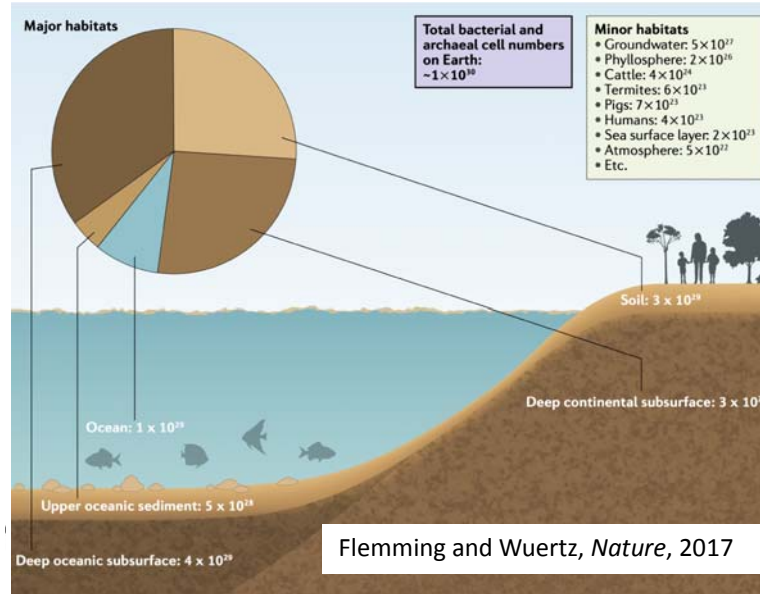
Tous les environnements



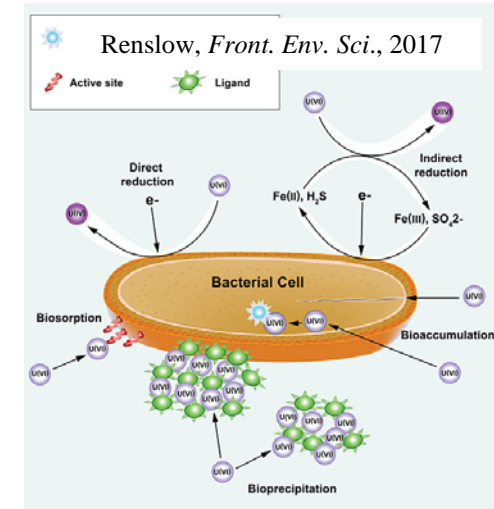
Microorganismes : un acteur particulier



Biomasse importante



Tous les environnements

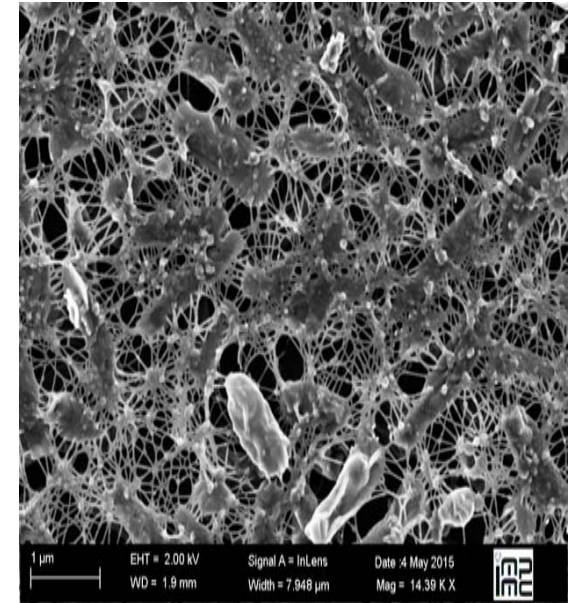
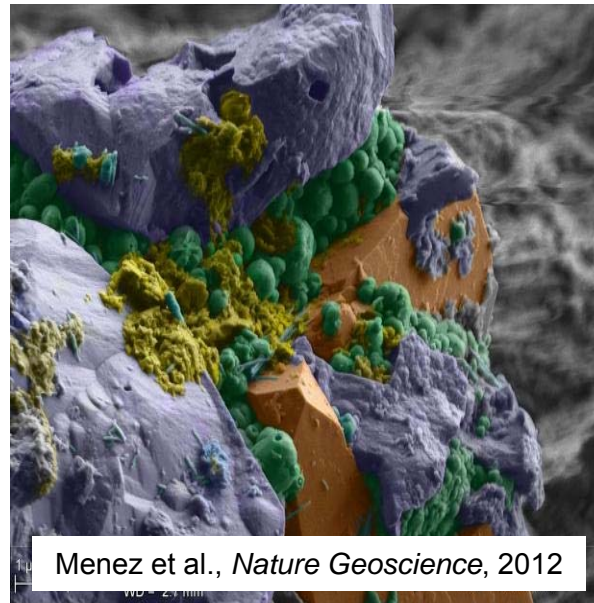


Très forte réactivité

Compartiment environnemental majeur

Biofilms microbiens?

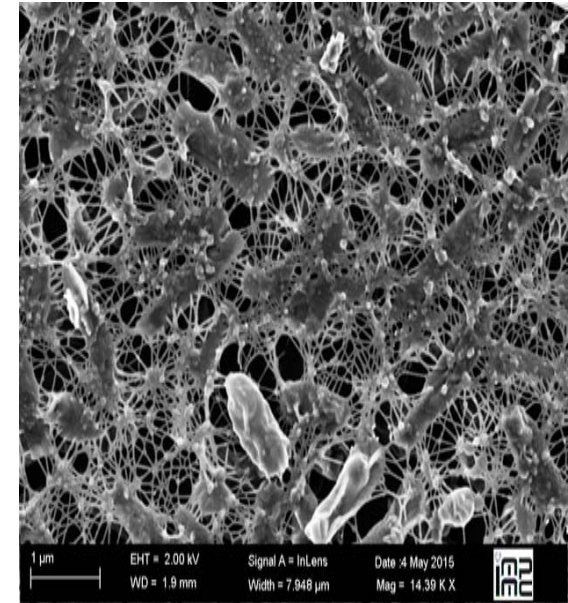
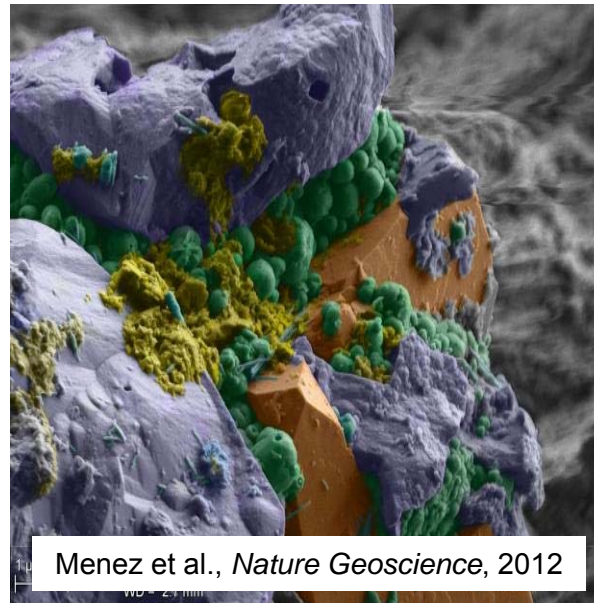
- > 80 % microorganismes = biofilms



Structures microbiennes où les microorganismes sont encapsulés dans une matrice d'exopolymères

Biofilms microbiens?

- **> 80 % microorganismes = biofilms**



Structures microbiennes où les microorganismes sont encapsulés dans une matrice d'exopolymères

**Biofilms microbiens = Contrôle fort du cycle des éléments
MAIS impact mal estimé (flux, processus)**

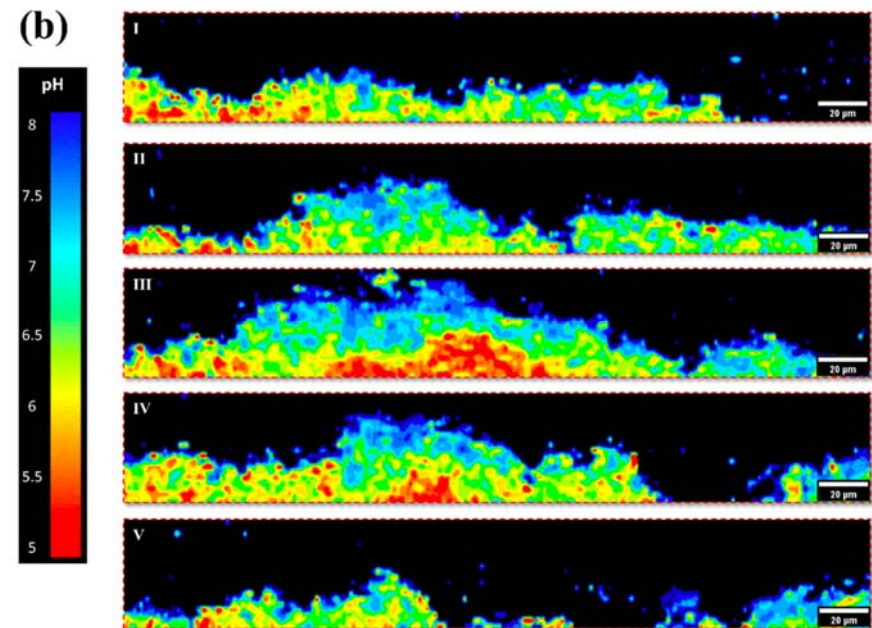
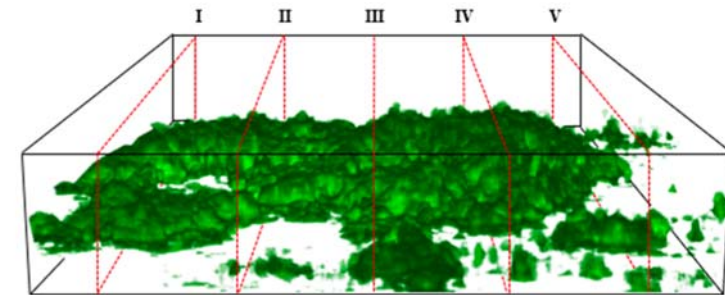
Biofilms et Microenvironnements

● Microenvironnements dans les biofilms

= propriété de gel

= Transport limité, accumulations

➔ Physico-chimie locale particulière



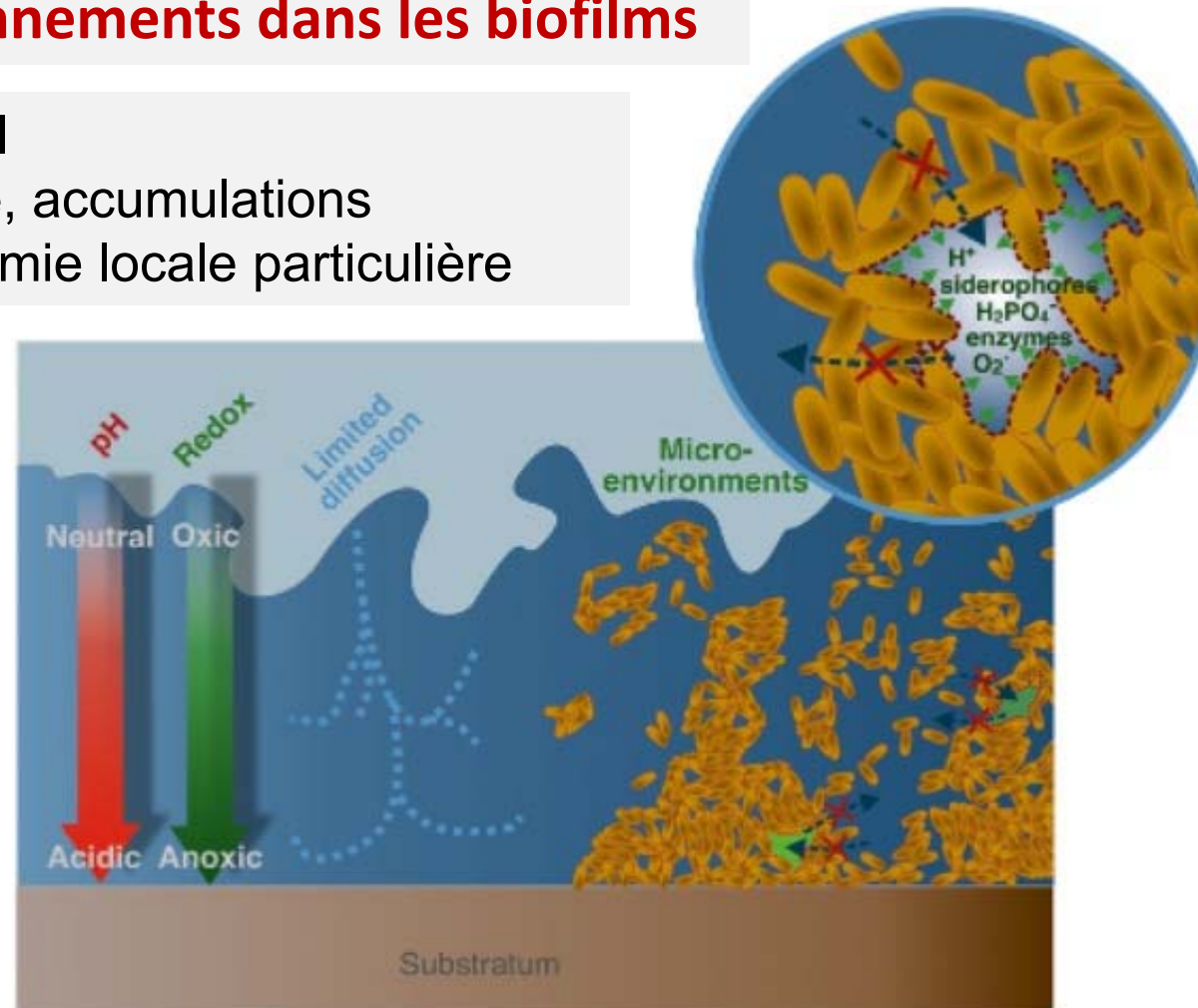
Biofilms et Microenvironnements

● Microenvironnements dans les biofilms

= propriété de gel

= Transport limité, accumulations

➡ Physico-chimie locale particulière



Desmau et al., *Frontiers Env. Sci.*, 2020

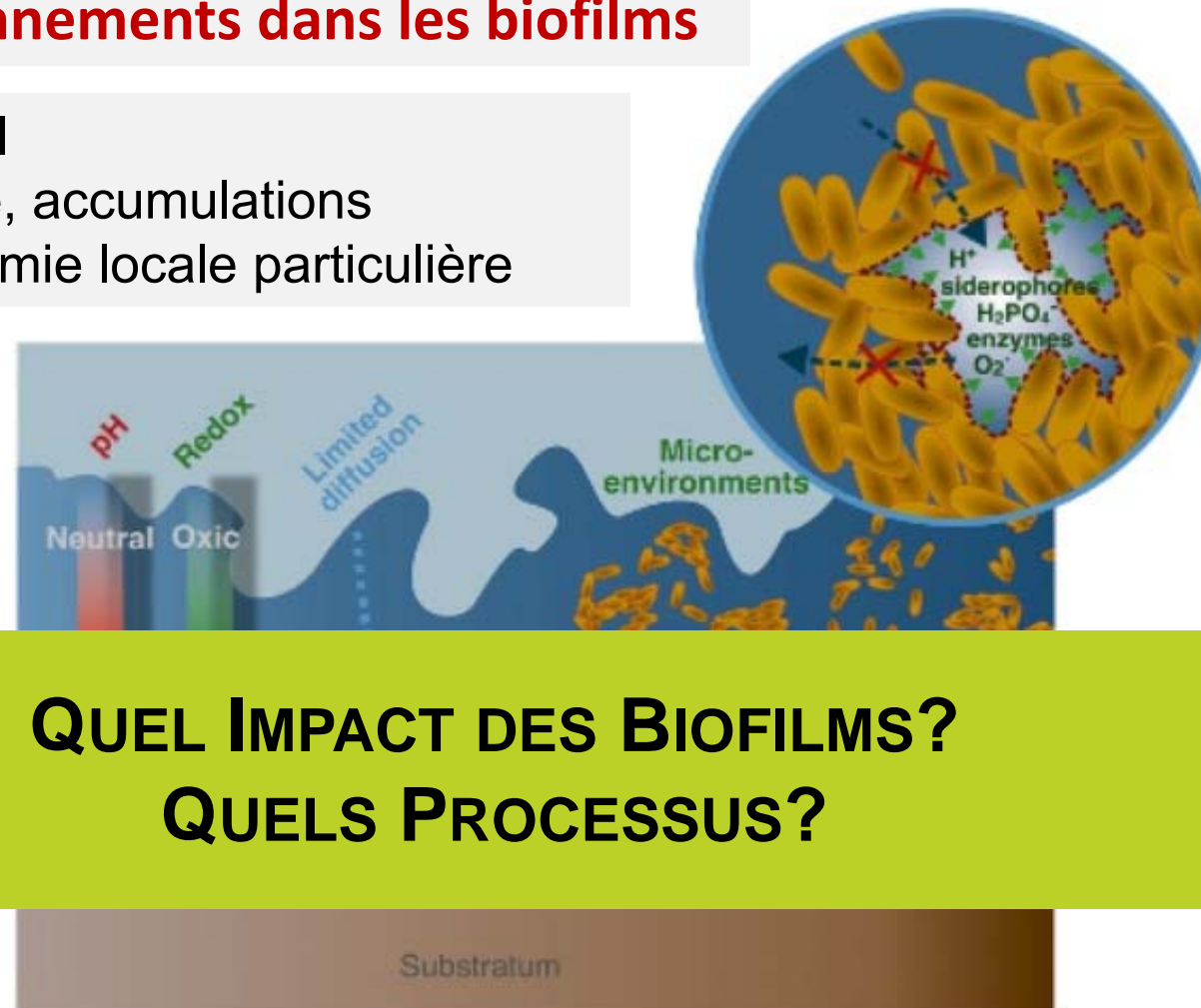
Biofilms et Microenvironnements

● Microenvironnements dans les biofilms

= propriété de gel

= Transport limité, accumulations

➔ Physico-chimie locale particulière



**QUEL IMPACT DES BIOFILMS?
QUELS PROCESSUS?**

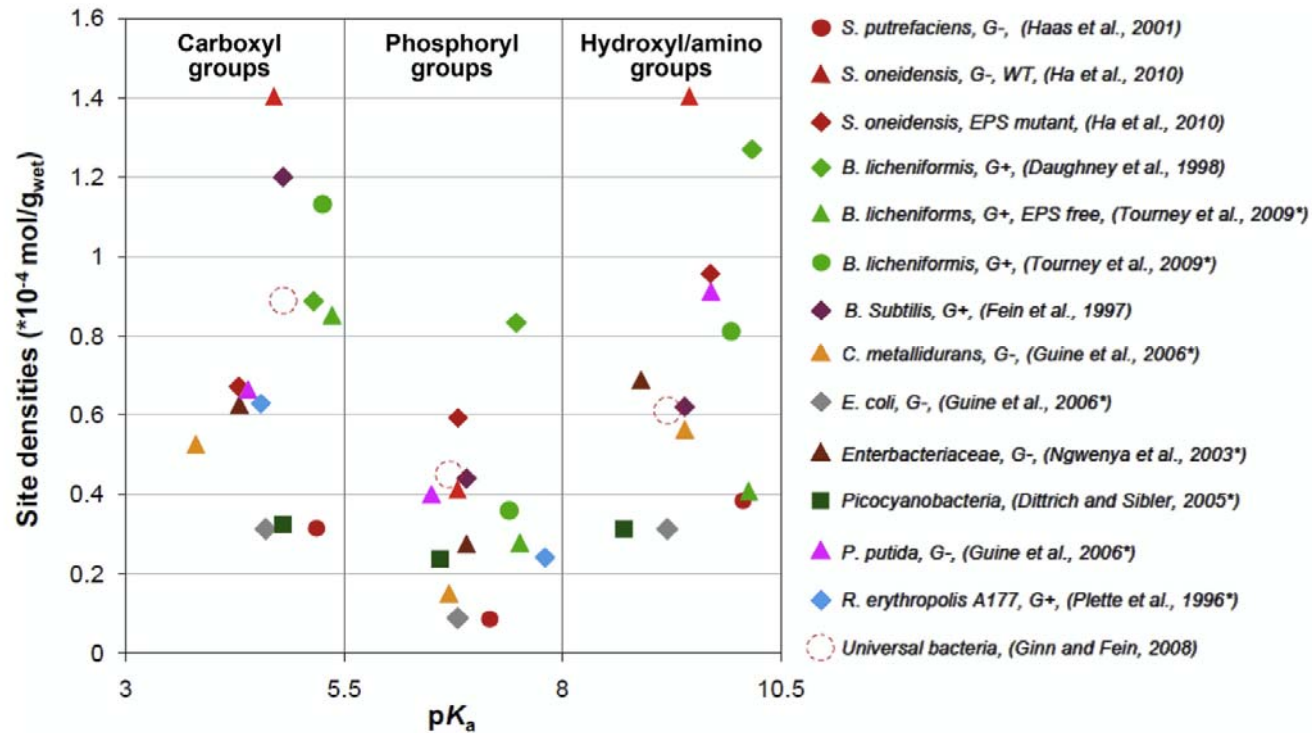
Desmau et al., *Frontiers Env. Sci.*, 2020



BIOFILMS ET CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES (MÉTAUX)

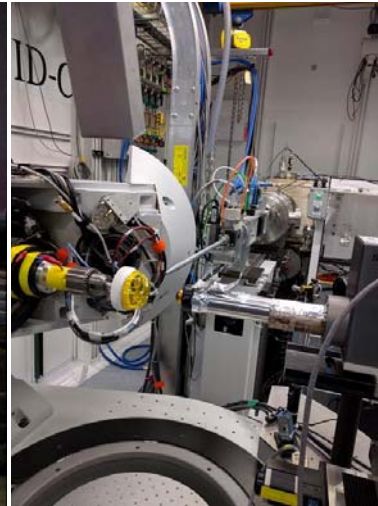


Biofilms et Cycles des Métaux

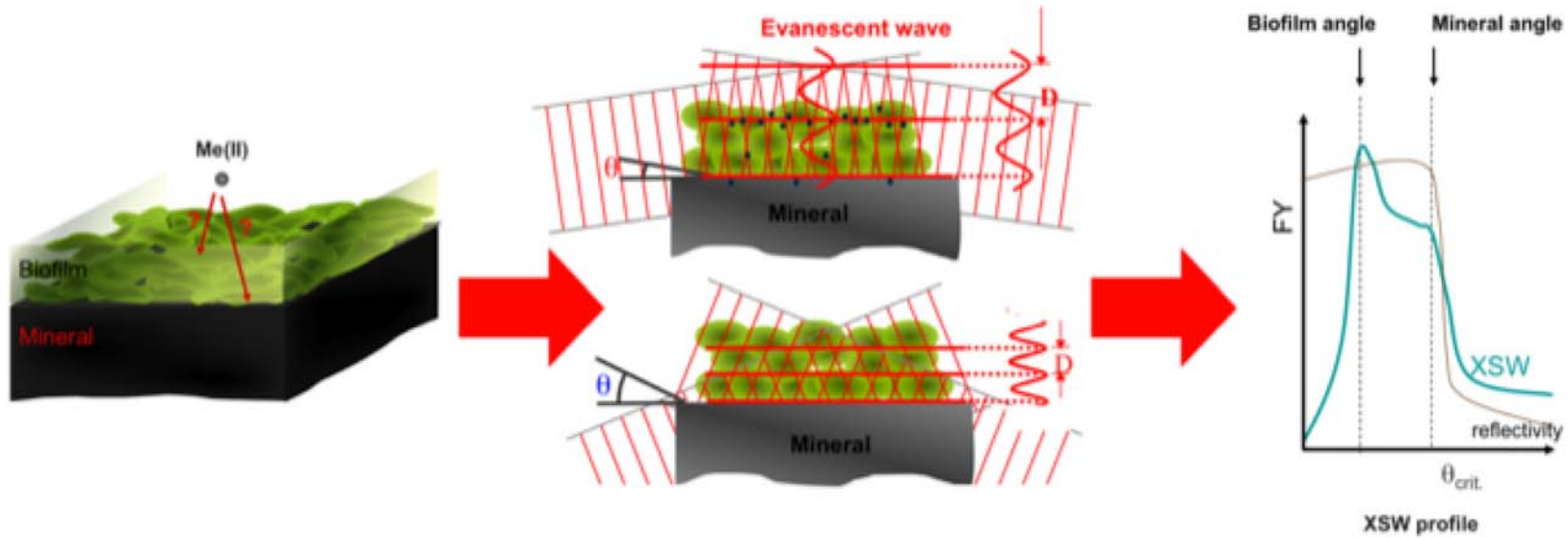


Approches thermodynamiques pour microorganismes planctoniques
Applicables aux biofilms microbiens?

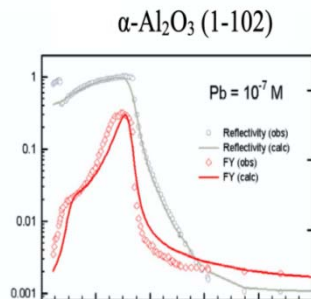
Ondes Stationnaires de rayons X



Répartition de métaux à l'interface
Minéral/Biofilm/Solution
(Ondes stationnaires de rayons X)



Biofilms et Cycles des Métaux : Pb



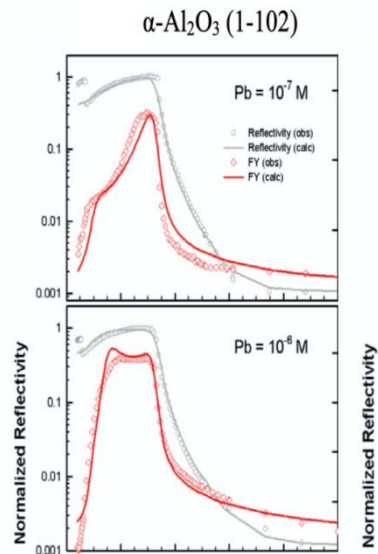
- 10^{-7} M Pb

Pb à la surface du minéral

Peu de Pb dans le biofilm

➔ Sites réactifs du minéral accessibles

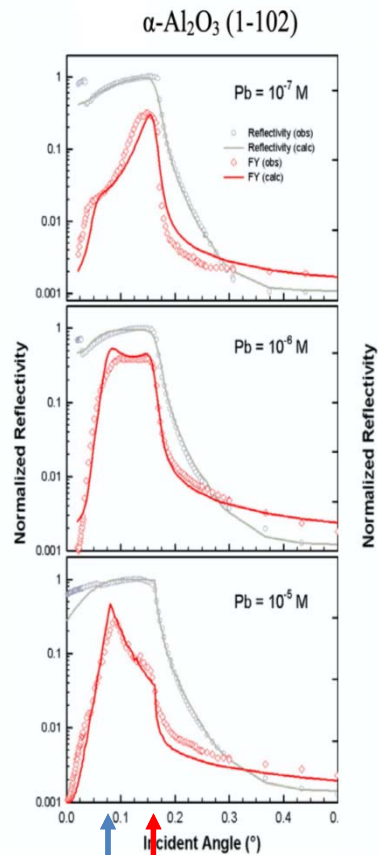
Biofilms et Cycles des Métaux : Pb



- 10^{-6} M Pb

Pb réparti également entre biofilm et minéral

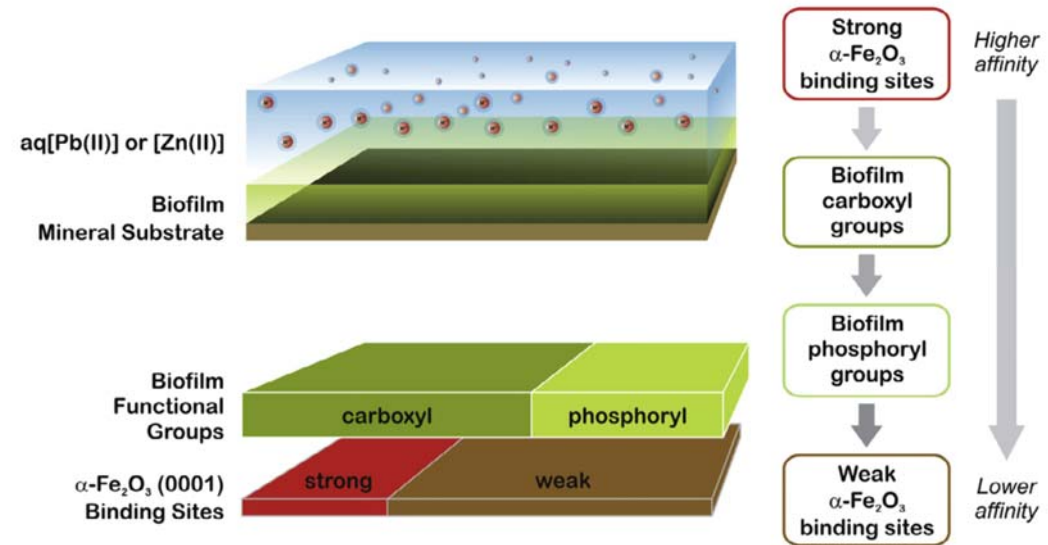
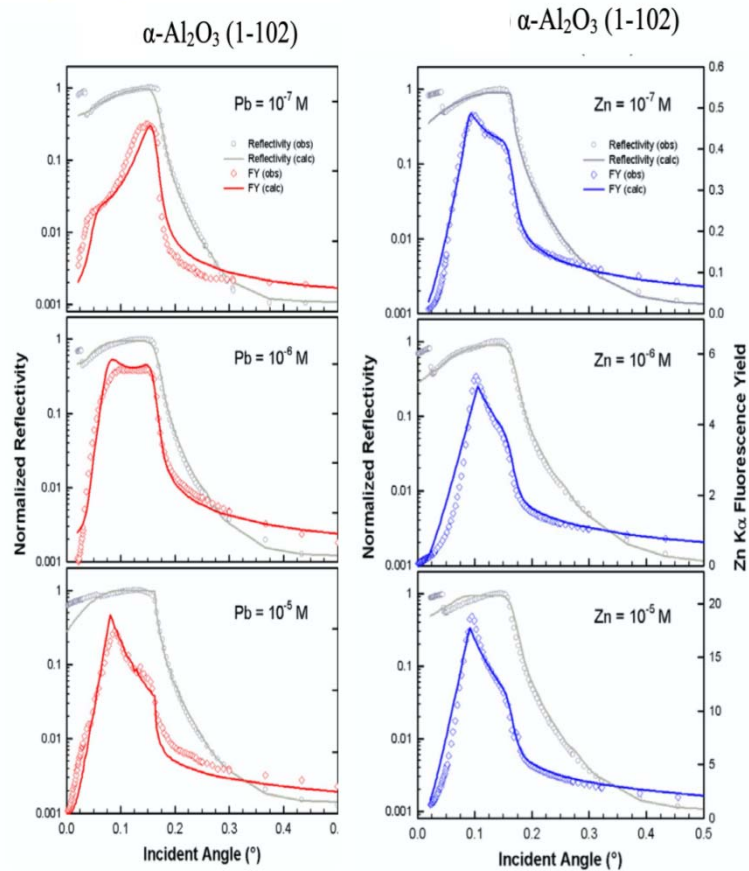
Biofilms et Cycles des Métaux : Pb



- 10^{-5} M Pb

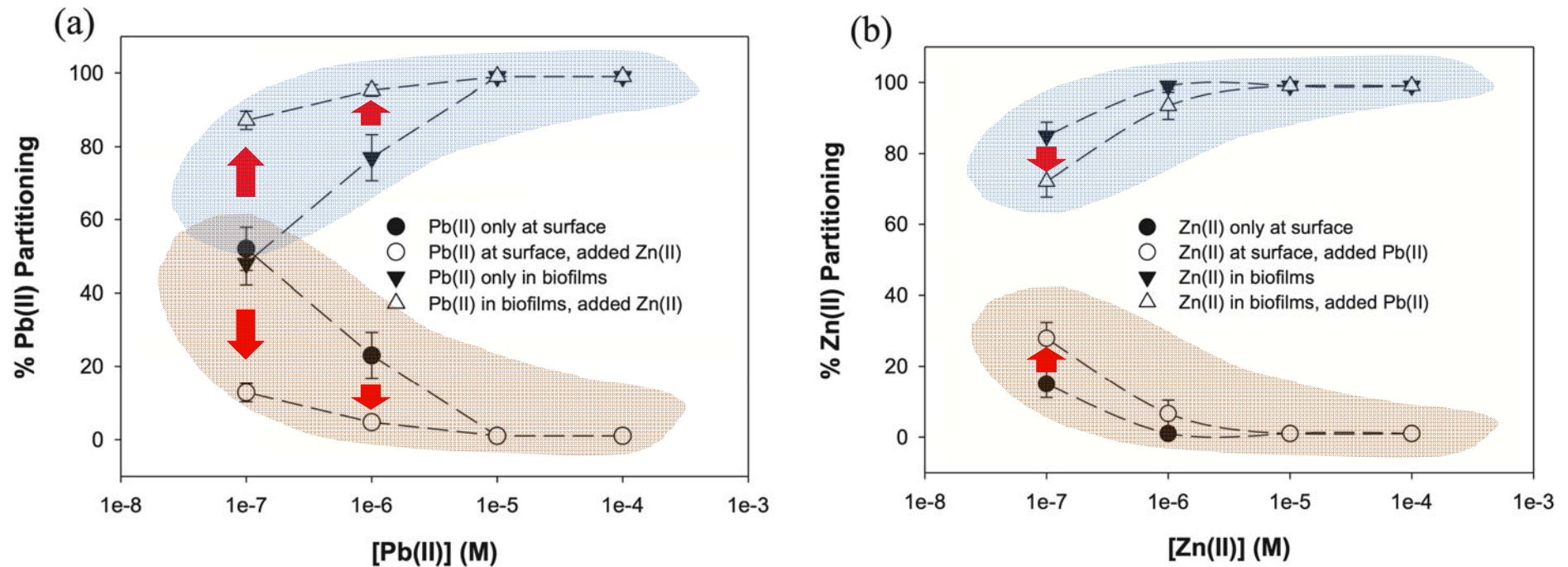
Pb principalement dans biofilm

Biofilms et Cycles des Métaux : Pb



- Réactivité du substrat minéral conservé
- Saturation des sites minéraux
- Approche thermodynamique ?

Biofilms et Cycles des Métaux : Pb vs. Zn



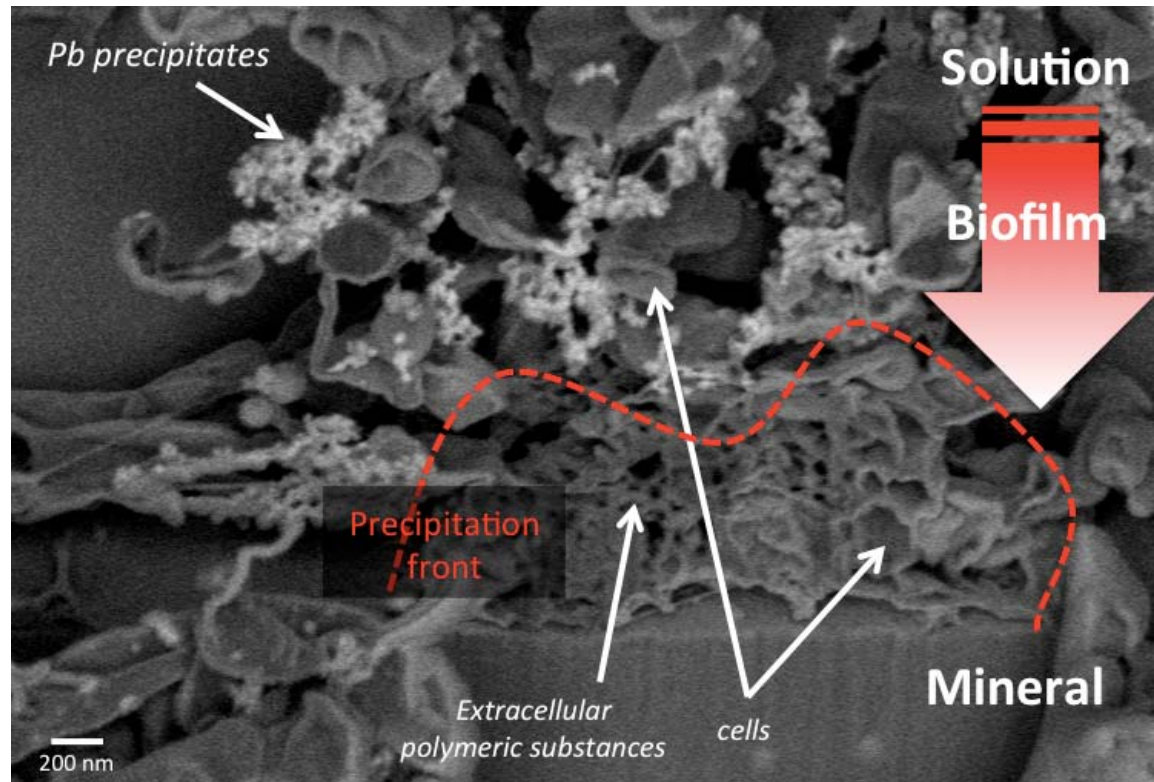
- Réactivité du substrat minéral conservé
- Saturation des sites minéraux
- Approche thermodynamique : décrit partiellement la réactivité de l'interface
- **CONTROLE CINETIQUE FORT**



BIOMINÉRALISATION



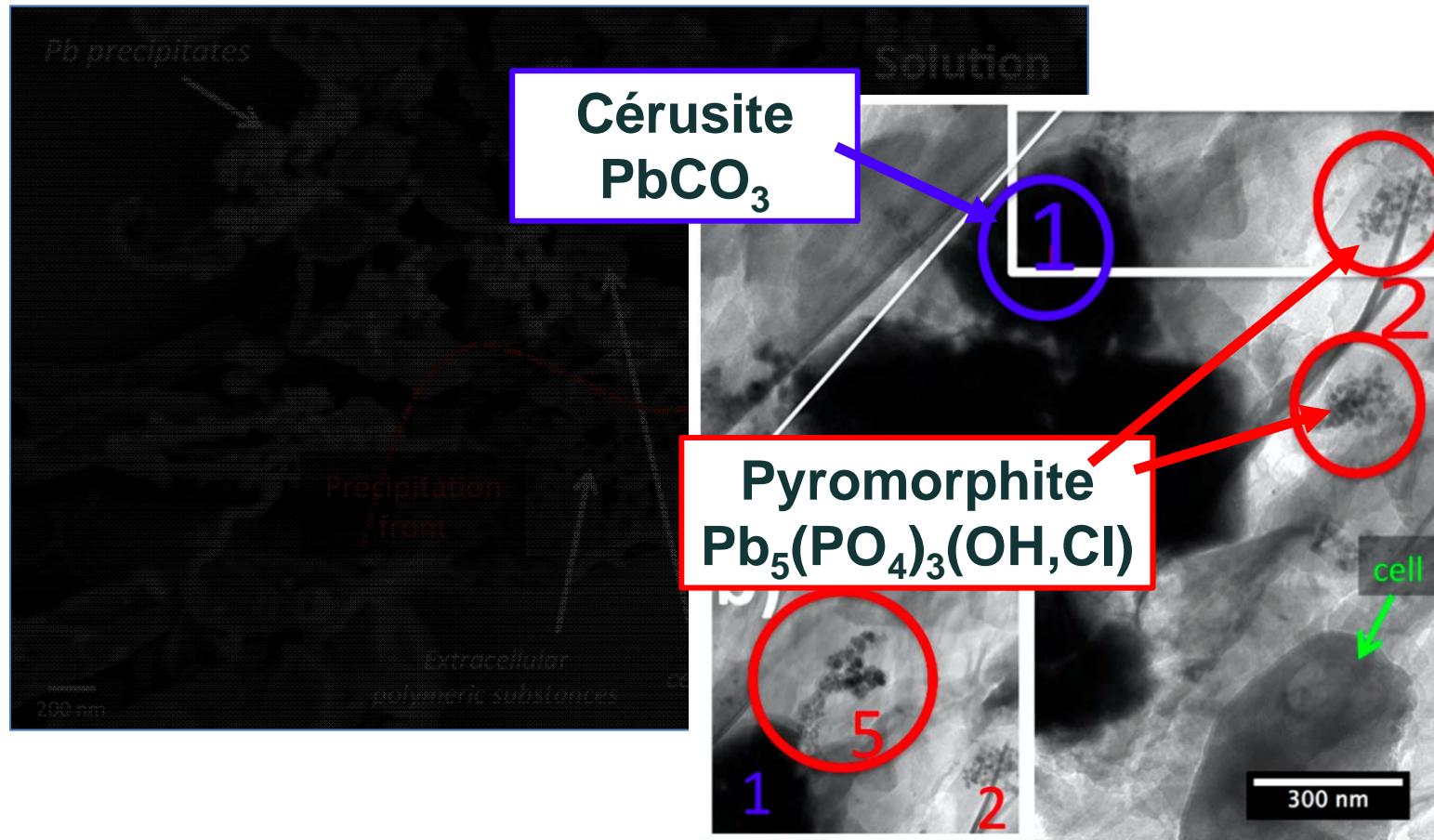
Bio-minéralisation et microenvironnements



Shewanella oneidensis
MR1 + Pb 10^{-6} M

- Gradients de précipités (pyromorphite) – Transport de Pb

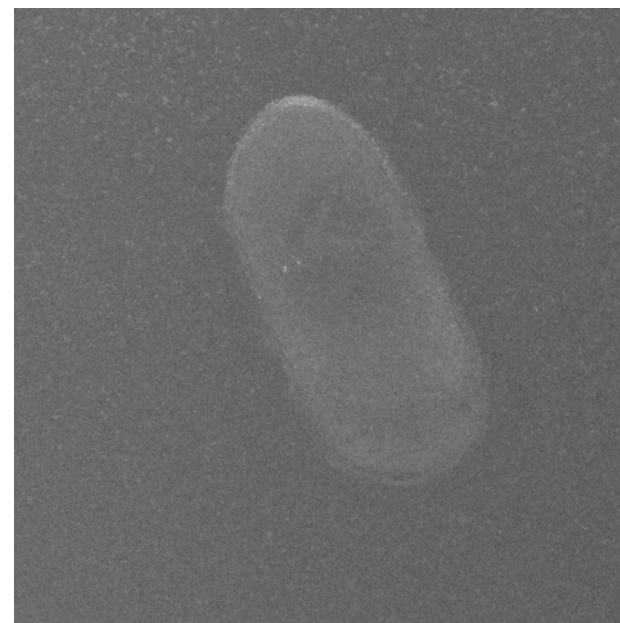
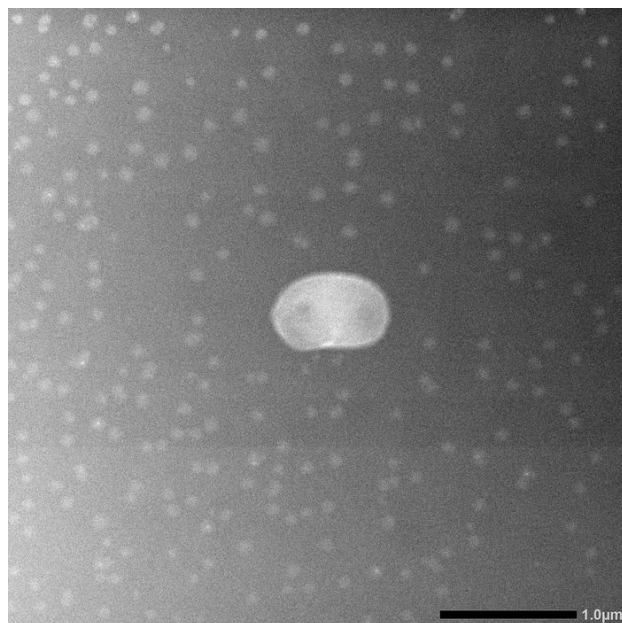
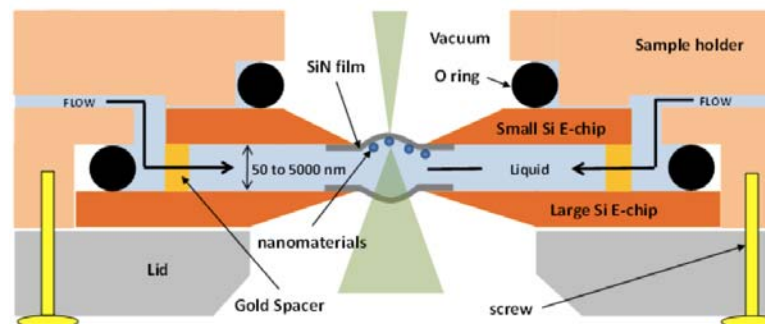
Bio-minéralisation et microenvironnements



- Gradients de précipités (pyromorphite) – Transport de Pb
- Dynamique microenvironnements: pyromorphite ↔ cérusite

Bio-minéralisation et Nature des EPS

- **MET *in situ***
Observer processus en milieu liquide

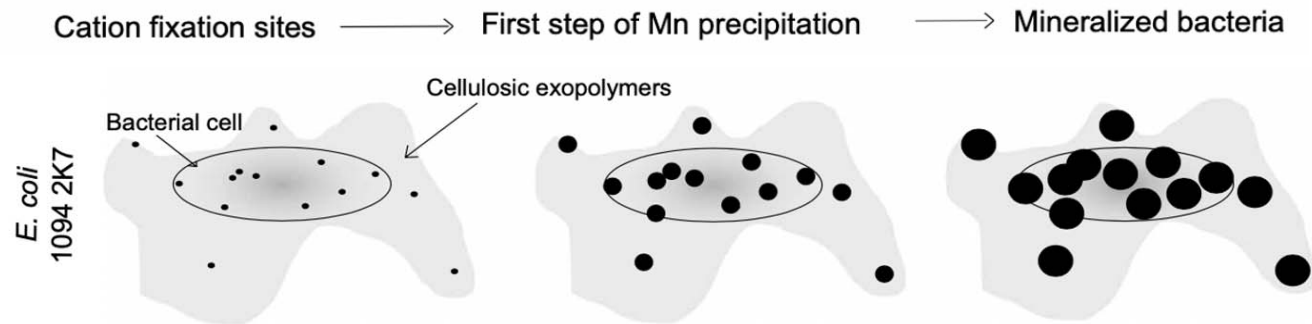
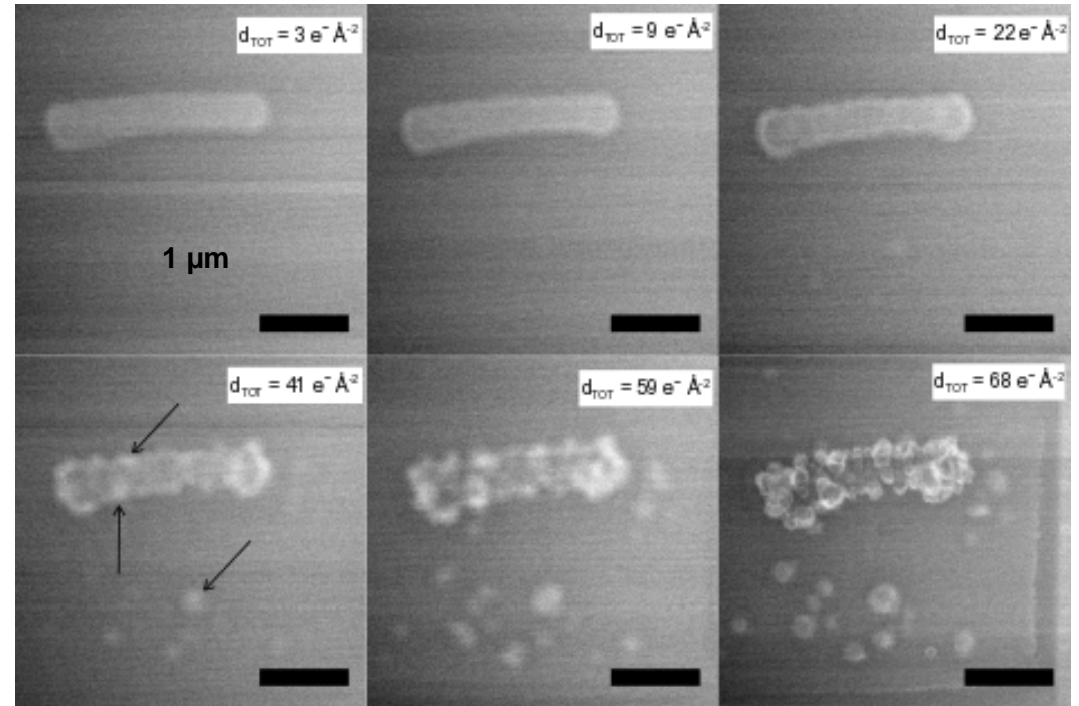


Biominéralisation et Nature des EPS

Utilisation de mutants (type d'exopolymères)

- *E. coli* 2K7 1094
Surexprime **Cellulose**
(charge faible)

- ➔ Minéralisation hétérogène
- ➔ Croissance rapide

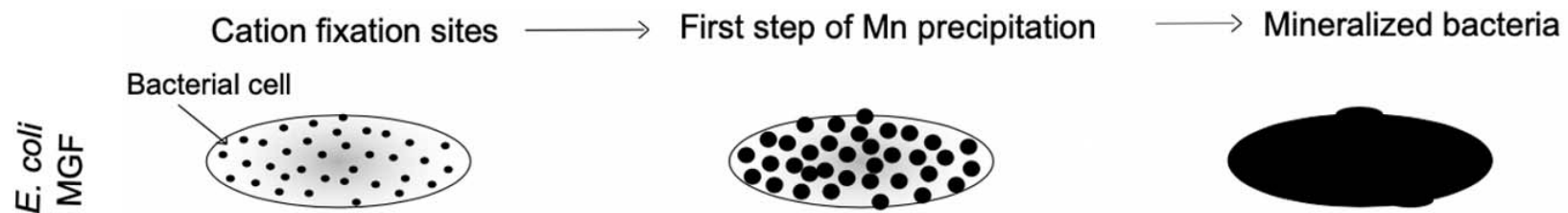
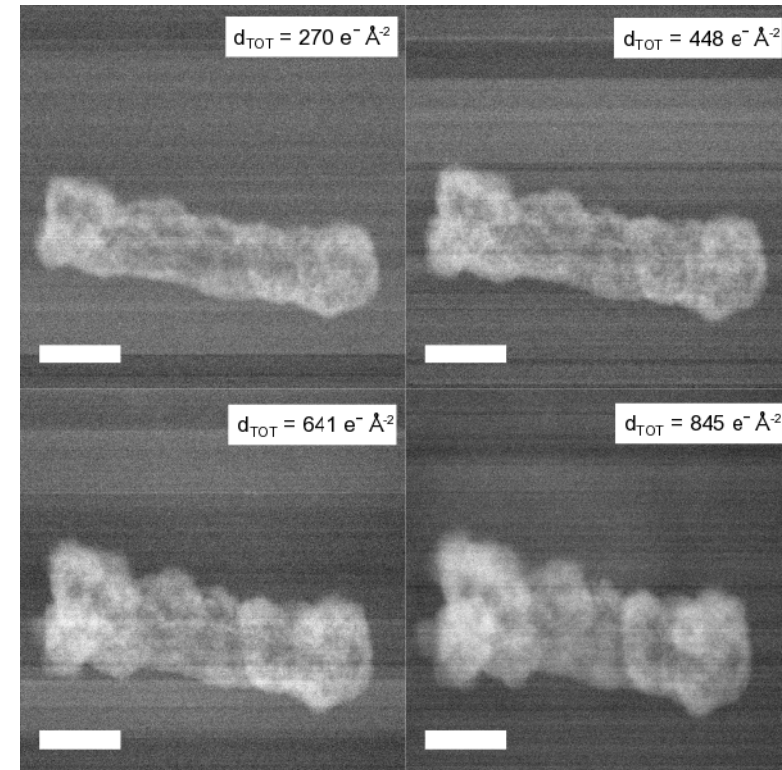


Biominéralisation et Nature des EPS

Utilisation de mutants (type d'exopolymères)

- *E. coli* K12 MGF
Surexprime **F Pili (protéine)**
(charge forte)

- ➔ Minéralisation homogène
- ➔ Croissance lente

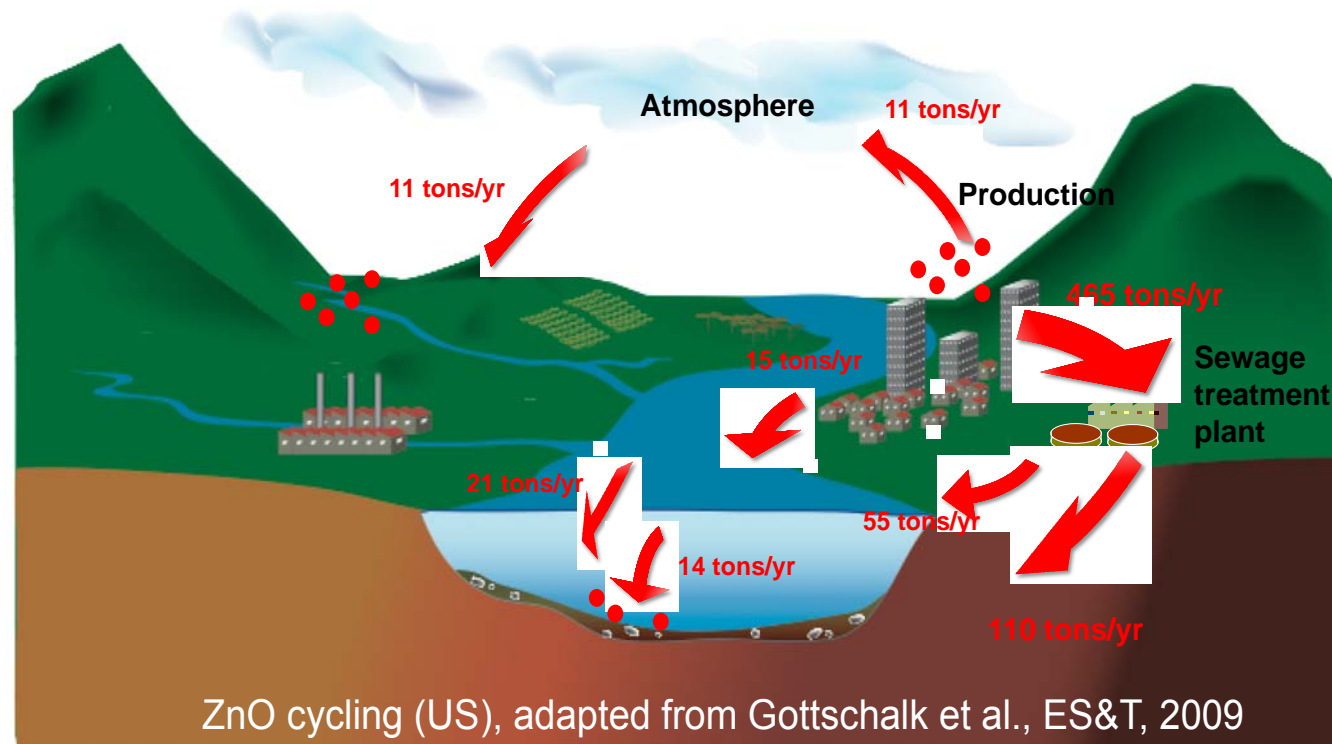




IMPACT SUR LE **CYCLE** DES NANOPARTICULES MANUFACTURÉES

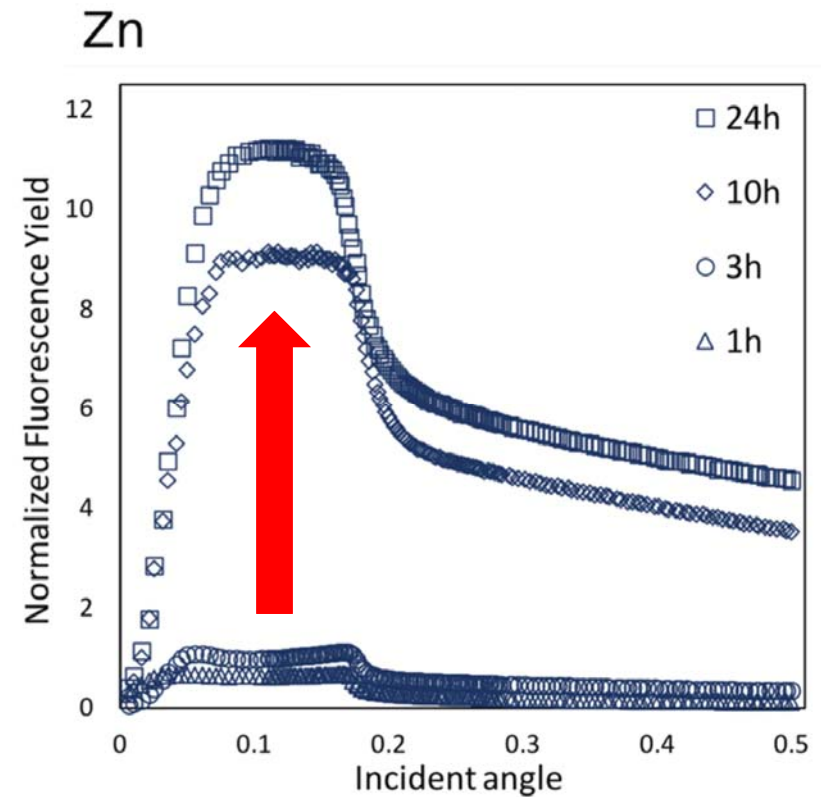
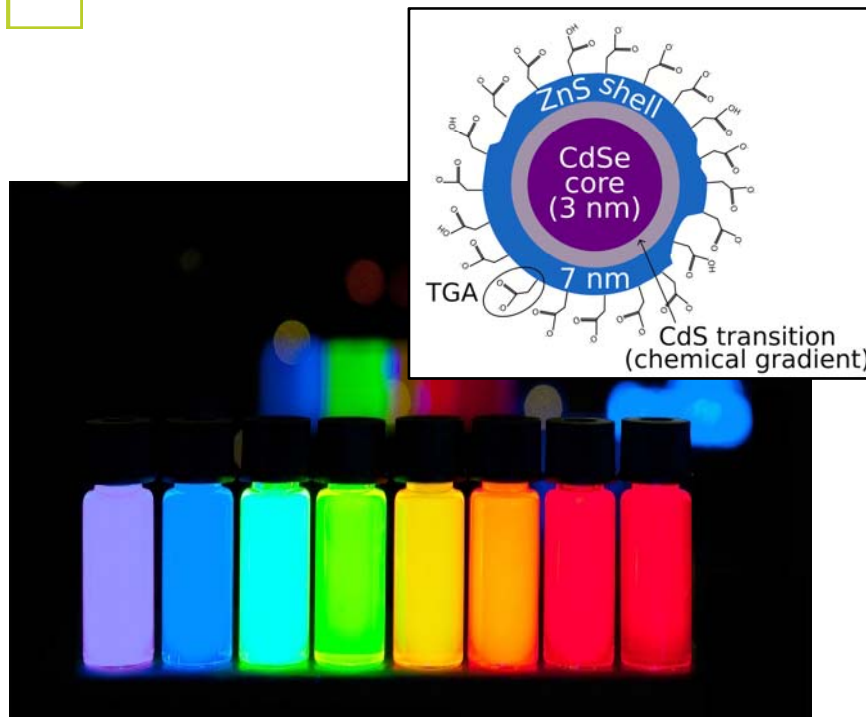


Nanoparticules Manufacturées



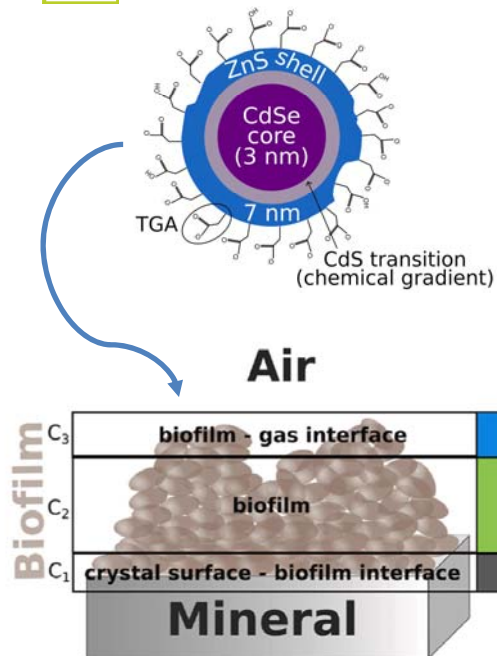
■ Nanoparticules dans les sols

Nanoparticules Manufacturées



- Nanoparticules dans les sols
- **Accumulation forte dans les biofilms**

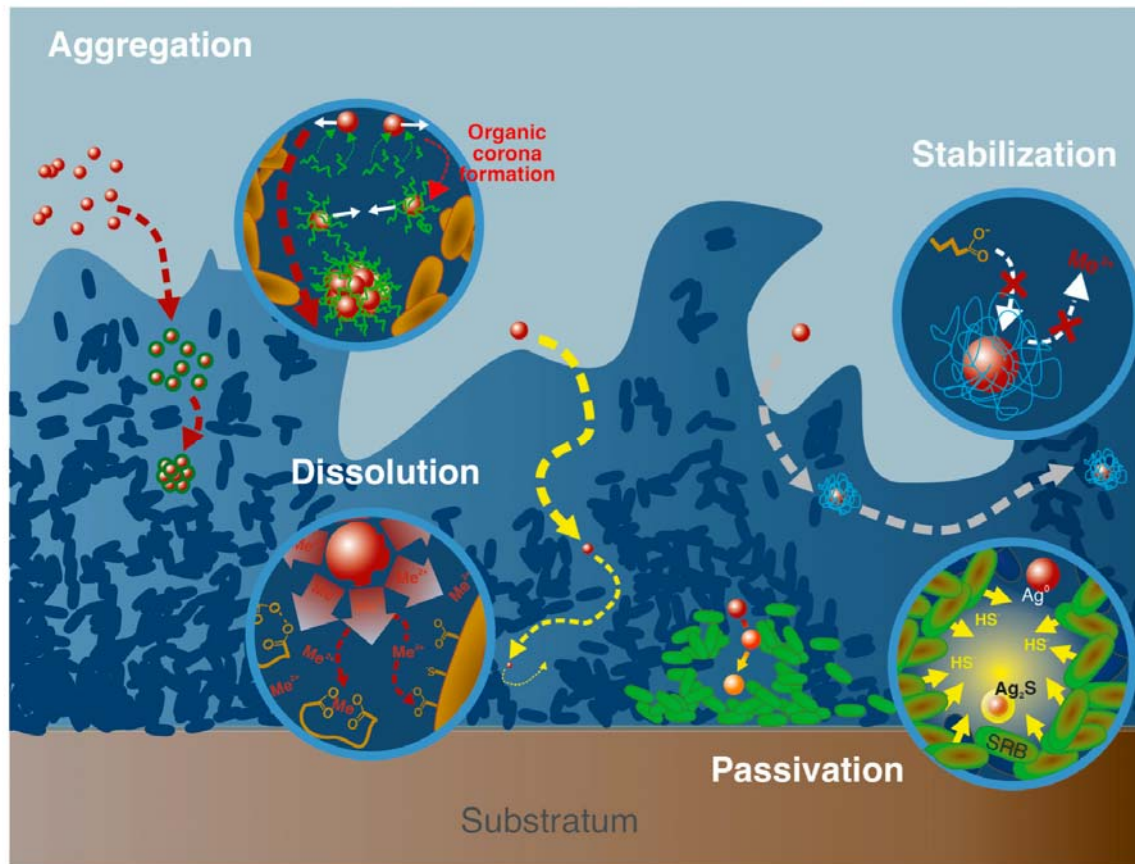
Nanoparticules Manufacturées



Time of exposure	1h	3h	10h	24h
% of final Se in the system	4%	4%	81%	100%
Confidence interval	±4.5%	±1.5%	±3.5%	±2.5%
Se distribution				
% of final Zn in the system	6%	10%	81%	100%
Confidence interval	±3.5%	±5.5%	±3%	±2.5%
Zn distribution				

- Nanoparticules dans les sols
- Accumulation forte dans les biofilms
- **Dissolution rapide (<1hr) dans biofilms**
➔ **Microenvironnements = ligands (cystéine)?, redox?**

Nanoparticules Manufacturées



➔ Transformations importantes au niveau des microenvironnements des biofilms

CONCLUSION

Biofilms microbiens = Contrôle du cycle biogéochimique des métaux MAIS Réactivité complexe

- Approches thermodynamiques décrivent partiellement le fonctionnement
- Aspects cinétiques (compétition)
- Importance cruciale microenvironnements (Dynamique minéralisation)
- Biominéralisation: Rôle des exopolymères (nucléation)
- Transformation importante de nanoparticules



Thaïs Couasnon
Charlotte Dejean
Morgane Desmau
Marc Bénédicti
Bénédicte Ménez
Damien Alloyeau



AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE
ANR ANR MAMBA



Gordon Brown jr.



Jean-Marc Ghigo

François Guyot

Georges Ona-Nguema

John Bargar

Peter Eng