

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



Interactions entre les bactéries des sols et les radionucléides

Virginie Chapon

Institut de Biosciences et de Biotechnologie
d'Aix-Marseille (BIAM)

UMR 7265 CEA-CNRS-AMU
CEA Cadarache

virginie.chapon@cea.fr

www.cea.fr



LES BACTÉRIES DANS L'ENVIRONNEMENT

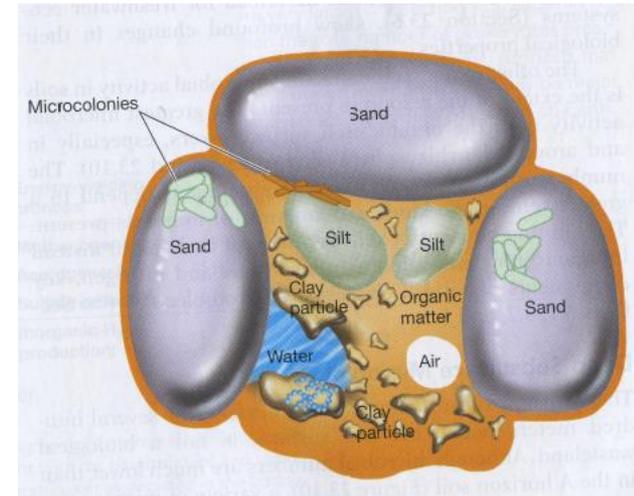
- Colonisation de niches très variées de la croûte terrestre,
- Versatilité métabolique,
- Adaptation aux conditions extrêmes, aux stress, aux toxiques...
- 10^6 - 10^{12} espèces, 10^{30} cellules
- Seulement 1 à 10% cultivables en laboratoire

Réservoir encore largement inexploré de nouveaux mécanismes.

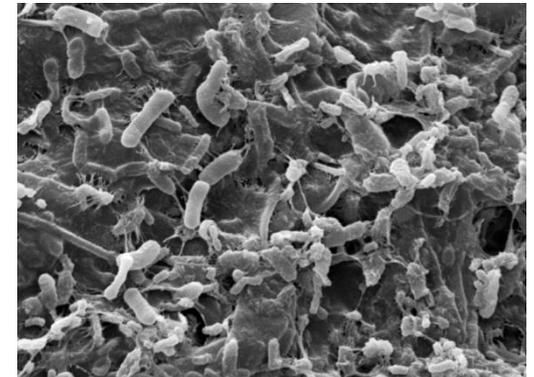


LES BACTÉRIES, UN COMPOSANT ESSENTIEL DES SOLS

- Rôle fondamental : dégradation de la matière organique, fixation de l'azote, structuration du sol, cycle du P, S, Fe, Mn, dégradation de polluants...
- Fraction très réactive du sol
- 1g de sol: jusqu'à 10^{10} cellules
- Relation étroite avec les minéraux et les métaux.

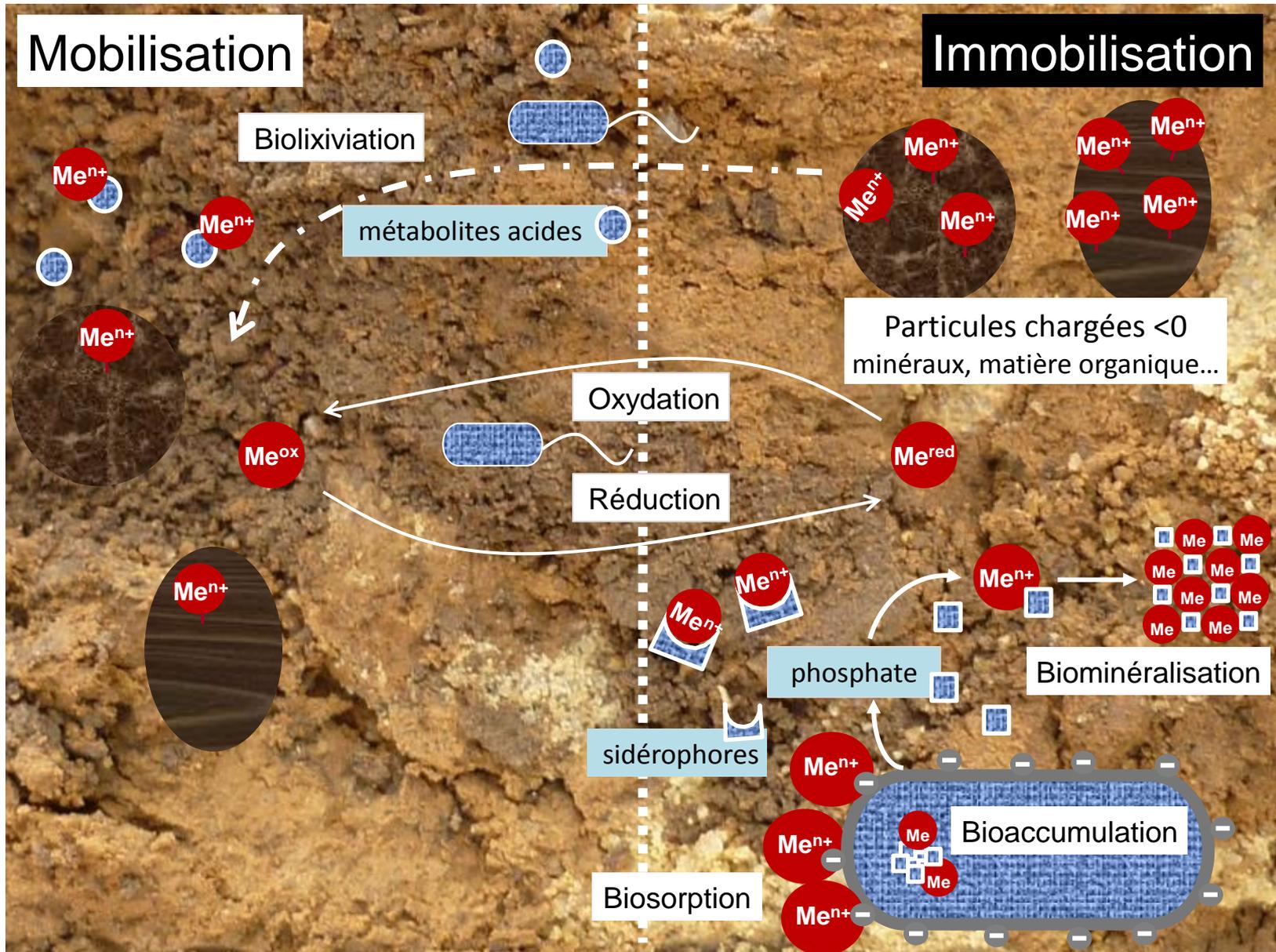


Source: Madigan, M. T et al. (2015). Brock biology of microorganisms.



Source: <https://idw-online.de/en/news642509>

LES BACTÉRIES MODULENT LA MOBILITÉ DES MÉTAUX



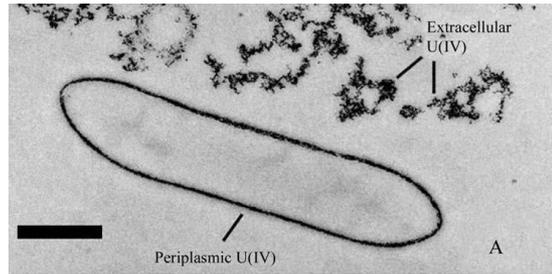
L'URANIUM DANS L'ENVIRONNEMENT

- Origine naturelle
- Redistribution liée aux activités anthropiques: activités minières, utilisation militaire d'uranium appauvri, utilisation d'engrais phosphatés
- Toxicité chimique et radiologique (tissus cibles chez l'homme: reins, foie, os)
- Limite fixée par l'OMS dans l'eau potable = 30 µg/L soit 126 nM
- U(VI) soluble, U(IV) insoluble
- Ion uranyle UO_2^{2+} en solution`
- Spéciation dépend de paramètres abiotiques et biotiques
- Relation étroite entre spéciation, solubilité, biodisponibilité et toxicité

Close-up of a periodic table showing elements Pr (60), Nd (61), Pm (61), U (92), and Np (93). The element Uranium (U) is highlighted with a red box. The atomic number 92 and the symbol U are clearly visible.

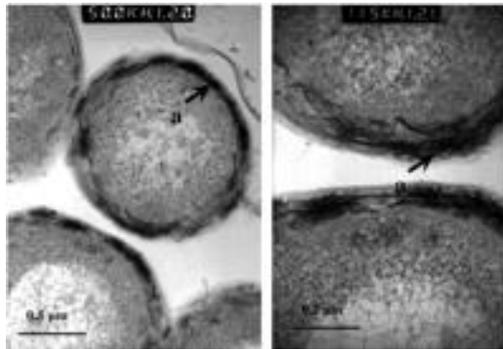
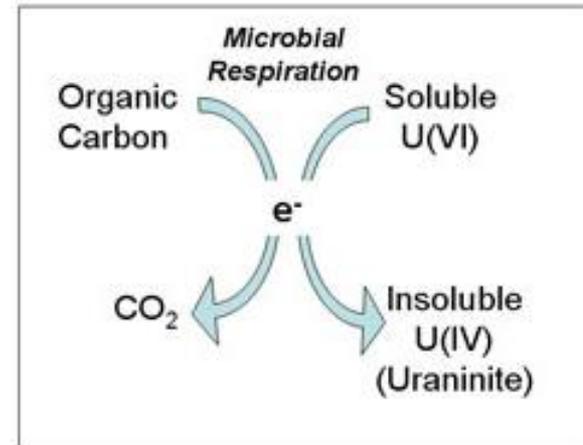


IMMOBILISATION DE L'URANIUM PAR LES BACTÉRIES



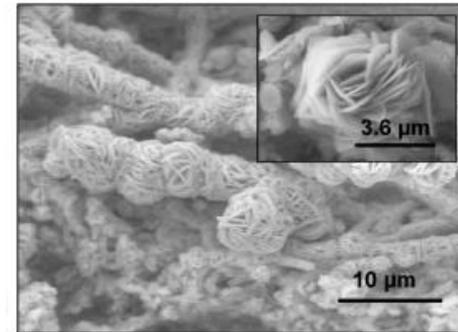
Lloyd et al., 2002

Bioréduction (anoxie)
Geobacter sulfurreducens



Merroun et al., 2005

Sorption et précipitation
sur la paroi de *Bacillus* sp.



Handley-Shidu et al., 2011

Biominéralisation : formation de
 HUO_2PO_4 par *Serratia* sp.

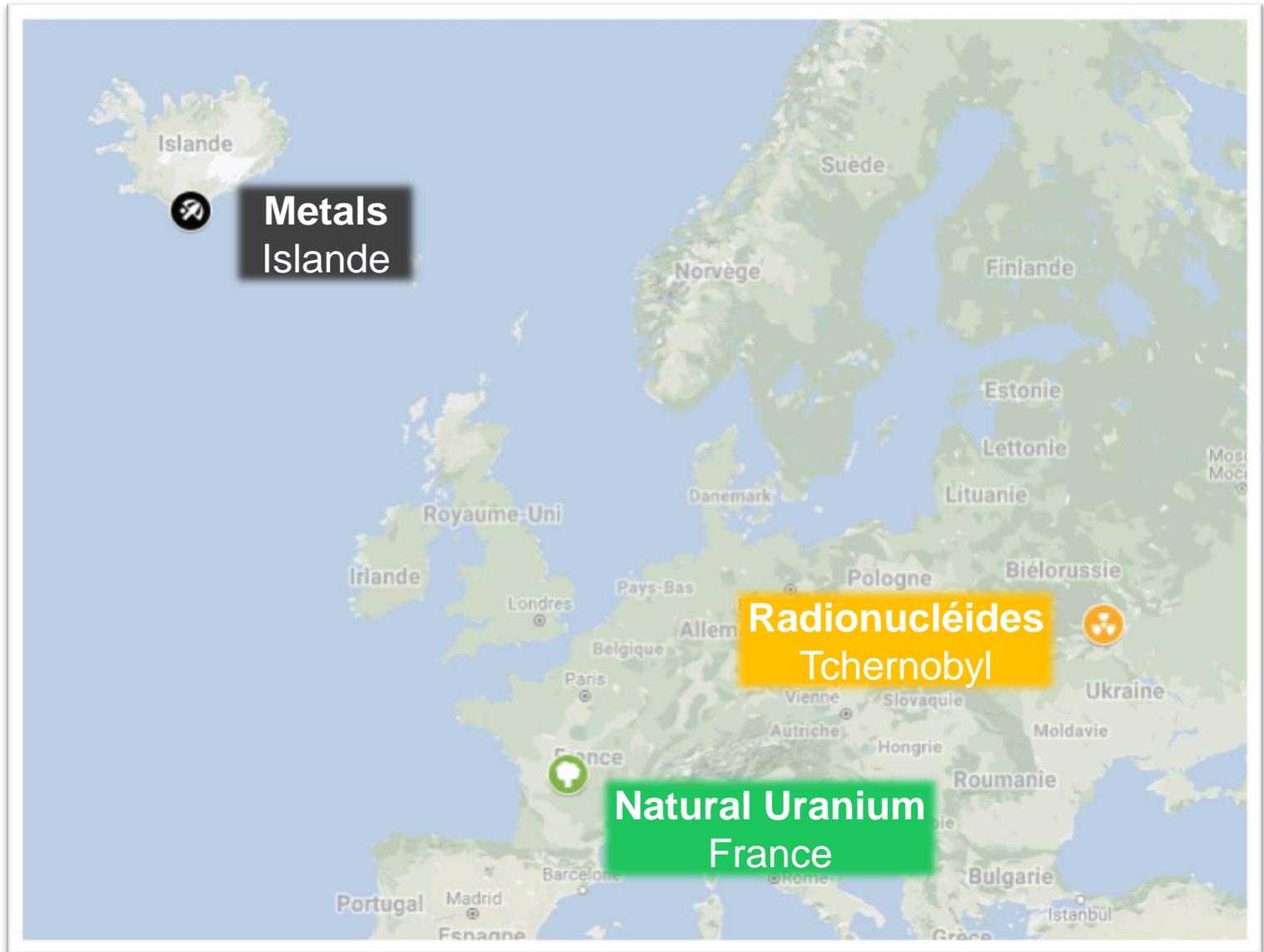
PROBLÉMATIQUE

Impact des bactéries environnementales dans le transfert des RNs vers la chaîne alimentaire ?

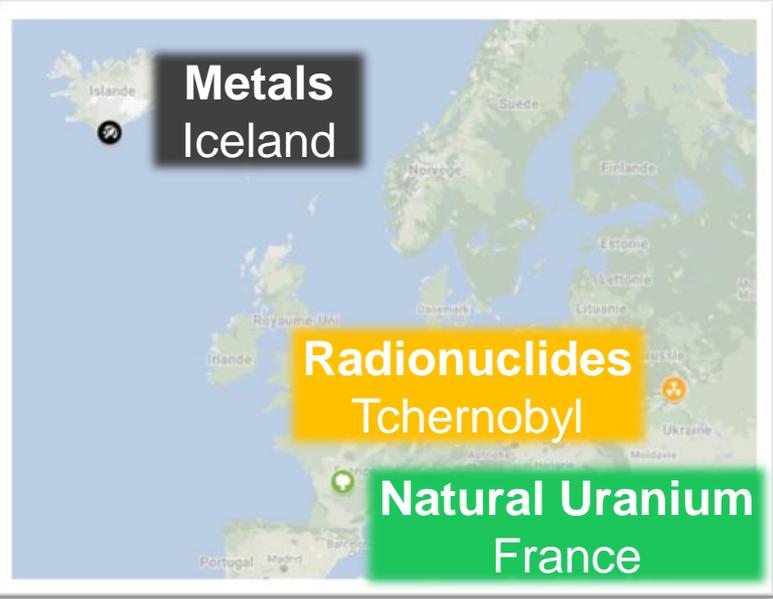
Développement de nouveaux procédés de bioremédiation ?

- Mécanismes interaction bactéries-RNs
- Mécanismes de tolérance et d'adaptation

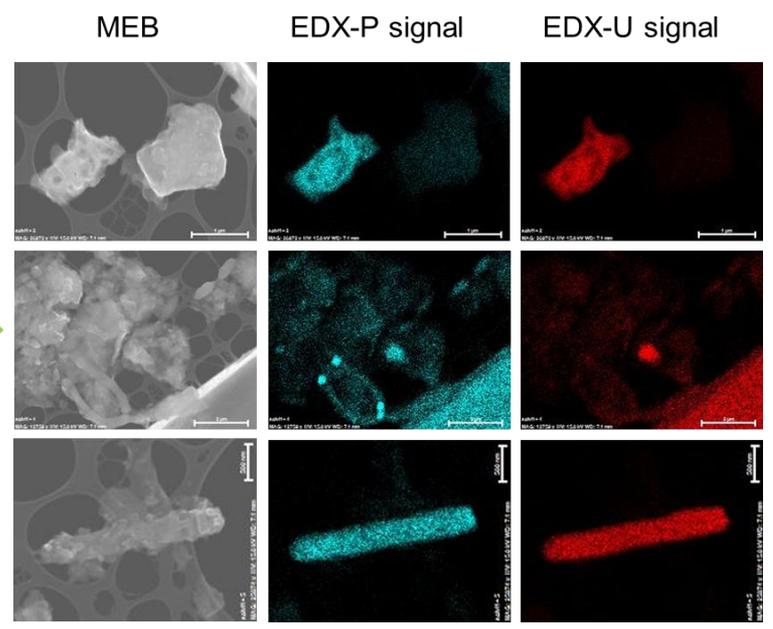
SITES D'ÉTUDE



SITES D'ÉTUDE

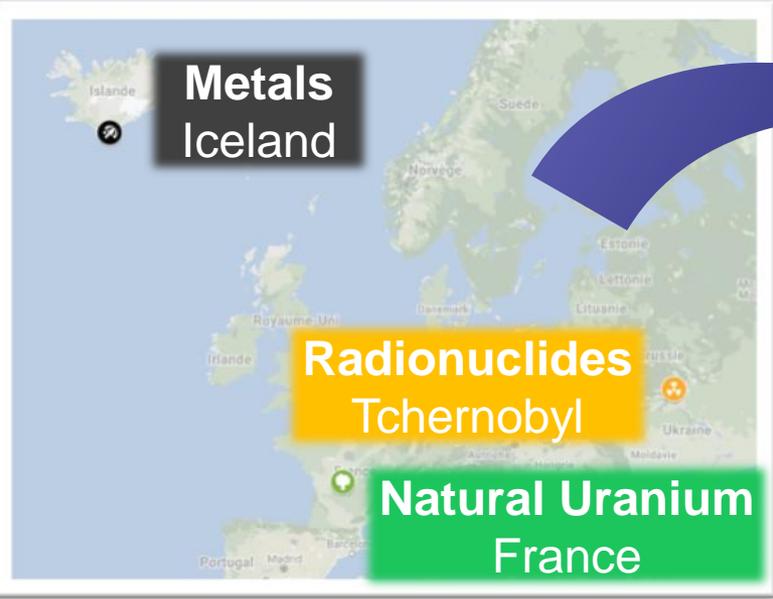


Sites de prélèvement



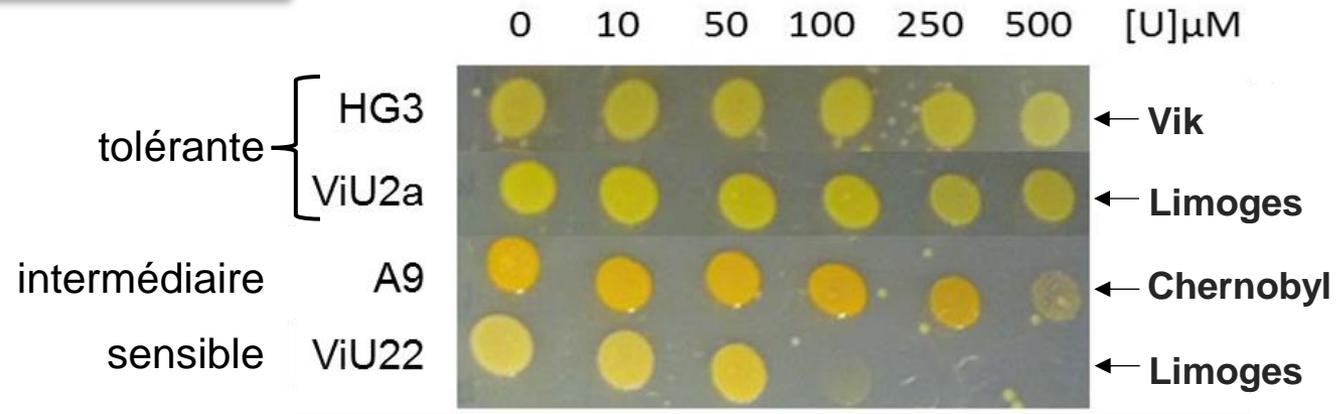
Mise en évidence du phénomène de biominéralisation *in situ*:
une fraction de l'U est biodisponible

ISOLEMENT DE BACTÉRIES ENVIRONNEMENTALES



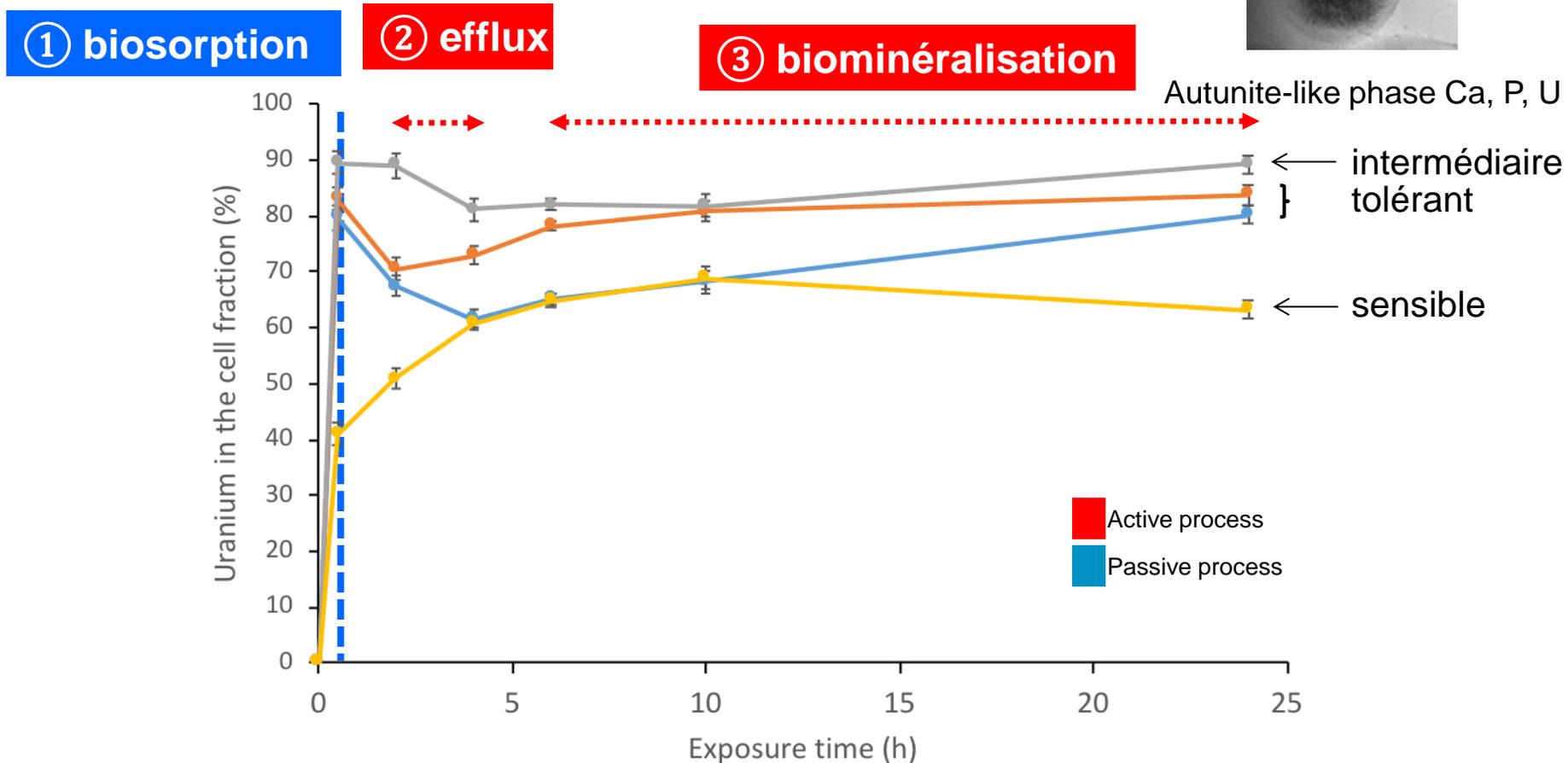
Microbacterium
Actinobacteria high GC%

Sites de prélèvement



Test de survie à l'U

MÉCANISMES D'INTERACTION CELLULES/URANIUM



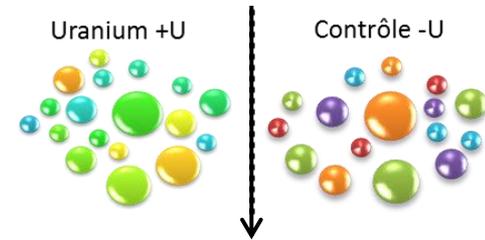
RÉPONSE CELLULAIRE AU STRESS URANIUM

SÉQUENÇAGE DES GÉNOMES

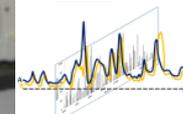


Strain	Genome size	G+C %	Genes number
Hg3	3.9 Mb	67.2	3 814
ViU2a	3.8 Mb	67.8	3 887
A9	2.95 Mb	68.3	3 043
ViU22	3.5 Mb	69.6	3 351

PROTÉOMIQUE HAUT-DÉBIT



nanoLC-MS/MS
Exactive HF



Identification des protéines
membranaires et solubles



Protéines
modulées par l'U

RÉPONSE CELLULAIRE AU STRESS URANIUM

PROTÉINE INCONNUE

+ U

39-47% des protéines
répondent à l'U

Voies métaboliques (sucres,
aa...), fonctions générales

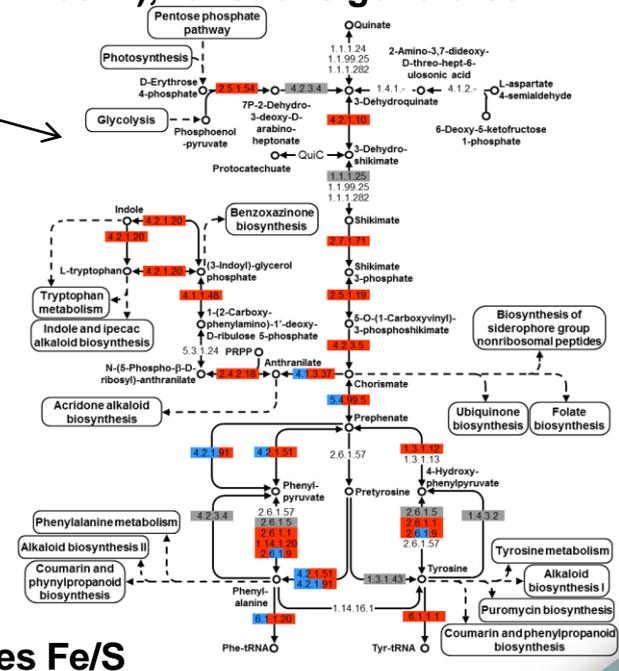
Transporteurs
(ABC)
→ efflux U?

15
P
30.974

Phosphatases
→ biominéralisation

26
Fe
55.845

sidérophores
réparation centres Fe/S
→ carence en fer



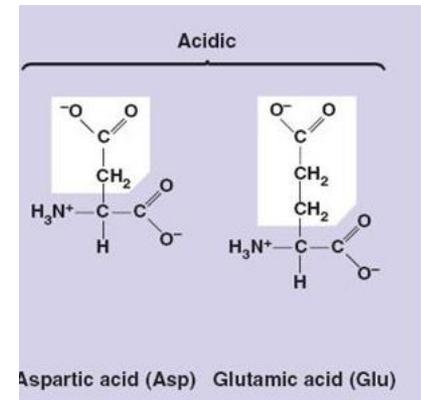
UNE NOUVELLE PROTÉINE DE SÉQUESTRATION DE L'U?

UipA = Uranium Induced Protein A

- fortement induite par l'uranium
- spécifique des 3 souches tolérantes

UipA₁ une protéine acide

L**A****D****D****R****D****D****Q****V****D****S****V****S****S****S****Q****R****S****D****V****A****S****T****G****S****T****S****T****A****E****V****S****D****D****T****R**
S**D****D****D****V****P****A****T****A****S****G****D****F****G****A****A****S****A****S****D****L****S****T****I****A****D****A****A****K****G****V****A****K****G****A****P****T**
G**I****D****A****N****R****D****G****S****W****D****V****S****L****T****A****A****D****G****A****E****T****E****V****L****V****R****A****D****G****T****A****V****V****A****E**
A**E****P****A****E****A****D****D****R****A****P****Q****N****V****L****D****A****K****T****L****S****T****M****V****D****A****A****L****A****E****R****P****G****R****V****I**
D**I****D****A****D****D****D****N****R****S****P****F****D****V****S****I****L****T****G****D****R****Q****I****V****E****V****T****L****D****A****S****G****K****V****L****A****T****E**
L**D****D**



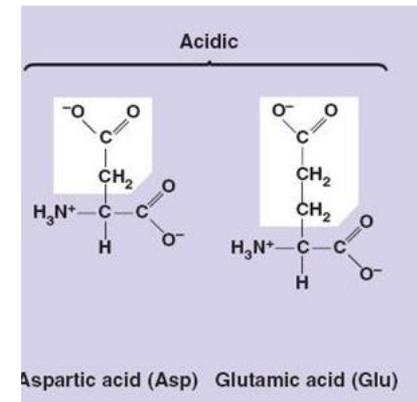
UNE NOUVELLE PROTÉINE DE SÉQUESTRATION DE L'U?

UipA = Uranium Induced Protein A

- fortement induite par l'uranium
- spécifique des 3 souches tolérantes

UipA₁ une protéine acide

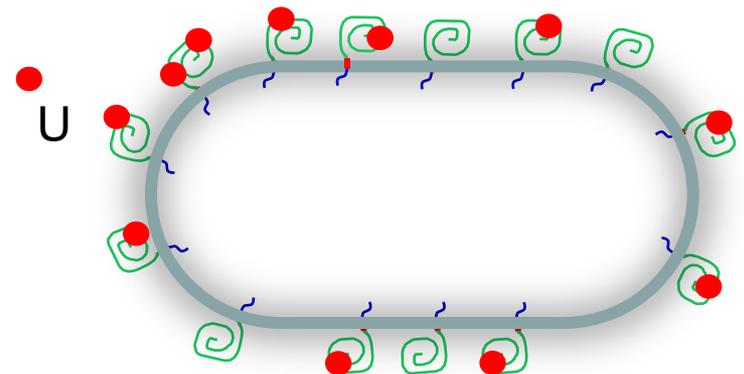
L**ADD**R**DD**Q**V**D**SVSS**Q**RSD**V**ASTG**ST**STAE**V**SDD**TR
S**DDD**V**PATASG**D**FGAAS**AS**DL**ST**IA**D**AAK**GV**AKG**APT
G**ID**AN**R**D**G**SW**D**V**SL**TA**AD**G**A**ET**E**V**L**VR**AD**G**T**AV**VAE**
A**EP**A**E**AD**D**R**AP**Q**N**V**L**D**AK**TL**STM**V**DA**AL**A**ER**P**GR**VI**
DID**AD**DD**N**R**S**PF**D**V**S**ILT**G**D**R**Q**I**V**E**VT**L**D**AS**G**K**V**L**AT**E**
LDD



Affinité pour $\text{UO}_2^{2+} \approx \text{Fe}^{3+} \gg \text{Cu}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Zn}^{2+}$

CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

- Intérêt d'explorer la biodiversité pour la découverte de nouveaux mécanismes
- Une nouvelle protéine affine de l'uranium
- Rôle physiologique de la protéine UipA?
- Détection d'UipA dans le sol?
- Développement d'un procédé de bioremédiation ?



REMERCIEMENTS

N. Gallois,
C. Berthomieu,
L. Piette,
D. Lemaire,
M. Barakat,
P. Ortet,
J. Long,
J. Armengaud,
B. Alpha-Bazin
S. Zirah,
A. Kish,
N. Theodorakopoulos,
L. Février,
A. Martin-Garin
F. Coppin

Merci de votre attention !