

Exposition chronique des écosystèmes à des radionucléides, bioaccumulation et effets

le volet « environnement » du programme
« ENVIRHOM »



Radioprotection de l'ENVIRONnement à l'HOMme
Améliorer l'évaluation des risques pour les écosystèmes et les personnes
du public



- Il existe pour les substances chimiques une méthode d'évaluation du risque écologique recommandée par l'Europe (« Technical Guidance Document », 2003) qui sert de support à la réglementation des rejets, sauf pour les substances prioritaires.
- Il existe un cadre réglementaire européen en matière de protection de l'environnement ne désignant pas une catégorie de polluants particulière mais des résultats attendus sur la santé des écosystèmes.
- Il n'existe pas dans le domaine de la radioécologie de méthodes et de standards éprouvés permettant de garantir l'absence d'effets sur les écosystèmes en présence de radionucléides.
- Des recommandations issues de la CIPR, de l'AIEA, de l'UNSCEAR, de FASSET qui définissent un cadre pour l'évaluation de l'impact des rayonnements ionisants sur les organismes vivants non-humains.
- L'évaluation de l'impact s'effectue par comparaison à des doses-limites guides pour différents compartiments de l'environnement. Ces valeurs ont été définies, sur la base de travaux souvent mal adaptés et dont la finalité n'était pas spécifiquement celle de la mise en place d'un système de protection de l'environnement.



10 mGy.j⁻¹ (400 μGy.h⁻¹)



1 mGy.j⁻¹ (40 μGy.h⁻¹)

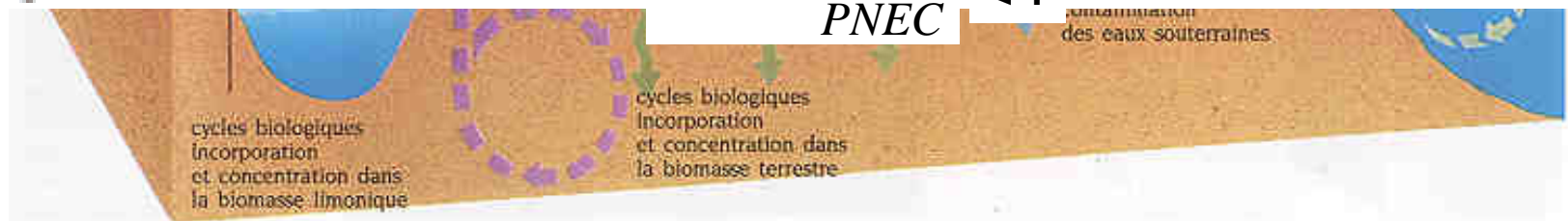
UNSCEAR, 1996

Méthode d'évaluation du risque à l'environnement appliquée pour les substances chimiques



- **Identification des dangers**
- **Analyse des expositions (Predicted Environmental Concentration-PEC)**
mesures/modèles de flux *dispersion – transport – échanges entre composantes*
- **Analyse des effets (Predicted No-Effects Concentration- PNEC)**
relations dose – effet et extrapolation à partir de données d'écotoxicité
Mortalité - survie – reproduction - croissance – morbidité

- **Caractérisation du risque** $RISK = \frac{PEC}{PNEC} < 1$



Application aux radionucléides : spécificités

Lacunes dans le domaine des expositions chroniques

Analyse des expositions

Mesure/modélisation des doses d'énergie délivrée aux organismes

Deux voies d'exposition

- irradiation externe* : capacité à prédire le devenir des RNs dans les composantes des habitats (cycles biogéochimiques et mode de vie)
- irradiation interne couplée à chimiotoxicité* : capacité à prédire la biodisponibilité des RNs et leur devenir au sein des organismes (biocinétiques fonction de la voie d'exposition, de la durée, processus de bioaccumulation...)

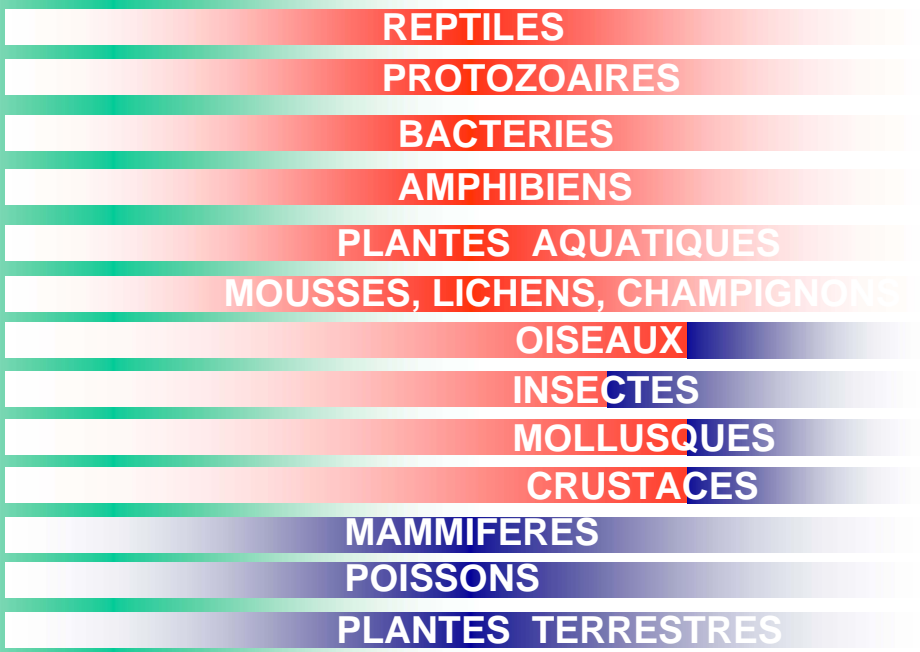
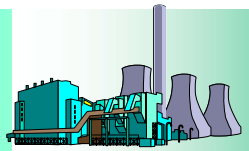
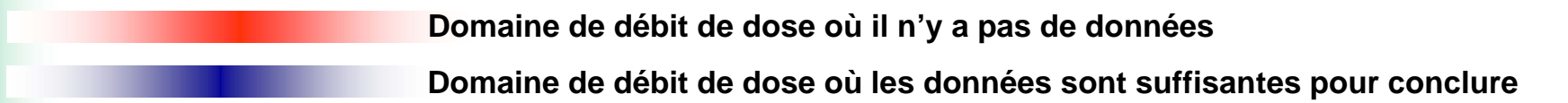
Analyse des effets

Relations dose-effets, détermination des doses sans effets pour les organismes

- plusieurs types de rayonnements, couplés à chimiotoxicité, et à d'autres agents stresseurs*
- au niveau subcellulaire (biomarqueurs) – lien entre stress oxydatif et génotoxicité*
- au niveau de l'individu –*
étude des fonctions dont l'altération peut avoir une répercussion sur la dynamique populationnelle

Domaine d'intérêt et données manquantes les plus critiques

Base de données FASSET (ca 25000 entrées pour 1040 réf):
 Expositions aiguës (80% - irradiation externe γ)
 Expositions chroniques (20% - irradiation externe γ)
 Type d'effets induits [morbidité>capacité à la reproduction>>>mutation>>>mortalité]



10⁻²

10⁻¹

1

10

100

1000

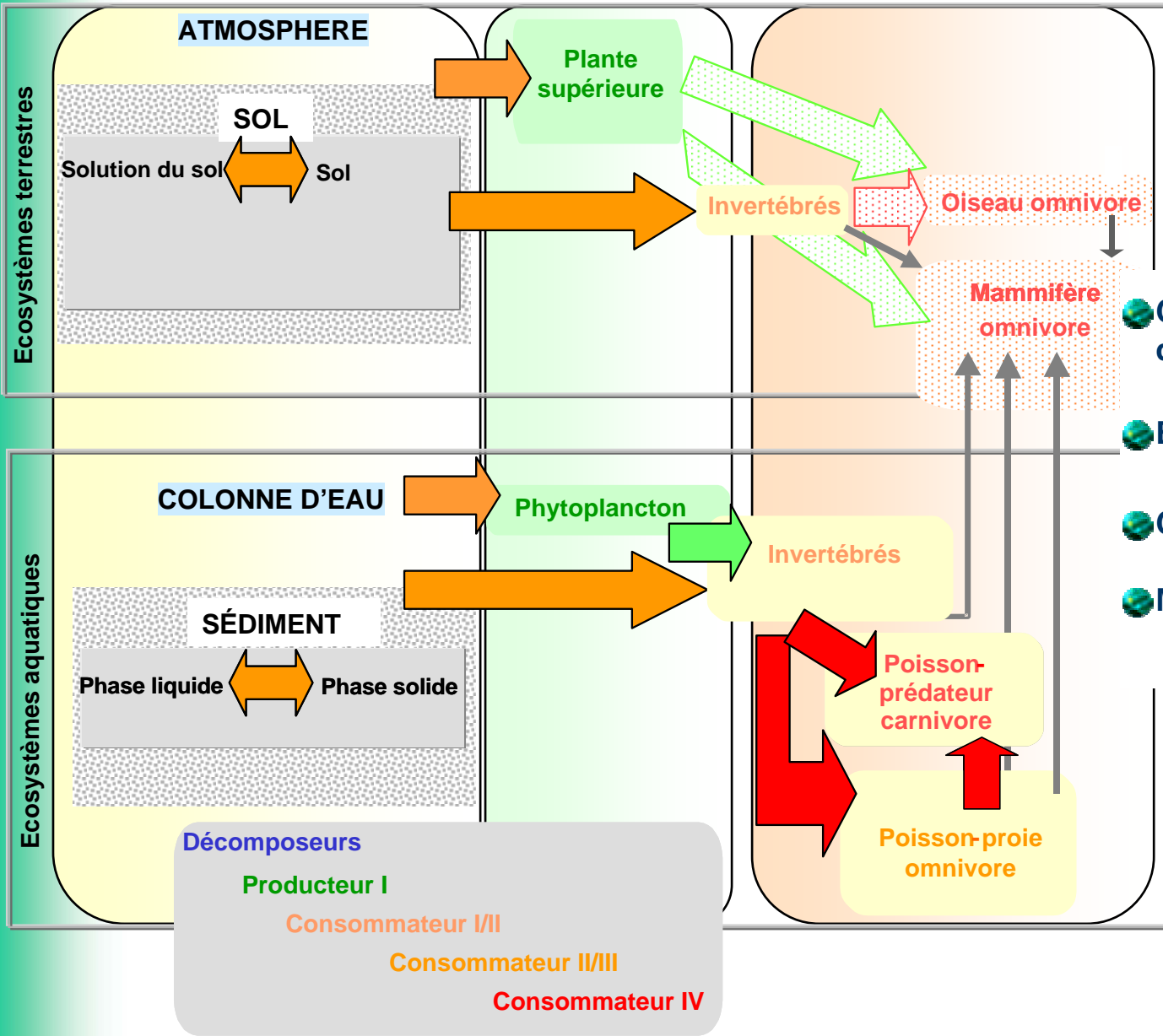
10000

Débit de dose (µGy/h)

UNSCEAR 1996, 2000; EA, 2000

FASSET, 2003

Stratégie expérimentale – axes de recherches

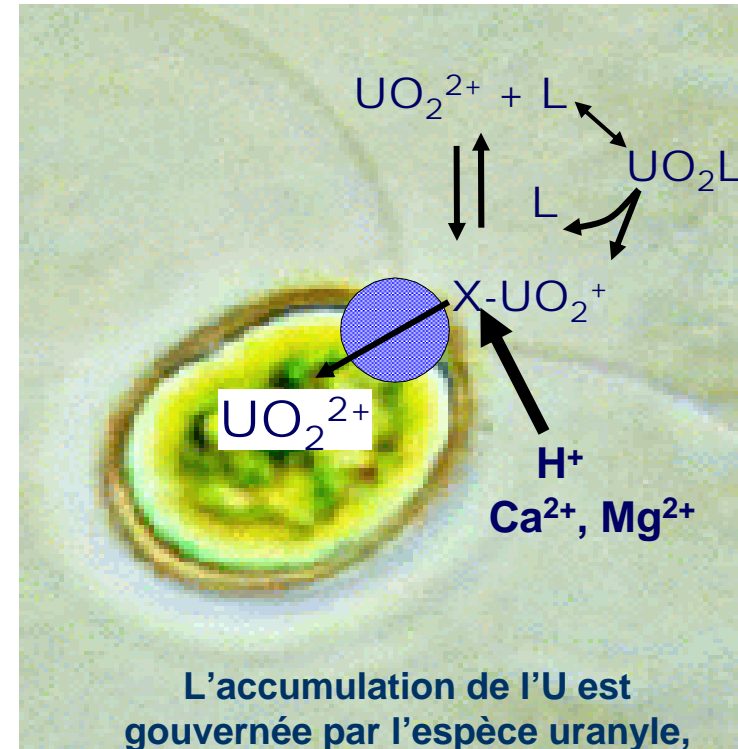
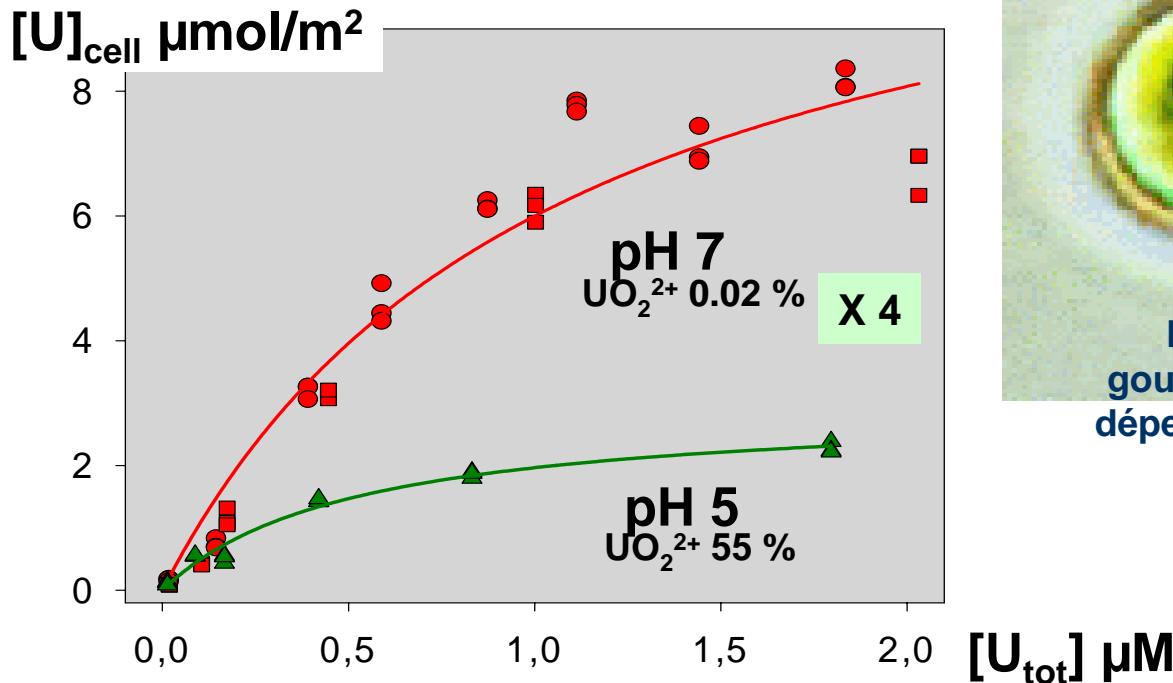


- **Caractérisation des processus de bioaccumulation**
- **Effets biologiques induits**
- **Conséquences dosimétriques**
- **Mécanismes mis en jeu**

**U, Pu, Np, Am,
I, Tc, Se
Po, Th
Cs**

Prendre en compte la biodisponibilité est indispensable pour une évaluation réaliste des expositions et des effets induits.

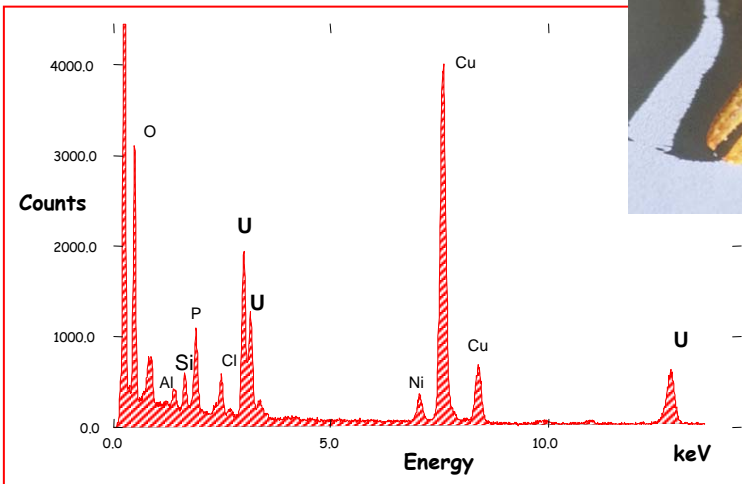
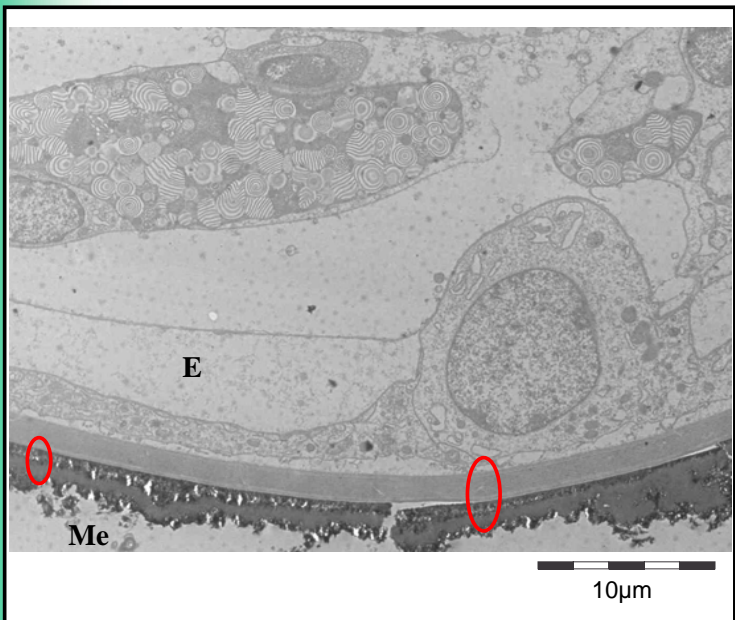
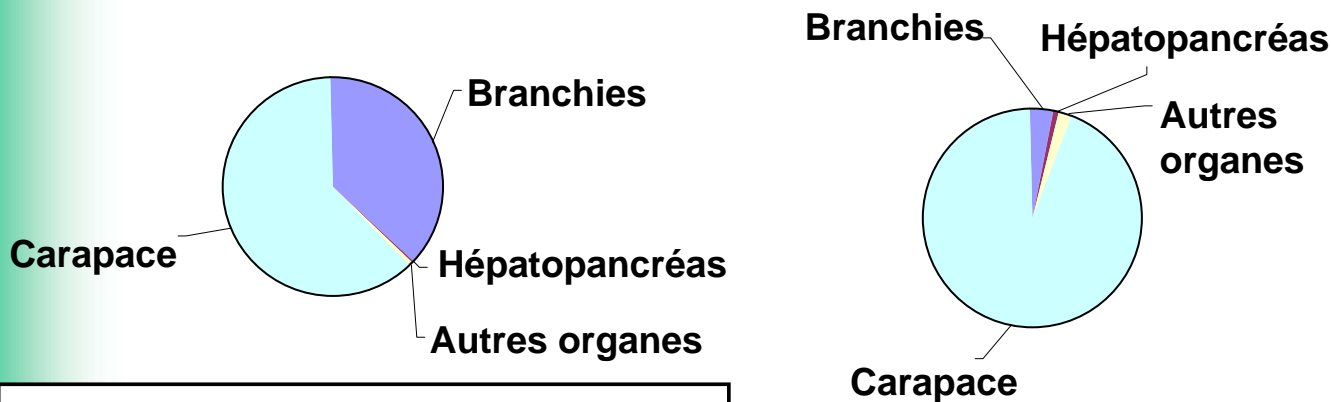
- La complexation de l'U par les phosphates, carbonates, EDTA et citrate diminue la biodisponibilité.
- L'accumulation est plus élevée à pH 7 qu'à pH 5 malgré une importante baisse en $[UO_2^{2+}]$ (inhibition par H^+).
- Le Ca et le Mg peuvent également inhiber le transport (et l'adsorption) de l'uranium.



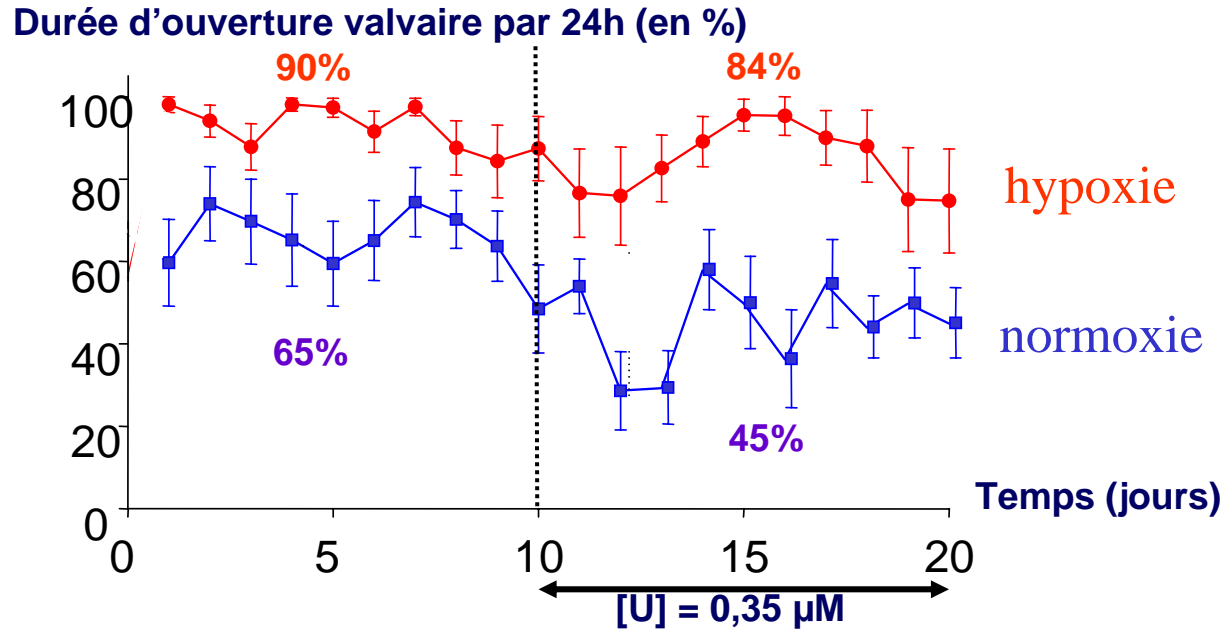
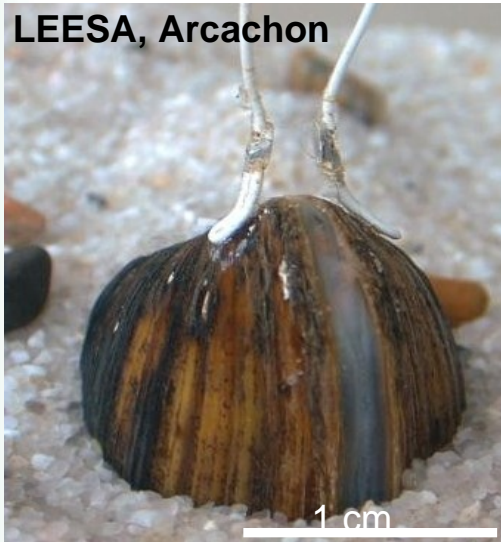
L'accumulation de l'U est gouvernée par l'espèce uranyle, dépendante de critères de qualité du milieu.

Une exposition à faible concentration modifie les biocinétiques, la bioaccumulation et les effets observés par rapport à une exposition à forte concentration.

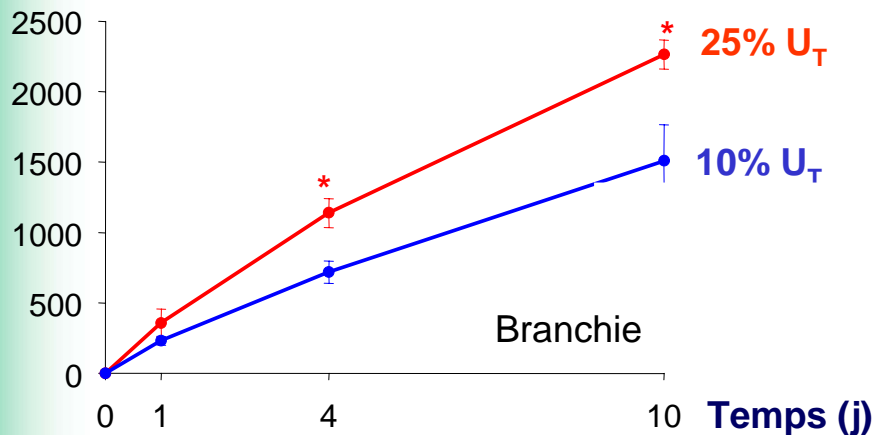
Exposition pendant 10 j à 6,3 μM versus 0,4 μM



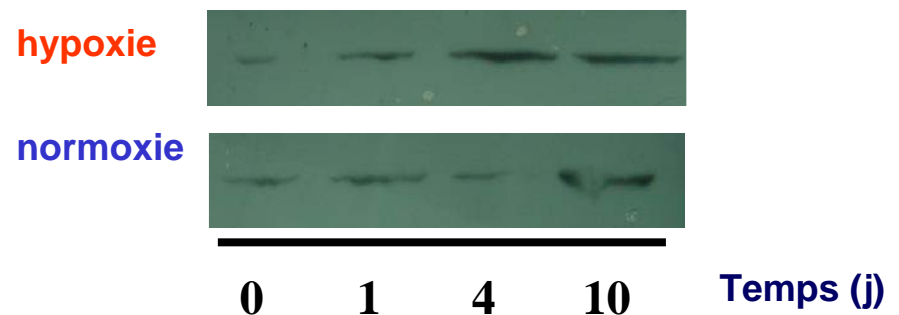
IRSN La recherche d'indicateurs d'effets doit concerner différentes échelles d'observation : précoce à tardive, subcellulaire à populationnelle. Elle doit prendre en compte le fonctionnement physiologique de l'organisme.



[U], ng.g⁻¹



Induction de protéines de type MXR



Les avancées attendues dans le domaine de la radioprotection de l'environnement...

- Les enseignements illustrés précédemment démontrent l'intérêt d'explorer le comportement de l'élément (interaction élément-organismes, biocinétiques, distribution tissulaire, microlocalisation) lors d'exposition chronique; ils se répercutent inévitablement en termes de calculs dosimétriques, en termes de relation dose-effets.
- Pour le domaine des expositions chroniques à des radionucléides, il s'agit d'acquérir les connaissances sur les relations dose-effets qui font aujourd'hui défaut pour pouvoir déterminer sans ambiguïté des débits de dose au sens écotoxicologique et radiologique sans effet pour l'environnement.
- L'accent est porté sur l'exposition interne à des émetteurs α , β lors de leur bioaccumulation, sur la chronicité des expositions (cycle de vie afin de relier les perturbations observées chez les individus (comportement, croissance, reproduction) avec les effets à l'échelle des populations composant les écosystèmes).

C. Adam, R. Gilbin, O. Simon, D. Tran, F. Denison, A. Buet, E. Fournier, C. Pradines, M. Floriani
IRSN/DPRE/SERLAB/Laboratoire de Radioécologie Expérimentale,
Cadarache

J.C. Massabuau, J.P. Bourdineaud
UMR CNRS 5805, Laboratoire d'Écophysiologie et Écotoxicologie des
Systèmes Aquatiques, Université Bordeaux I

C. Fortin
INRS - Eau, Terre et Environnement, Université du Québec, C.P. 7500,
Sainte-Foy, QC, G1V 4C7, Canada