

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

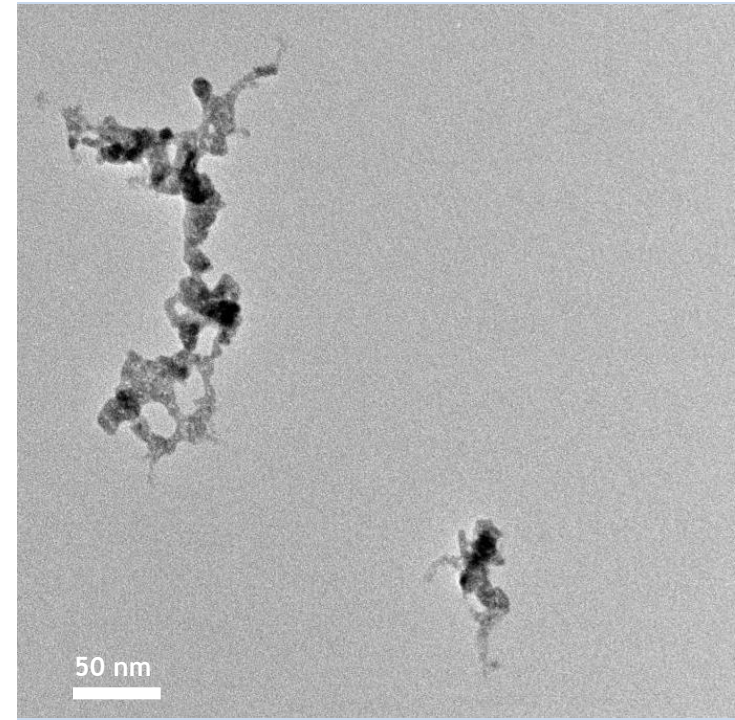
Biocinétique des nanoparticules d'uranium après inhalation

Fabrice Petitot¹, Philippe Lestaevel², Elie Tournalonias¹, Charline Mazzucco¹, Sébastien Jacquinot¹, Bernadette Dhieux¹, Olivia Delissen¹, Benjamin Tournier¹, François Gensdarmes³, Isabelle Dublineau²

¹ IRSN/DRPH/SRBE/ Laboratoire de Radiotoxicologie Expérimentale, Pierrelatte

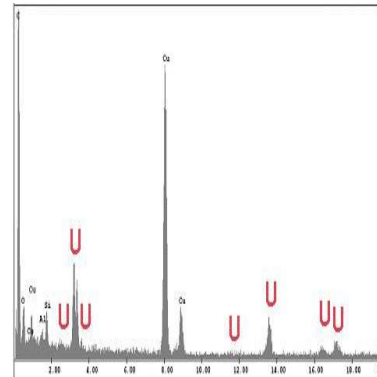
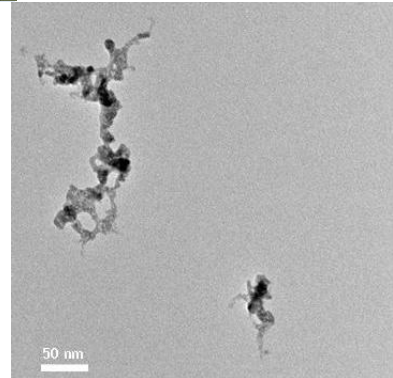
² IRSN/DRPH/SRBE/ Laboratoire de Radiotoxicologie Expérimentale, Fontenay-aux-Roses

³ IRSN/DSU/SERAC/ Laboratoire de Physique et de Métrologie des Aérosols, Gif-sur-Yvette



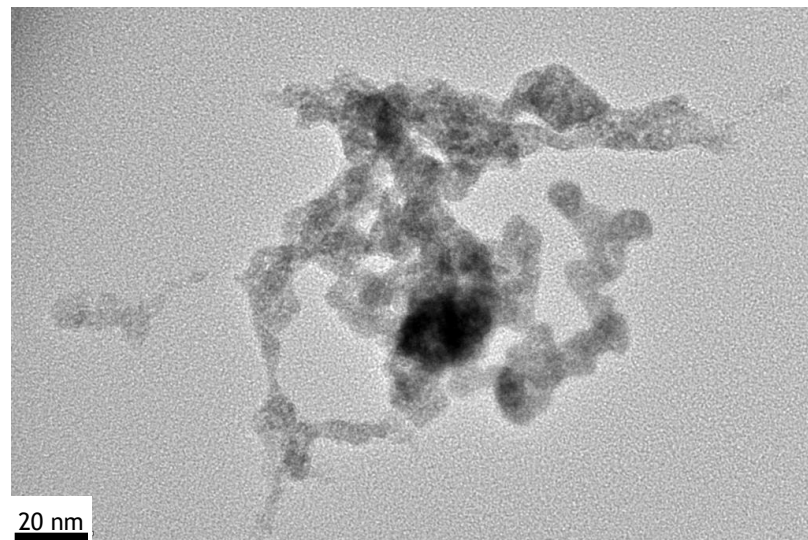
Biocinétique des nanoparticules d'uranium après inhalation

L'exposition aux nanoparticules d'uranium : contexte et problématique



Qu'est ce qu'une nanoparticule ?

- Particule ultrafine, encore appelée particule nanométrique
- Taille < 100 nm
- Morphologie :
 - particule primaire
 - agrégat de particules primaires
 - agglomérat de particules primaires



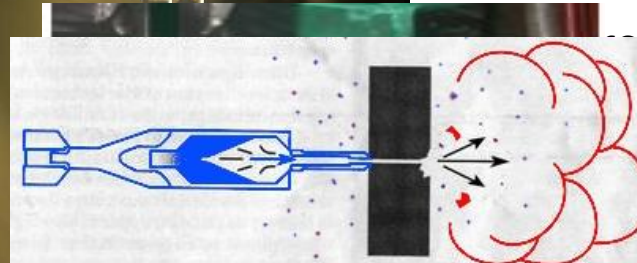
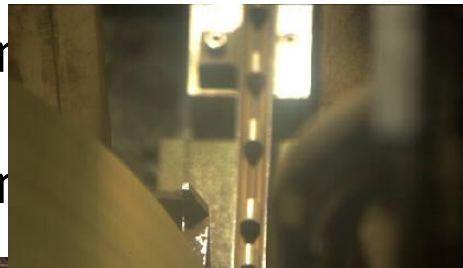
Contexte

- Risque d'exposition à des nanoparticules d'uranium

- Cycle du combustible nucléaire (production)

- Assainissement des installations nucléaires

- Applications militaires



Tête d'obus à l'uranium appauvri

Découpe de métal par laser

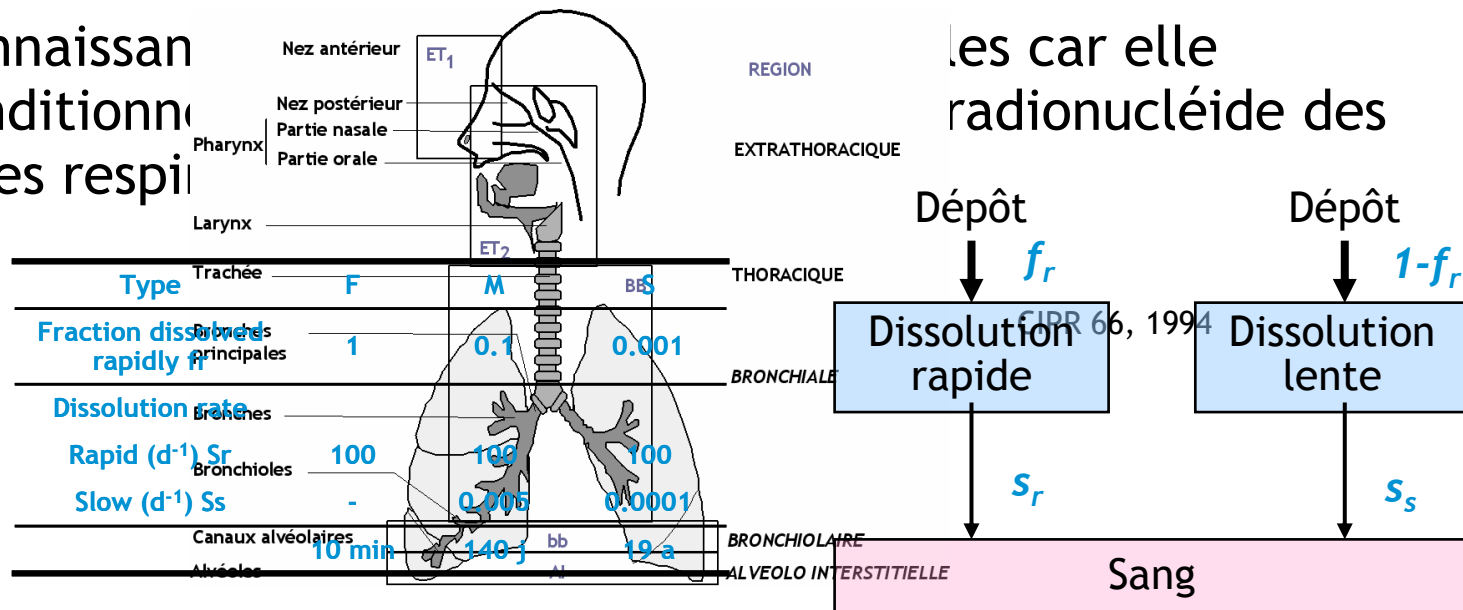
Usinage de pastilles de combustible

Contaminants des sols d'uranium > 1 µm
l'uranium ?

Evaluation du risque lié à l'inhalation de nanoparticules d'uranium

- Connaissance de la biocinétique des particules radioactives inhalées indispensable à l'obtention d'un calcul dosimétrique fiable
 - Connaissance du dépôt des particules dans les différents étages de l'arbre respiratoire après inhalation

Connaissance conditionnée par les voies respiratoires



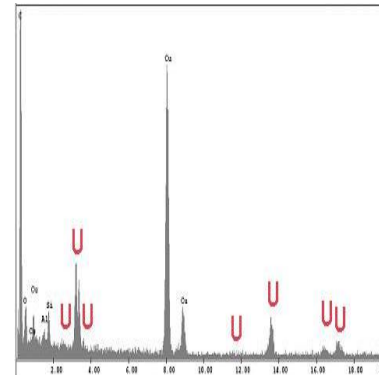
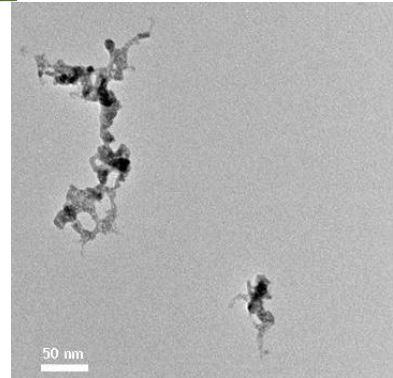
Classement des composés selon leur solubilité (CIPR 66, 1994)

Problématique

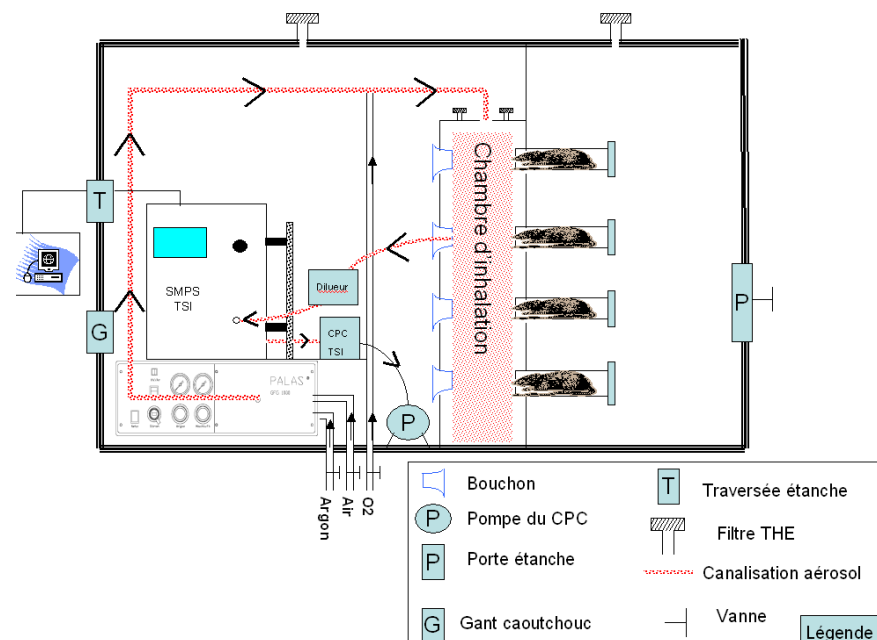
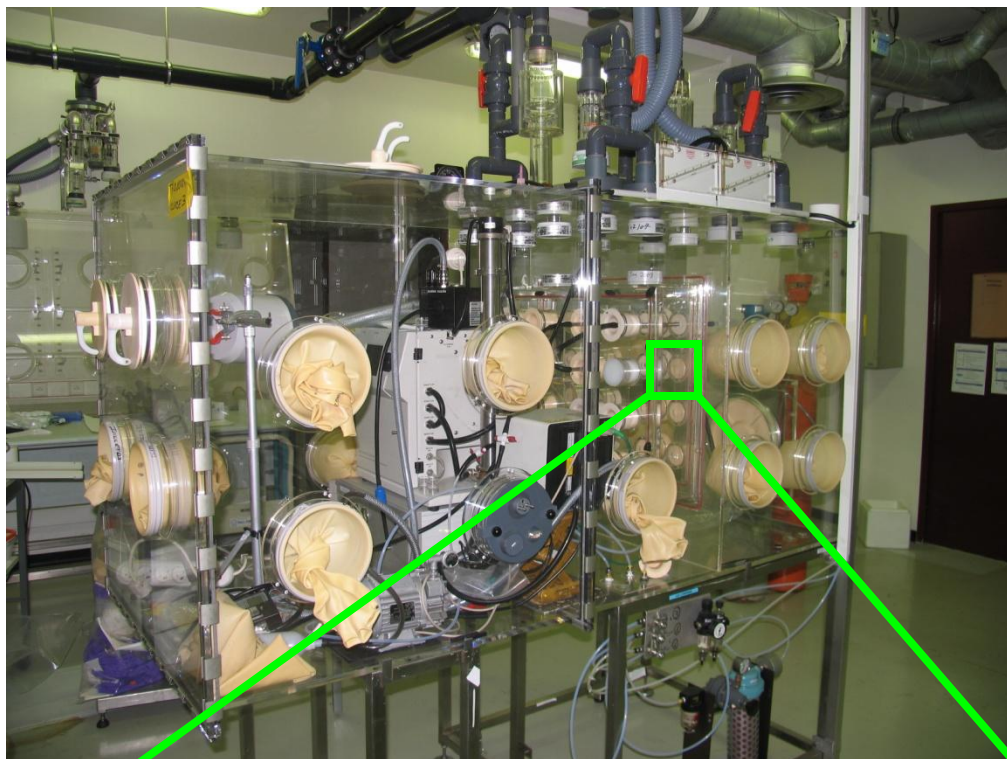
- Distribution dans les différentes régions pulmonaires des particules inhalées en fonction de leur taille (modèle pulmonaire CIPR 66, 1994)
- Biocinétiques des nanoparticules peu documentées (aucune donnée pour l'uranium)

Biocinétique des nanoparticules d'uranium après inhalation

Systeme d'inhalation de nanoparticules d'uranium

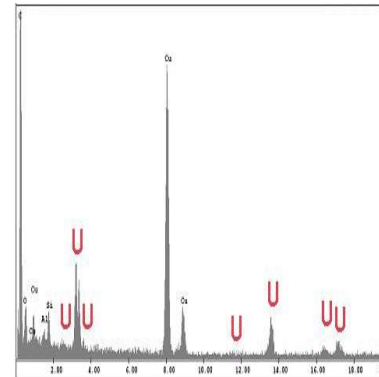
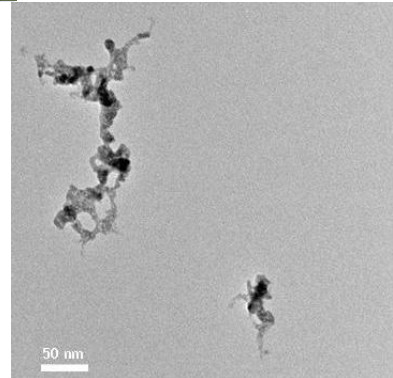


Systeme d'inhalation de nanoparticules d'uranium en « nose only »

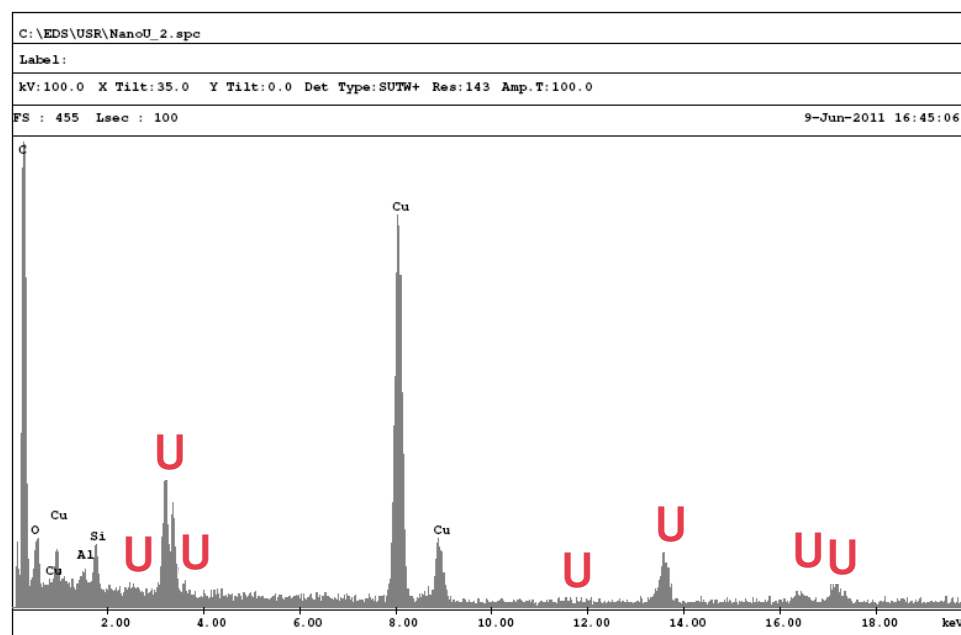
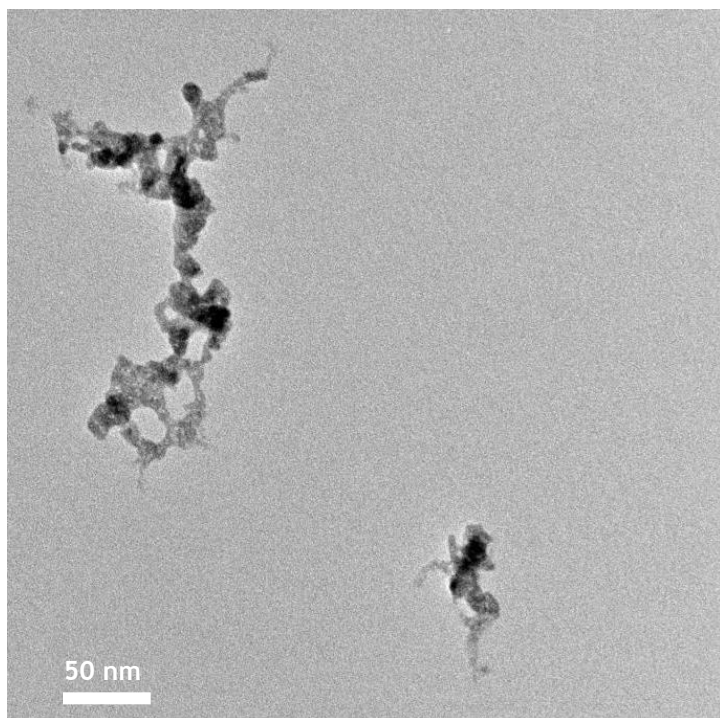


Biocinétique des nanoparticules d'uranium après inhalation

Caractérisation des nanoparticules d'uranium générées



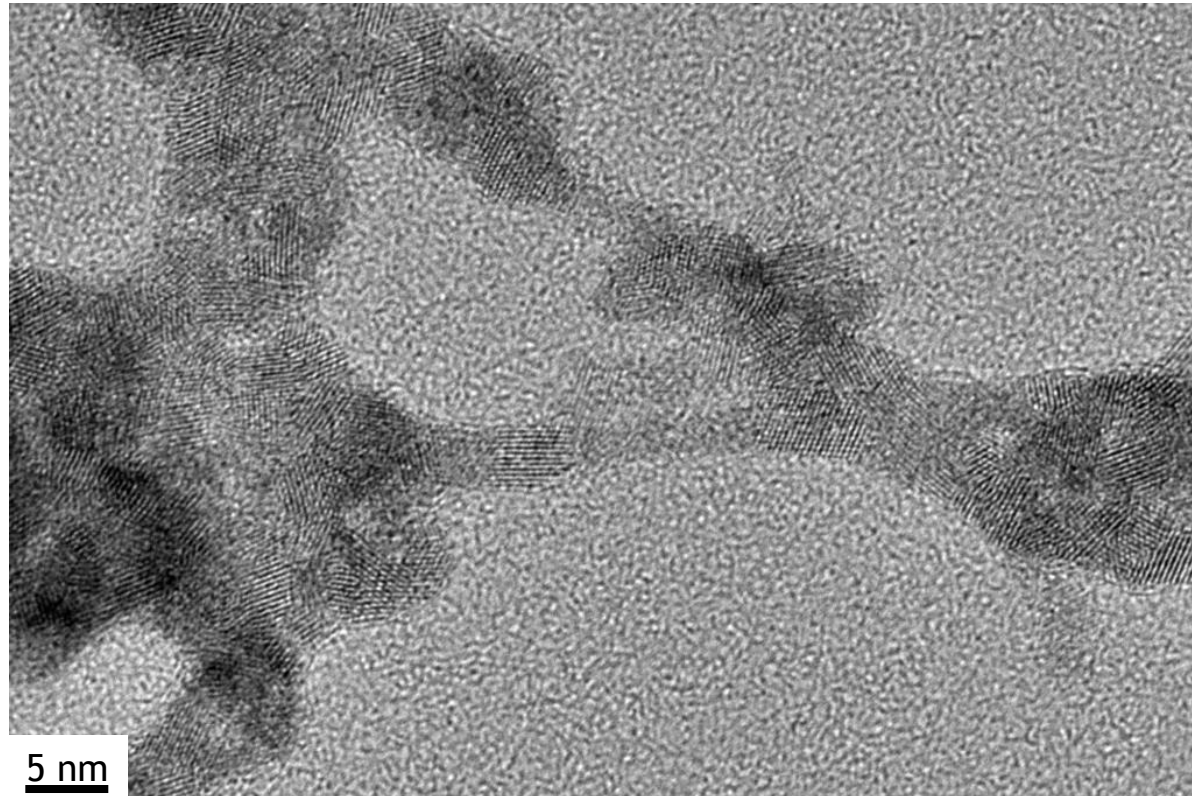
Caractérisation élémentaire à l'aide d'un microscope électronique en transmission (MET) couplé à un analyseur X



Spectre de fluorescence X

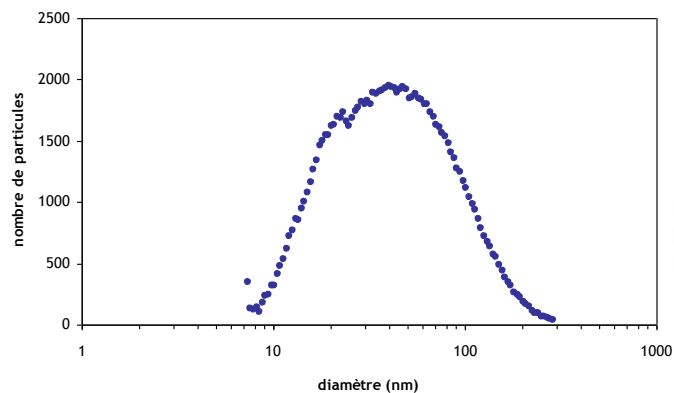
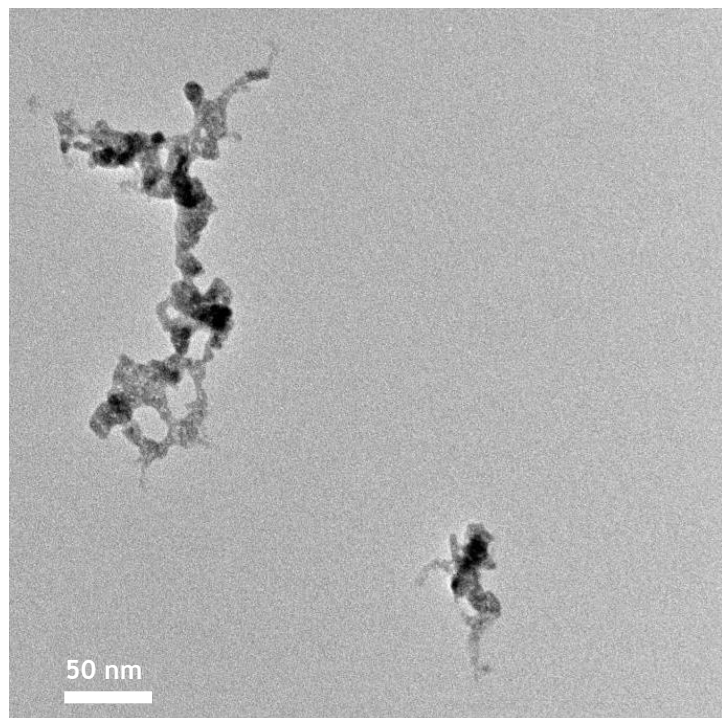
- Les nanoparticules contiennent de l'uranium

Caractérisation moléculaire à l'aide d'un MET haute résolution



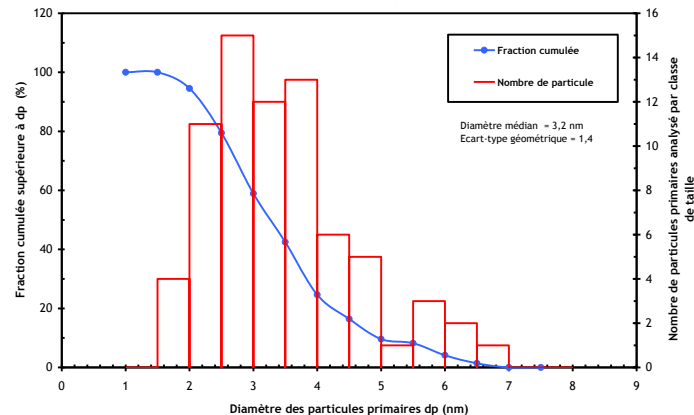
- Les nanoparticules contiennent de l' UO_2

Caractérisation morphologique et granulométrique



Mesure au SMPS
de la taille des
agrégats

Diamètre médian en nombre = 40 nm
Ecart-type géométrique = 2 nm
Diamètre médian en masse = 190 nm



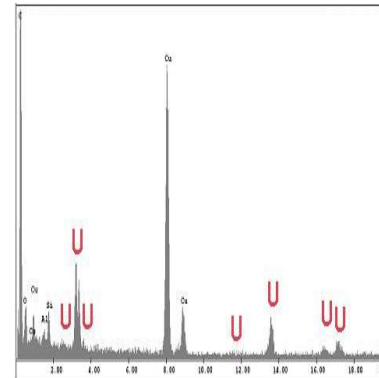
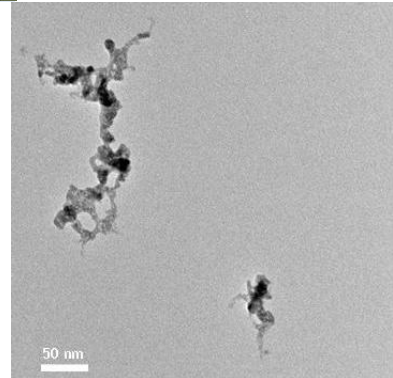
Mesure au MET de
la taille des
particules
primaires

Diamètre médian = 3,2 nm
Ecart-type géométrique = 1,4 nm

- Taille des agrégats : diamètre médian en masse = 190 nm
- Taille des particules primaires : 3 nm

Biocinétique des nanoparticules d'uranium après inhalation

Inhalation de nanoparticules d'uranium chez le rat



Conditions expérimentales

■ Animaux

- Rats mâles Sprague Dawley OFA âgés de 16 semaines
- 18 rats par point de cinétique (6 témoins + 12 contaminés)

■ Inhalation

- Durée : 1 heure
- DAMN : 40 nm ; 10^7 particules.cm⁻³
- DAMM : 190 nm ; 1mg.m⁻³

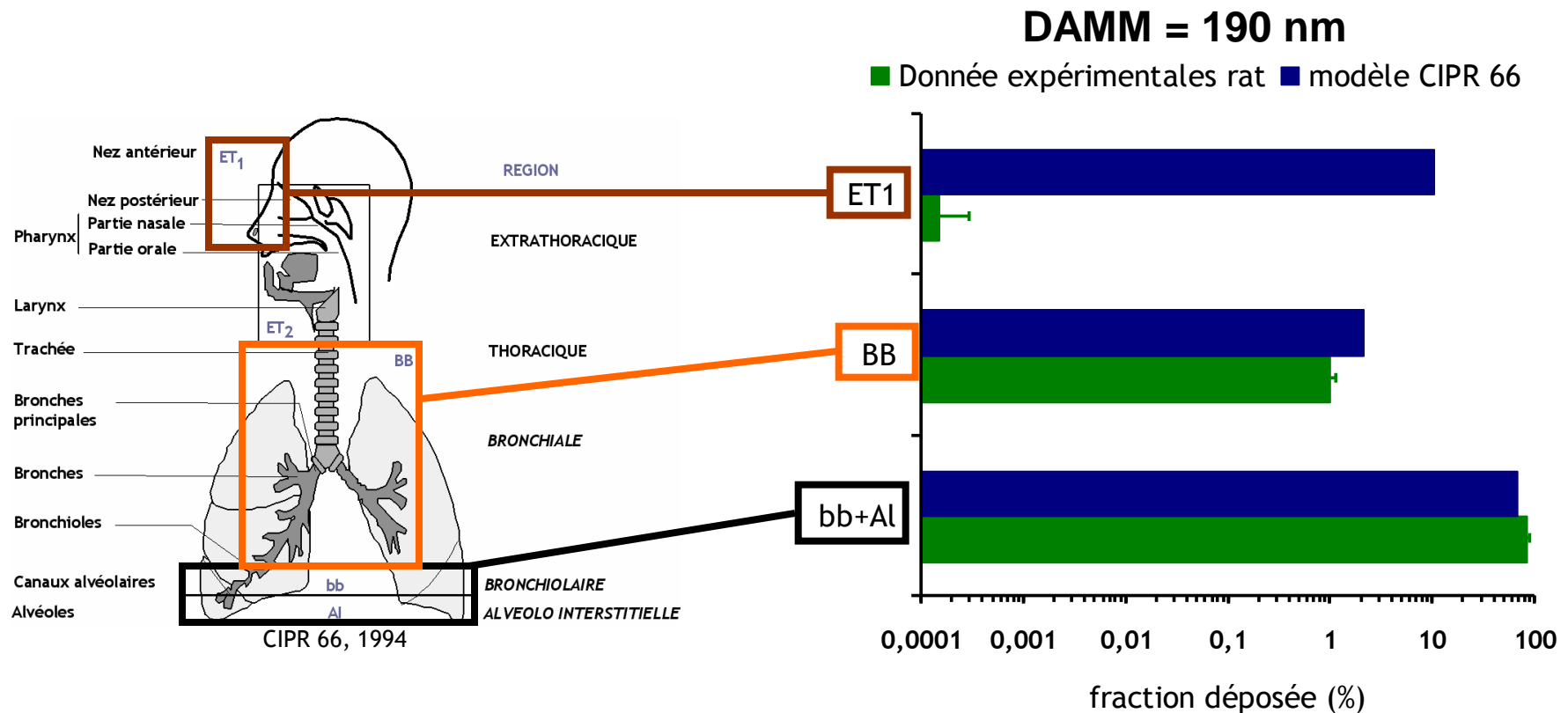


■ Euthanasie des animaux

- 10 min, 4 heures et 24 heures après exposition

Distribution des nanoparticules d'uranium dans le tractus respiratoire

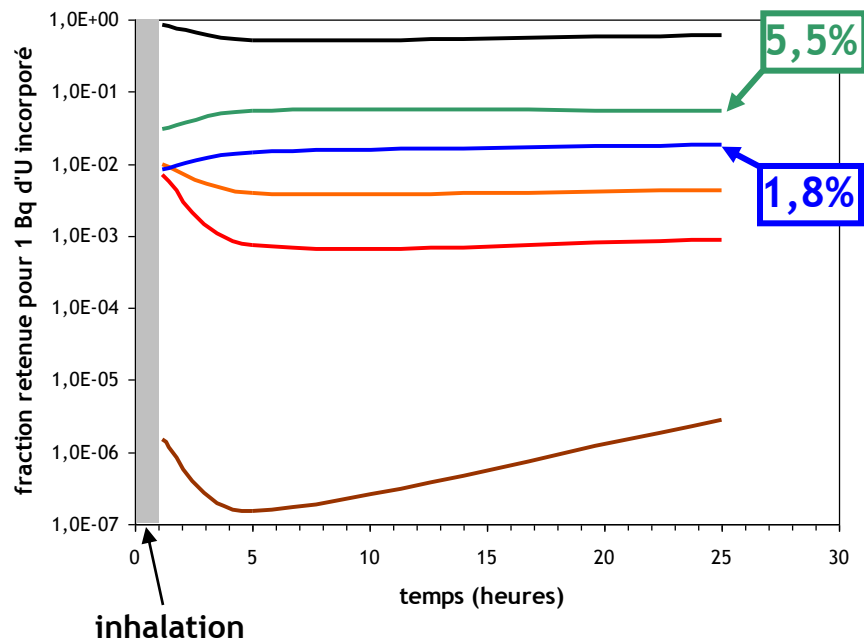
- 0,2% de l'uranium inhalé se sont déposés dans les voies respiratoires



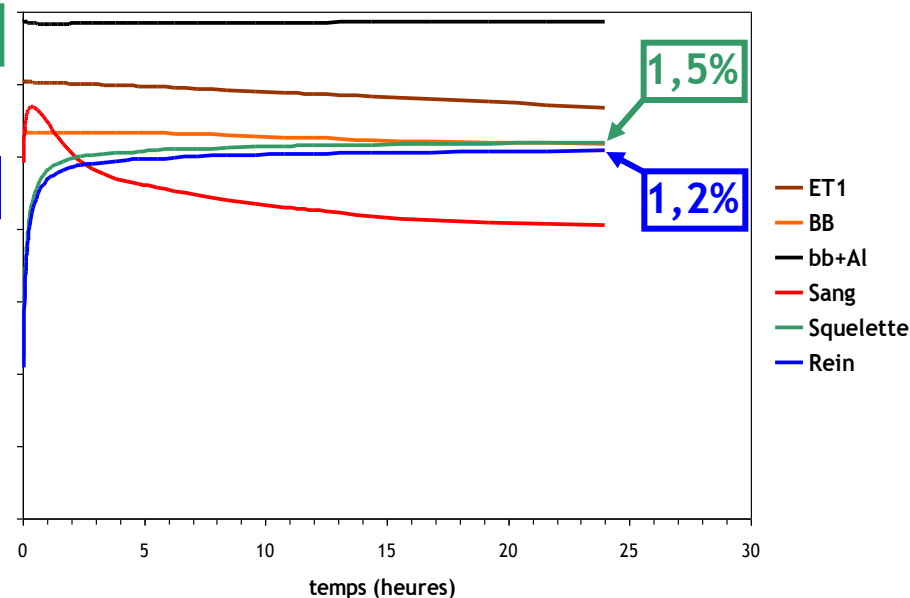
- Ecart de distribution entre modèle et données expérimentales

Transfert de l'U des poumons vers le sang

Expérimentation réalisée
chez le rat SD
Inhalation 1 heure ; DAMM = 190 nm



Modèle pulmonaire CIPR 66
chez l'homme standard
Inhalation flash ; DAMM = 190 nm
Solubilité U = modérée



- Solubilité des nanoparticules d'UO₂ modérée à rapide (type M/F)

Conclusions

- Les nanoparticules générées se présentent sous la forme d'agrégats de particules primaires (3 nm) d'UO₂
- 0,2% des nanoparticules inhalées se déposent dans les voies respiratoires
- 99% de la masse d'uranium déposée sont retrouvés au niveau du poumon profond en fin d'inhalation
- Transfert vers le sang : solubilité modérée à rapide des nanoparticules d'UO₂ (type M/F)