

ESTIMATION DE LA DOSE INTERNE AVEC LE LOGICIEL MODOSE

David BROGGIO¹, Cécile Challeton- de Vathaire¹, Estelle DAVESNE ², Pierre LAROCHE ³,
Sandra BOHAND³, Eric BLANCHARDON ¹

¹ *Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, France*

² *Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, Gif-sur-Yvette, France*

³ *Orano, Chatillon, France*

Journée de formation AMTSN

3 juin 2022, Paris

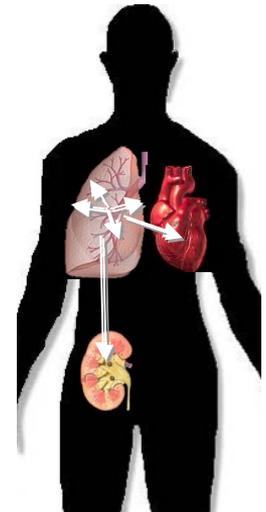
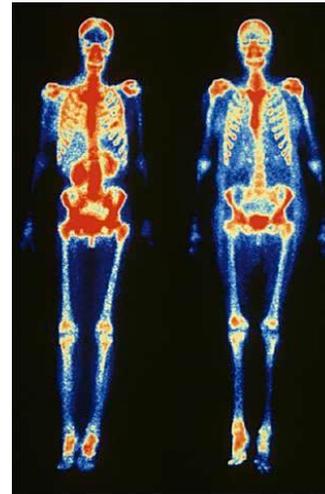
■ PRINCIPES D'ÉVALUATION DE LA DOSE INTERNE

■ ÉVALUATIONS DE DOSE AVEC MODOSE

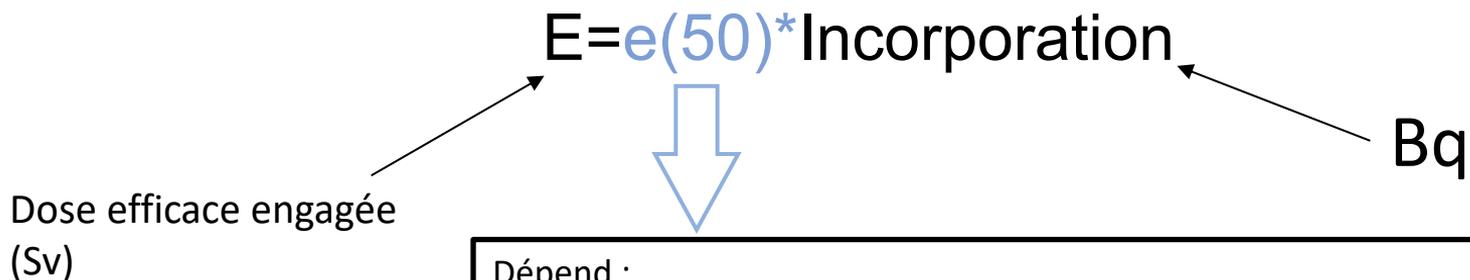
■ OPTIMISATION DES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE

PRINCIPES D'ÉVALUATION DE LA DOSE INTERNE

- Après incorporation les radionucléides se distribuent dans le corps et sont en partie naturellement éliminés.
- Cette distribution varie au cours du temps (*biocinétique*).
- Les radionucléides irradient les organes dans lesquels ils résident et les autres organes
- Pour chaque incorporation on évalue la dose efficace engagée (sur 50 ans)



- Si on connaît la répartition au cours du temps, organe par organe du radionucléide
- Si on se donne un modèle de calcul anthropomorphe
- La dose peut-être reliée à l'incorporation:



Dépend :

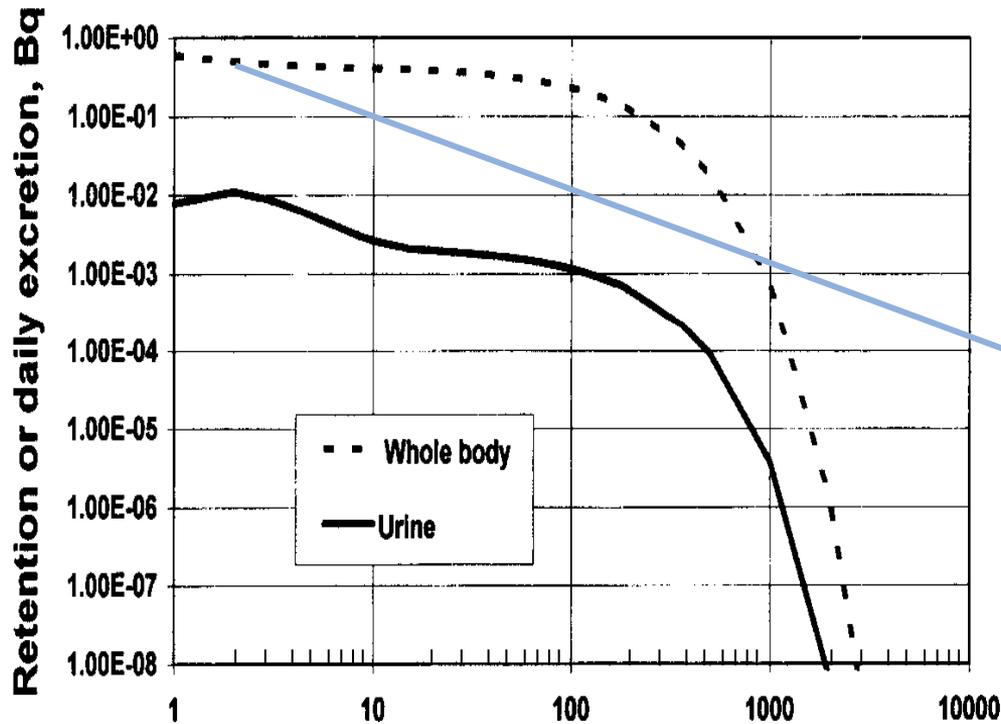
- du radionucléide
- de sa forme physico-chimique (soluble, moyennement soluble, insoluble, nano-particule)
- de la distribution en taille des aérosols
- de la voie d'incorporation (inhalation, ingestion, plaie)

→ Tabulé par la CIPR et dans la réglementation

$$E = e(50) * \text{Incorporation}$$

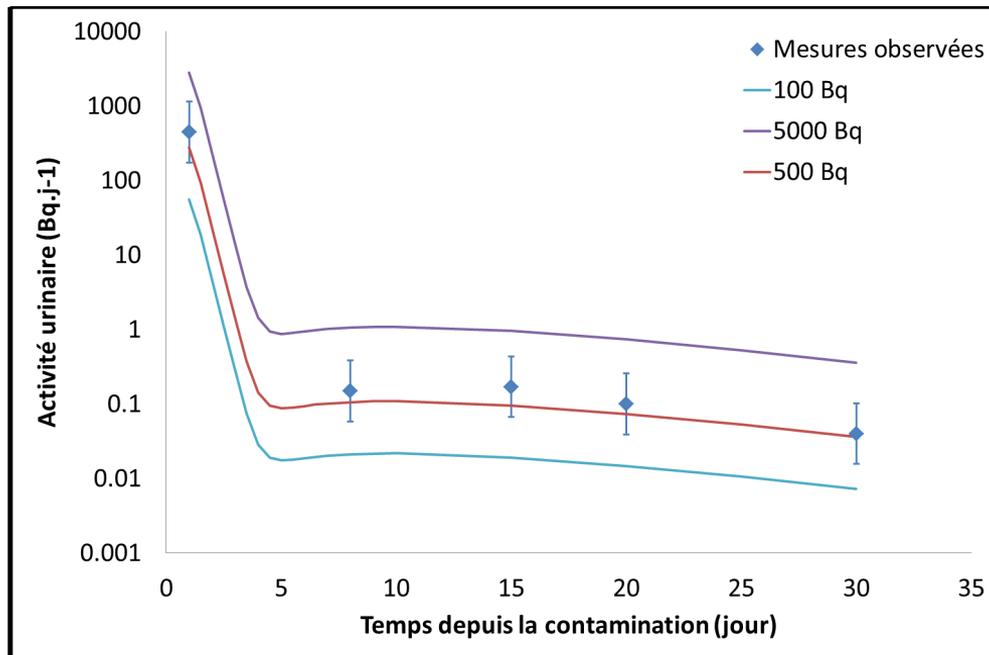
Pour connaître l'incorporation il faut :

- Réaliser des examens (anthroporadiométrie, mesure des excréta)
- Utiliser les courbes de rétention et d'excrétion pour le cas d'intérêt



3 jours après incorporation une mesure de 0,7 Bq en corps entier correspond à une incorporation de 1 Bq.

- Si on réalise plusieurs mesures à des temps différents les résultats devraient suivre les courbes de rétention ou d'excrétion
- En réalité l'ajustement au modèle n'est pas parfait (variabilité des excrétions) et il va falloir trouver l'incorporation qui décrit au mieux les mesures
- Si la forme physico-chimique est inconnue il va falloir chercher quelle forme décrit le mieux les données



ÉVALUATIONS DE DOSE AVEC MIODOSE

- Développé dans le cadre du programme d'intérêt commun DOSINTER (IRSN+Orano)
- Initialement codé par E. Davesne et E. Blanchardon
- Actuellement développé, maintenu et distribué par le LEDI



MIODOSE v2.1 - Calcul de dose

Fichier Mélange Biocinetique Aide

Personne exposée: Travailleur

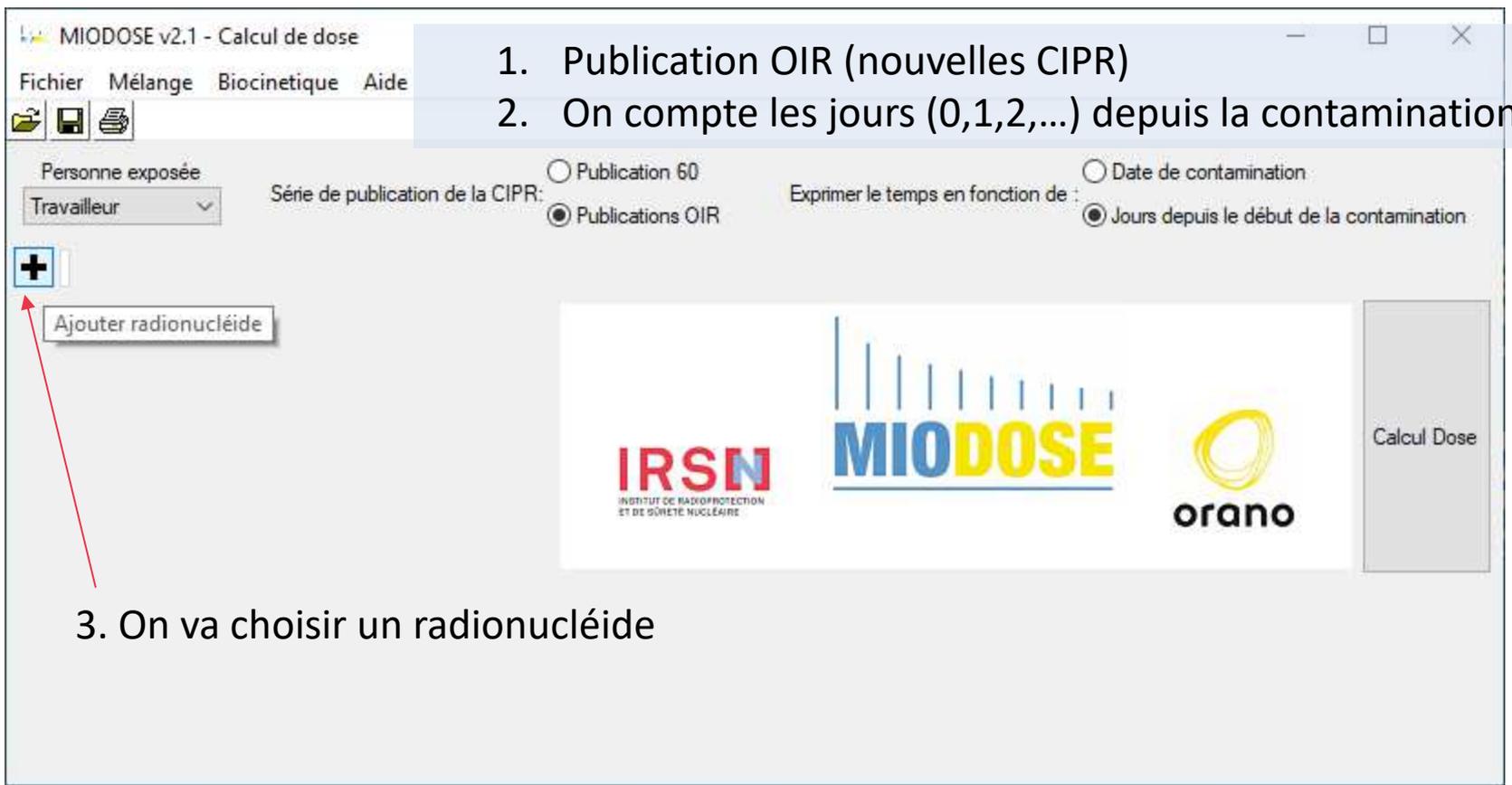
Série de publication de la CIPR: Publication 60 Publications OIR

Exprimer le temps en fonction de: Date de contamination Jours depuis le début de la contamination

+

Ajouter radionucléide

Calcul Dose



1. Publication OIR (nouvelles CIPR)
2. On compte les jours (0,1,2,...) depuis la contamination

3. On va choisir un radionucléide



Personne exposée

Travailleur

Série de publication de la CIPR:

 Publication 60 Publications OIR

Exprimer le temps en fonction de :

 Date de contamination Jours depuis le début de la contamination

Cs-137

On a choisi le 137-Cs
4. On va choisir l'incorporation

Radionucléide

Cs-137



Ajouter incorporation

Bq...

Normalisation...

 Anthroporadiométrie

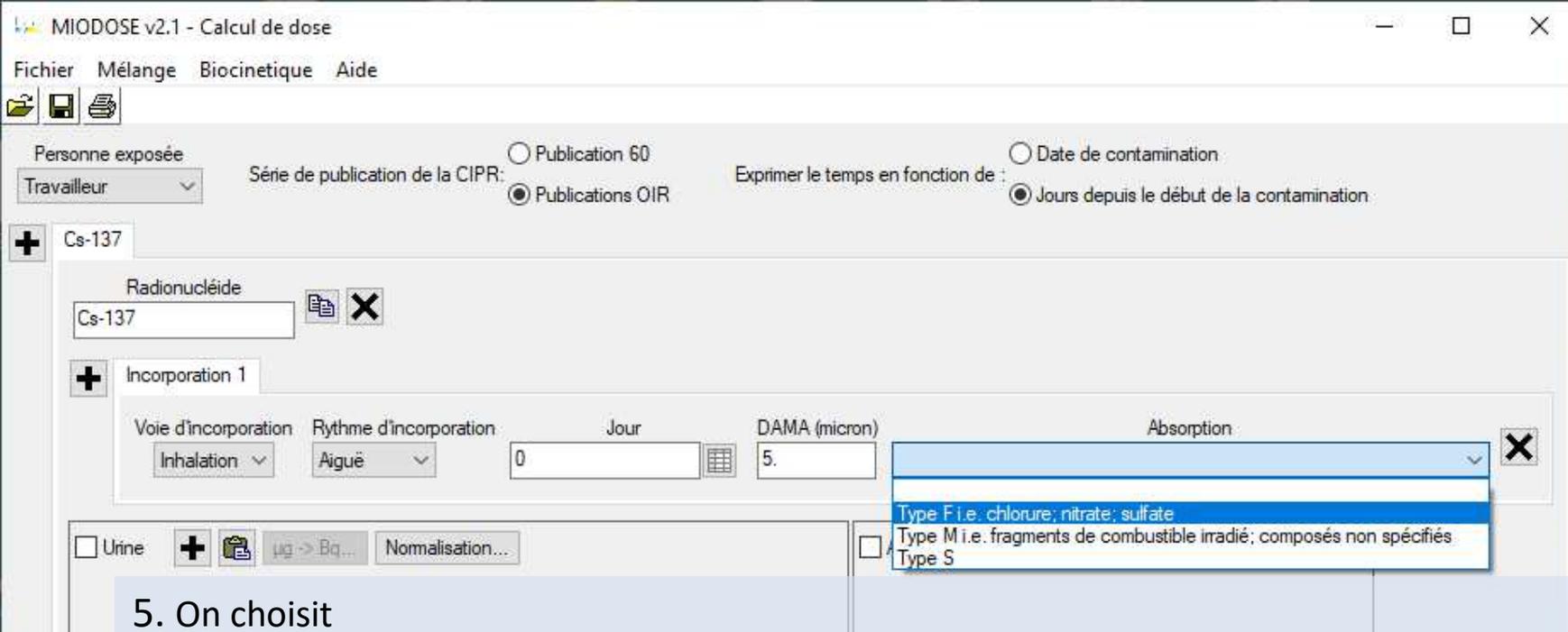
Corps entier

 Selles

µg -> Bq...

Normalisation...

 DTPA



5. On choisit

- Une inhalation
- Aiguë
- À $t=0$
- Avec un Diamètre Aérodynamique Médian en Activité de $5 \mu\text{m}$ (travailleur)
- Miodose rappelle les formes chimiques associées au type F, M, S

MIODOSE v2.1 - Calcul de dose

Fichier Mélange Biocinetique Aide

Personne exposée: Série de publication de la CIPR: Publication 60 Publications OIR

Exprimer le temps en fonction de: Date de contamination Jours depuis le début de la contamination

+ Cs-137

Radionucléide:

+ Incorporation 1

Voie d'incorporation: Rythme d'incorporation: Jour: DAMA (micron): Absorption:

Urine Anthroporadiométrie

Corps entier

| Jour | Activité mesurée (Bq) | SF |
|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="text" value="3500"/> | <input type="text" value="1.4"/> |

6. On entre un résultat de mesure

- Mesure de 3500 Bq à t=3 j en anthropo corps entier

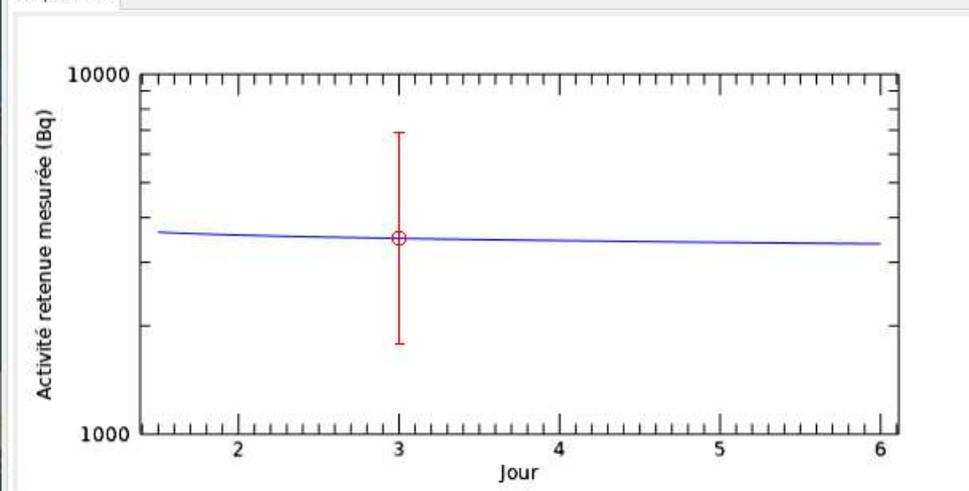


Résultats pour l'incorporation et la dose efficace engagée

| | Incorporation (Bq) | Qualité du fit | Coefficient de dose (Sv/Bq) | Dose efficace engag |
|--------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|
| Cs-137 (Incorporation 1) | 5.61E+03 | P: 1.00E+00 > 0.05 | 9.33E-09 | 5.23E-05 |

Dose Totale (mSv) 5.23E-02

Corps entier



Jour initial 1 Jour final 6 Appliquer

On obtient la dose correspondant à la mesure.

Et l'ajustement de la rétention à la mesure.

Jusqu'ici rien de spectaculaire, il n'y avait qu'une mesure.

MIOOSE v1 - Calcul de dose

Fichier Mélange Biocinétique Aide

Personne exposée: Travailleur

Exprimer le temps en fonction de : Date de contamination Jours depuis le début de la contamination

+ I-131

Radionucléide: I-131

+ Incorporation 1 Incorporation 2 Incorporation 3

Voie d'incorporation: Inhalation Rythme d'incorporation: Aiguë Date: 09/10/2014 DAMA (micron): 5 Absorption: vapeur SR-1, f1 = 1 : vapeur d'iode élémentaire I2, forme gazeuse non spécifiée

Urine Anthroporadiométrie Thyroïde

| | Date | Activité mesurée (Bq) | SF | |
|-------------------------------------|------------|-----------------------|------|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | 18/09/2014 | 510 | 1.17 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 02/10/2014 | 170 | 1.17 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 16/10/2014 | 24500 | 1.17 | <input checked="" type="checkbox"/> |

3 incorporations d'iode-131 (supposées au milieu d'intervalles de surveillance de 14 jours)
 3 mesures positives par comptage thyroïdien.

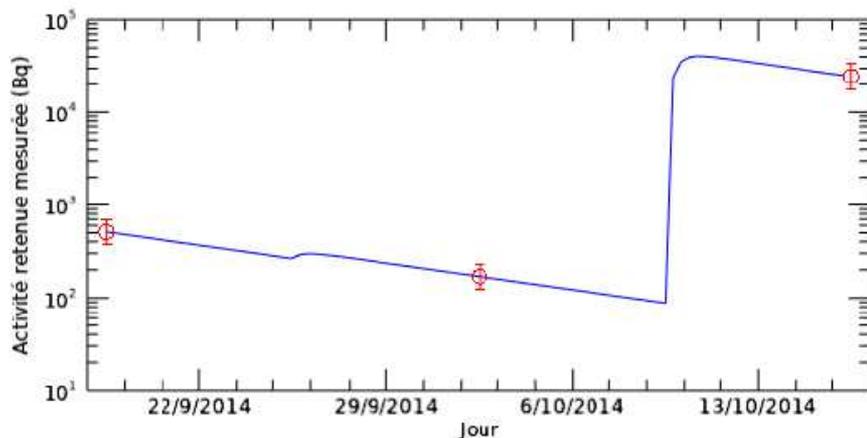


Résultats pour l'incorporation et la dose efficace engagée

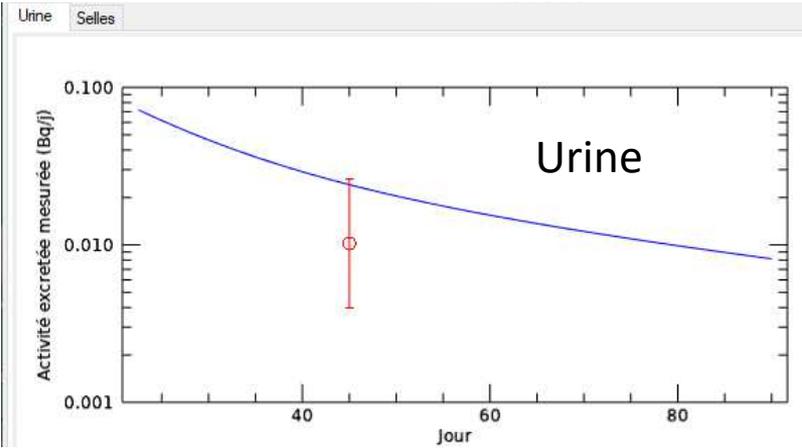
| | Incorporation (Bq) | Qualité du fit | Coefficient de dose (Sv/Bq) | Dose efficace engagée |
|-------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|
| I-131 (Incorporation 1) | 3.66E+003 | P: 1.0000 > 0.05 | 1.98E-008 | 7.25E-005 |
| I-131 (Incorporation 2) | 2.33E+002 | P: 1.0000 > 0.05 | 1.98E-008 | 4.62E-006 |
| I-131 (Incorporation 3) | 1.75E+005 | P: 1.0000 > 0.05 | 1.98E-008 | 3.47E-003 |

Dose Totale (mSv) 3.55E+000

Thyroïde

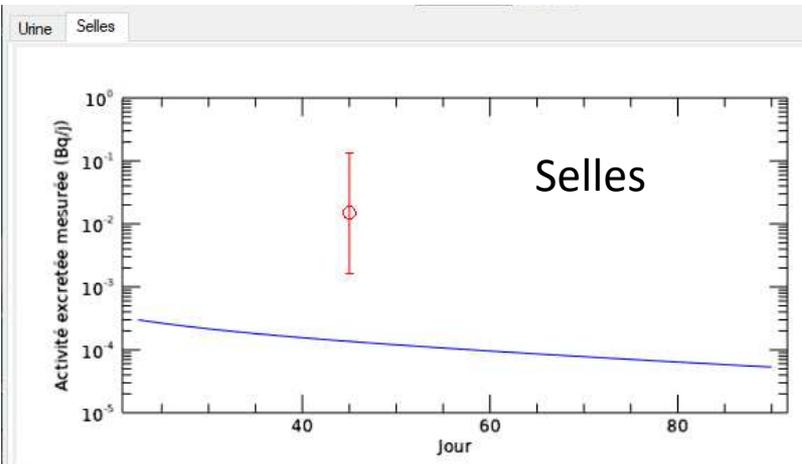


3 incorporations sont calculées, la courbe de rétention qui en résulte s'ajuste parfaitement aux données



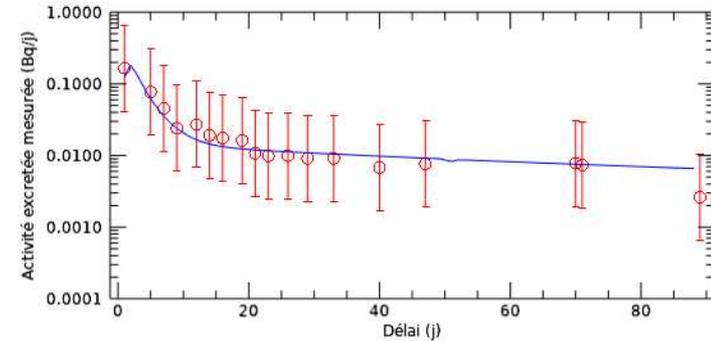
Mesure d'uranium naturel dans les urines et les selles.

L'ajustement n'est pas parfait pour chacun des examens mais c'est le meilleur étant donné les deux mesures



ÉVALUATIONS DE DOSE AVEC MODOSE

- Conversion « automatique » des unités de mesure (prise en compte de la créatinine, du poids des cendres, des mesures urinaires ponctuelles)
- Incertitudes de mesure par défaut ou entrées par l'utilisateur
- Prise en compte des traitements décorporant.
- Définition de mélanges de radionucléides (U enrichi)
- Prise en compte des mesures inférieures à la LD
- Utilisation des modèles réglementaires et de ceux appelés à le devenir
- Sauvegarde des données d'entrée, génération de rapport avec les résultats



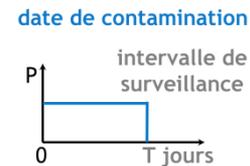
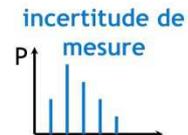
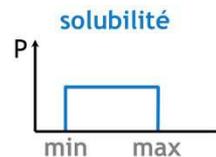
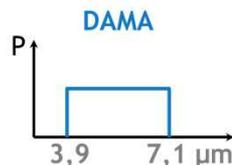
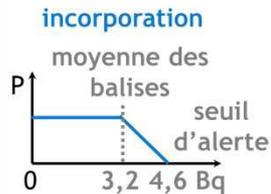
OPTIMISATION DES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE



OPTIMISATION DES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE

- Que conclure si toutes les mesures d'un programme de surveillance sont négatives?
- La dose est inférieure à la Dose Minimale Détectable
- Celle-ci doit prendre en compte les incertitudes sur différents paramètres:
 - Incertitudes sur les dates de contamination
 - Variabilité des excrétions
 - Incertitudes de mesure
 - Incertitudes sur le DAMA
 - etc

Incertitudes sur les conditions d'exposition et la mesure

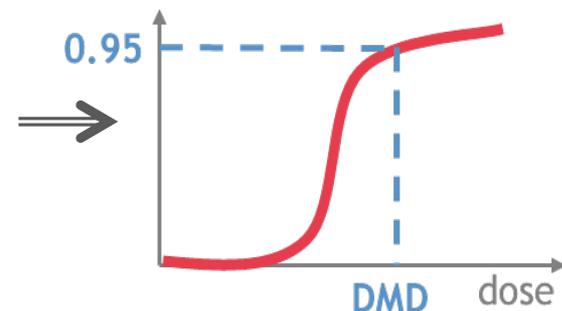


MIDOSE

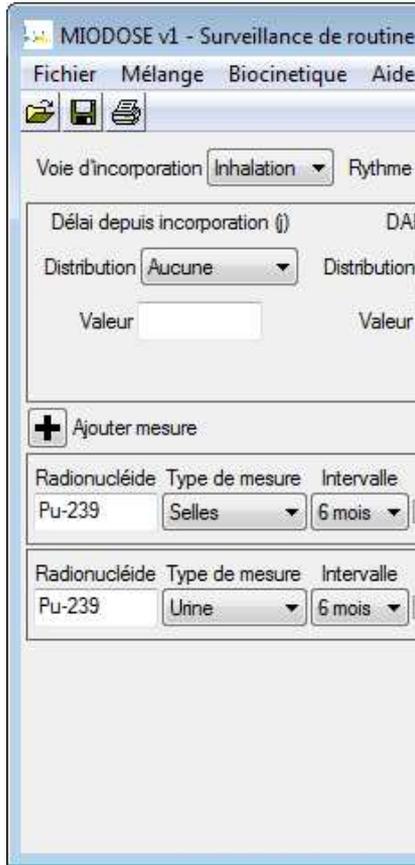


Distribution de probabilité de la
dose sachant $M < LD$

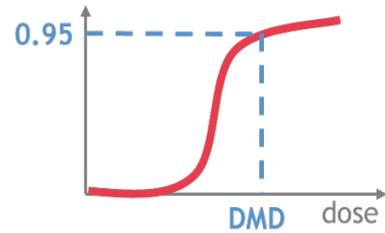
Dose **M**inimale **D**étectable



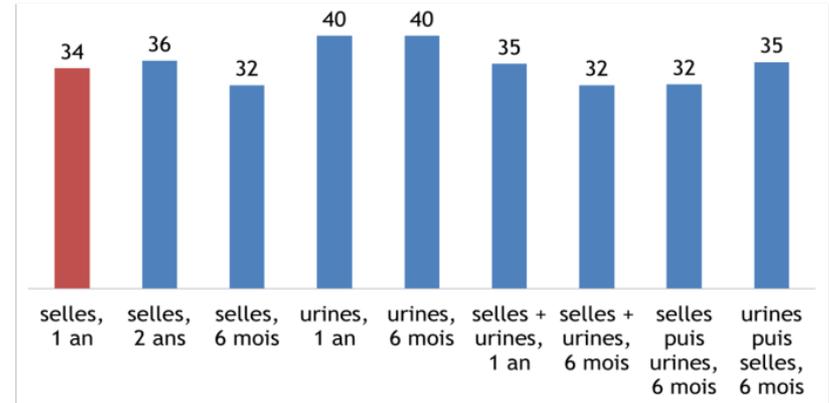
OPTIMISATION DES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE



Dose Minimale Détectable



DMD (μSv) pour plusieurs programmes



On peut étudier différents programmes de surveillance pour savoir s'ils garantissent une DMD inférieure à un seuil. Parmi les programmes donnant satisfaction on peut choisir le plus simple à mettre en œuvre, le moins coûteux.

CONCLUSION

Evaluations de dose

- Tous les cas possibles et imaginables sont traitables avec MIODOSE
- L'intégration des modèles mis à jour par la CIPR sera poursuivie

Optimisation des programmes de surveillance

- Réservé aux utilisateurs avertis mais permet de s'assurer qu'un programme de surveillance est suffisamment sensible

Acquisition de MIODOSE : david.broggio@irsn.fr