

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

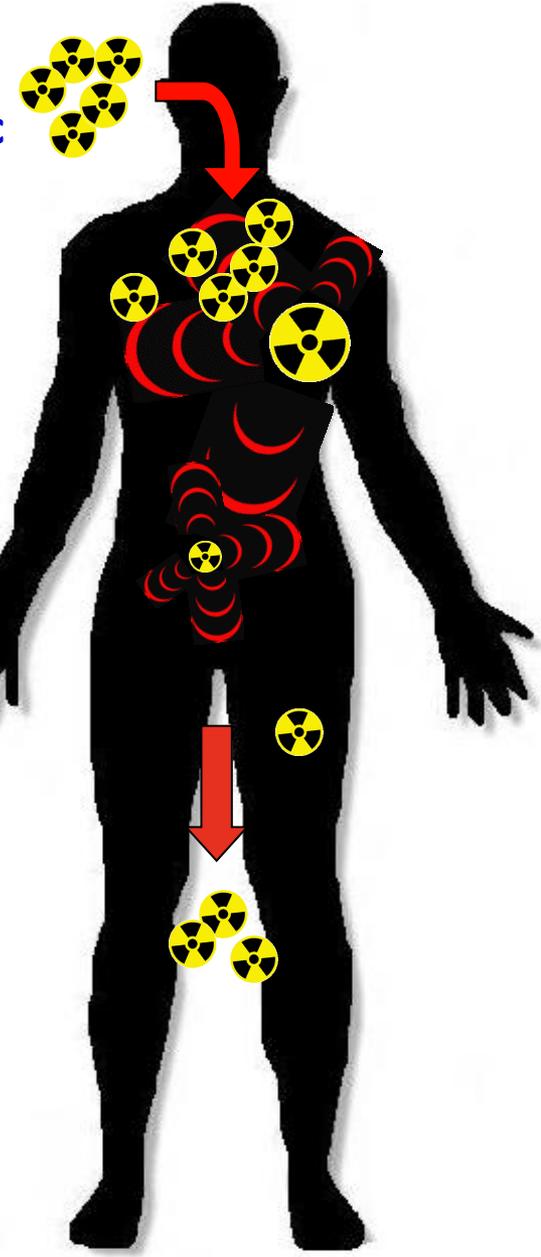
# EVOLUTION RECENTE DES MODELES DE DOSIMETRIE INTERNE

*Eric Blanchardon*

SFRP tutoriale T1 - Tours - 21 juin 2011

# Dosimétrie interne

mesure  
environnementale c



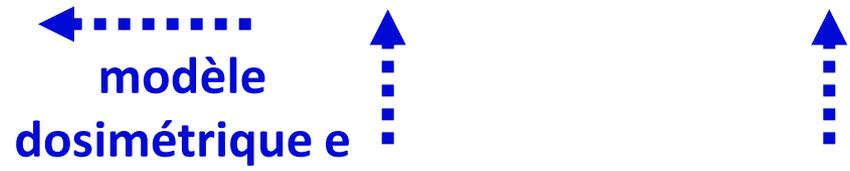
$$i = c \times b \times t$$

$i = m / M$  incorporation ← ..... ←



modèle  
biocinétique M

dépôt d'énergie ← ..... ← distribution tissulaire → ..... → élimination



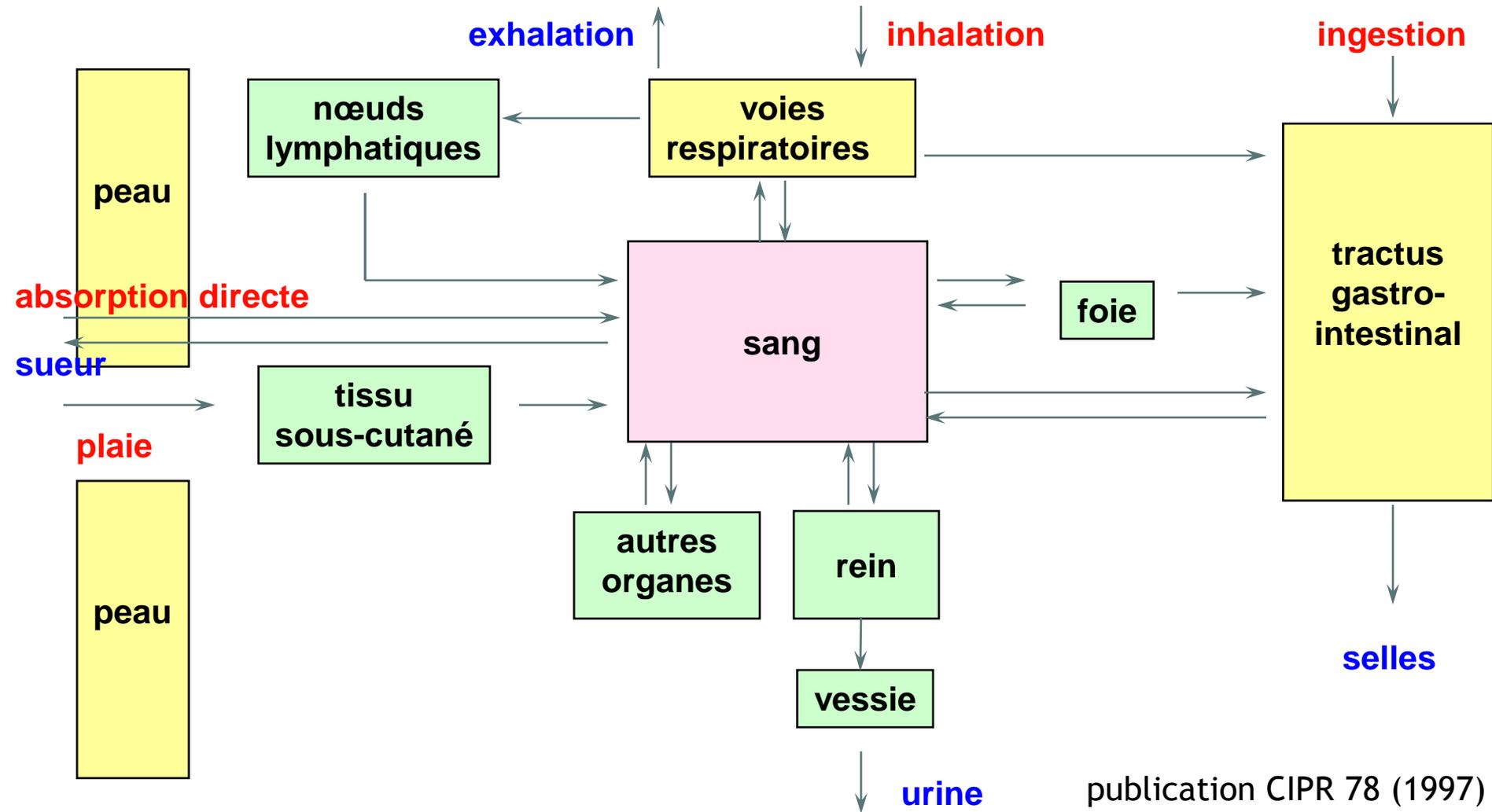
modèle  
dosimétrique e

dose  
 $d = i \times e$



mesure in vivo / in vitro m

# Modèles biocinétiques



**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Modèle alimentaire

# Le modèle précédent (CIPR 30, 1979)

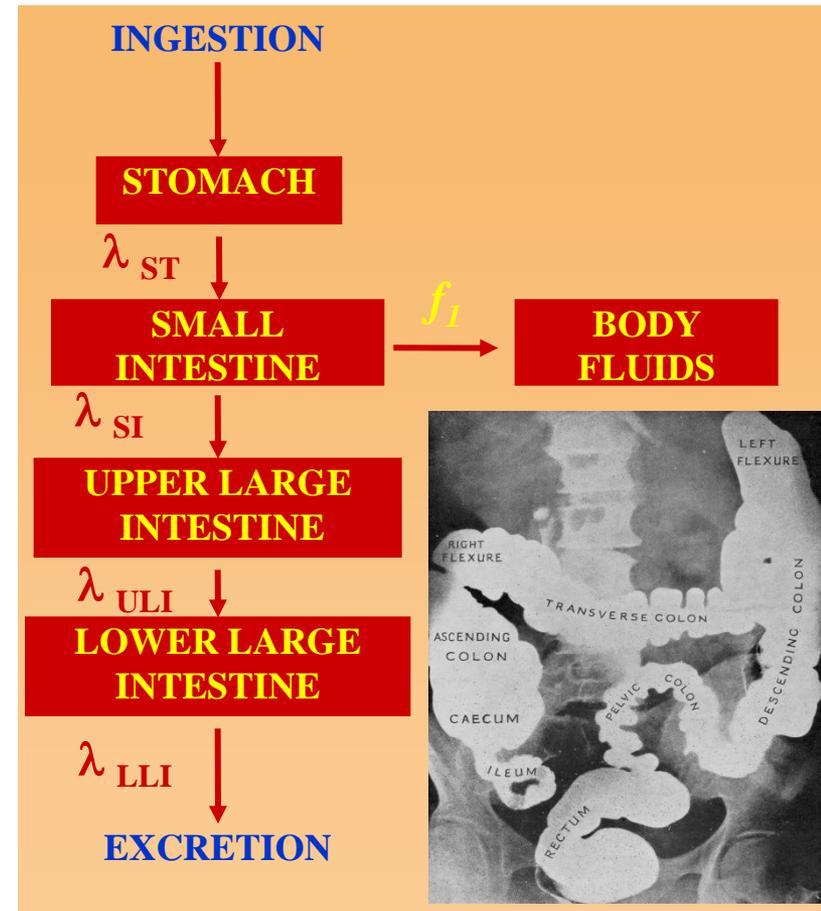
## Limites du modèle

compartiments et voies de transfert manquants :

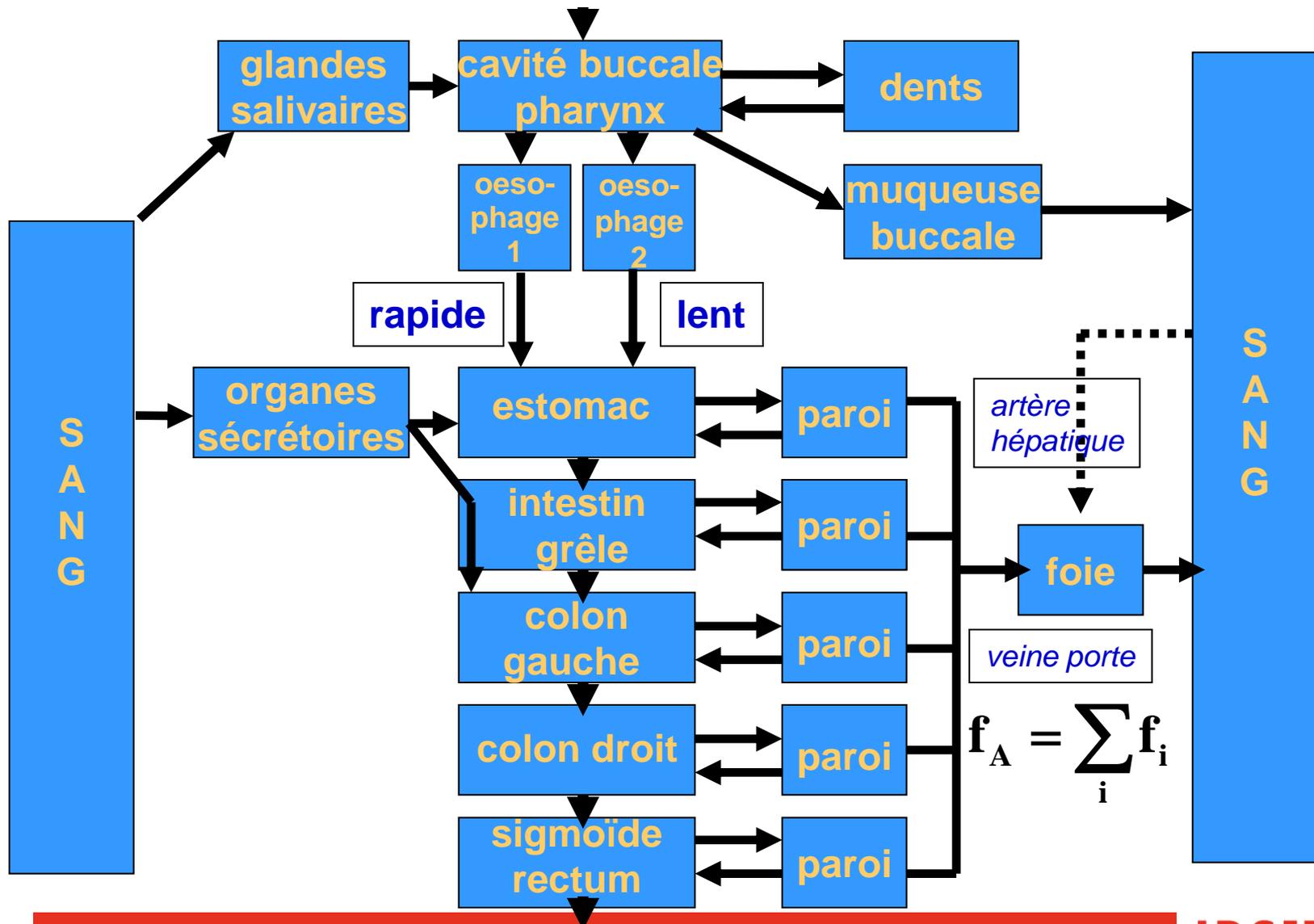
- absorption par la bouche, l'estomac
- rétention sur les dents, la paroi de l'intestin
- sécrétion à partir d'autres compartiments
- dose à l'œsophage et au colon ( $w_T$  dans la CIPR 60)

## Nouvelles données

sur les temps de transit, en fonction de l'âge  
sur la localisation des cellules radiosensibles



# Nouveau modèle alimentaire humain (CIPR 100, 2006)



# Temps de transit

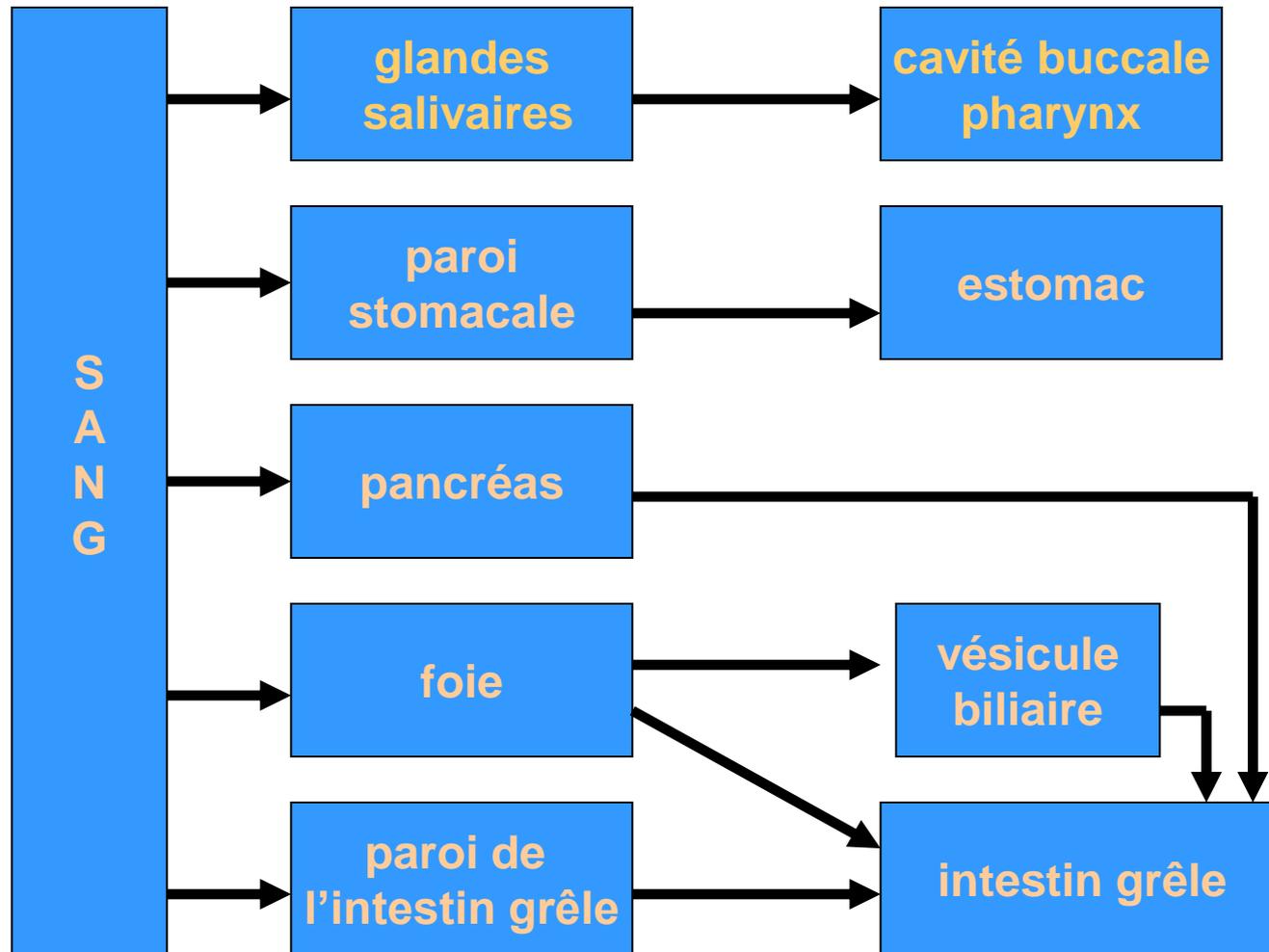
- dépendant de l'âge
- du sexe
- pour les solides, les liquides et l'ensemble

**adulte : ensemble**

bouche	œsophage			estomac	IG	CD	CG	RS
	rapide (90%)	lent (10%)						
12 s	7 s	40 s	<i>homme</i>	70 m	4 h	12 h	12 h	12 h
			<i>femme</i>	95 m	4 h	16 h	16 h	16 h

➤ absorption locale : 
$$\lambda_{i,sang} = \frac{f_i \lambda_{i,i+1}}{1 - \sum_1^i f_k}$$

## Voies de sécrétion

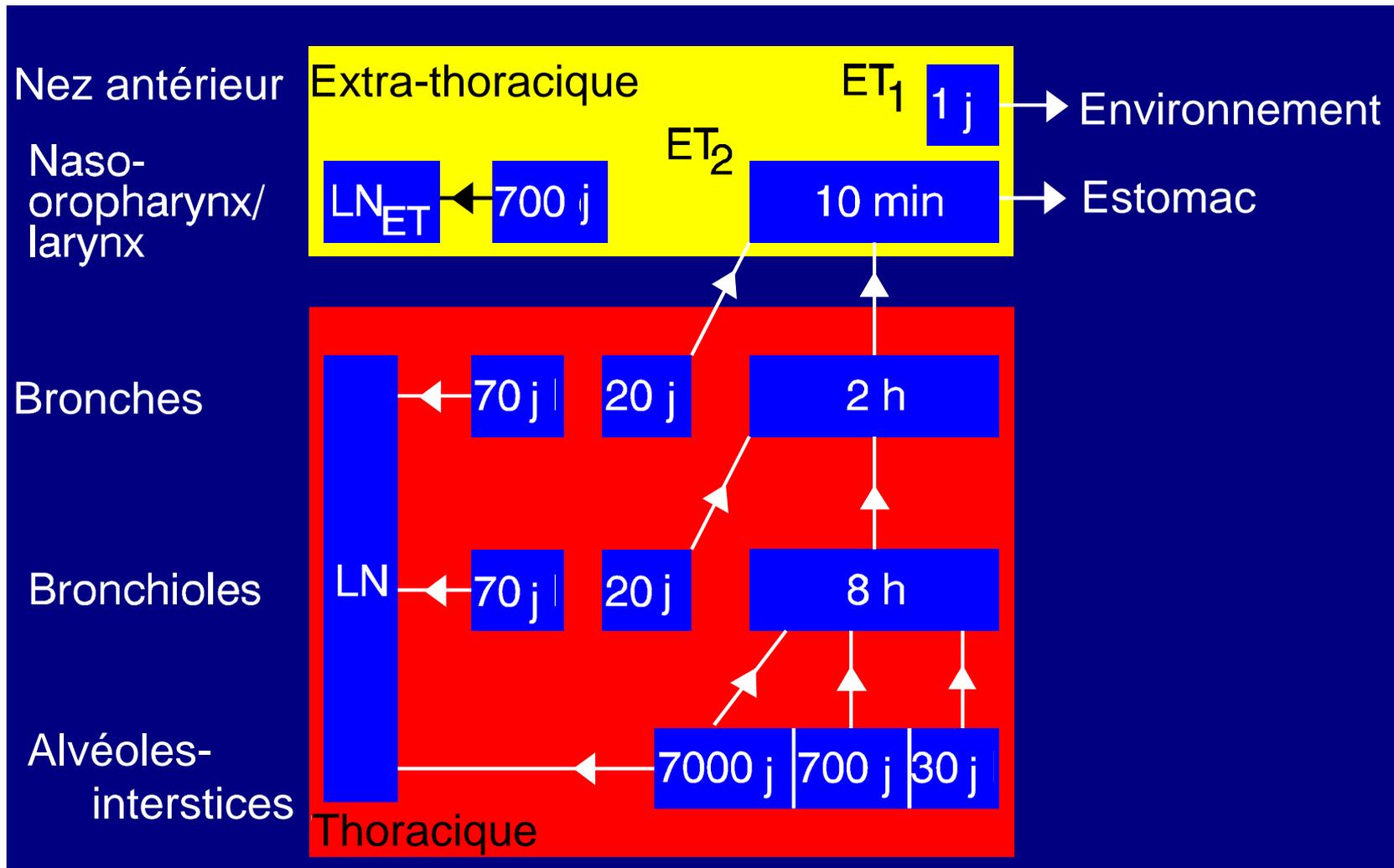


**IRSN**

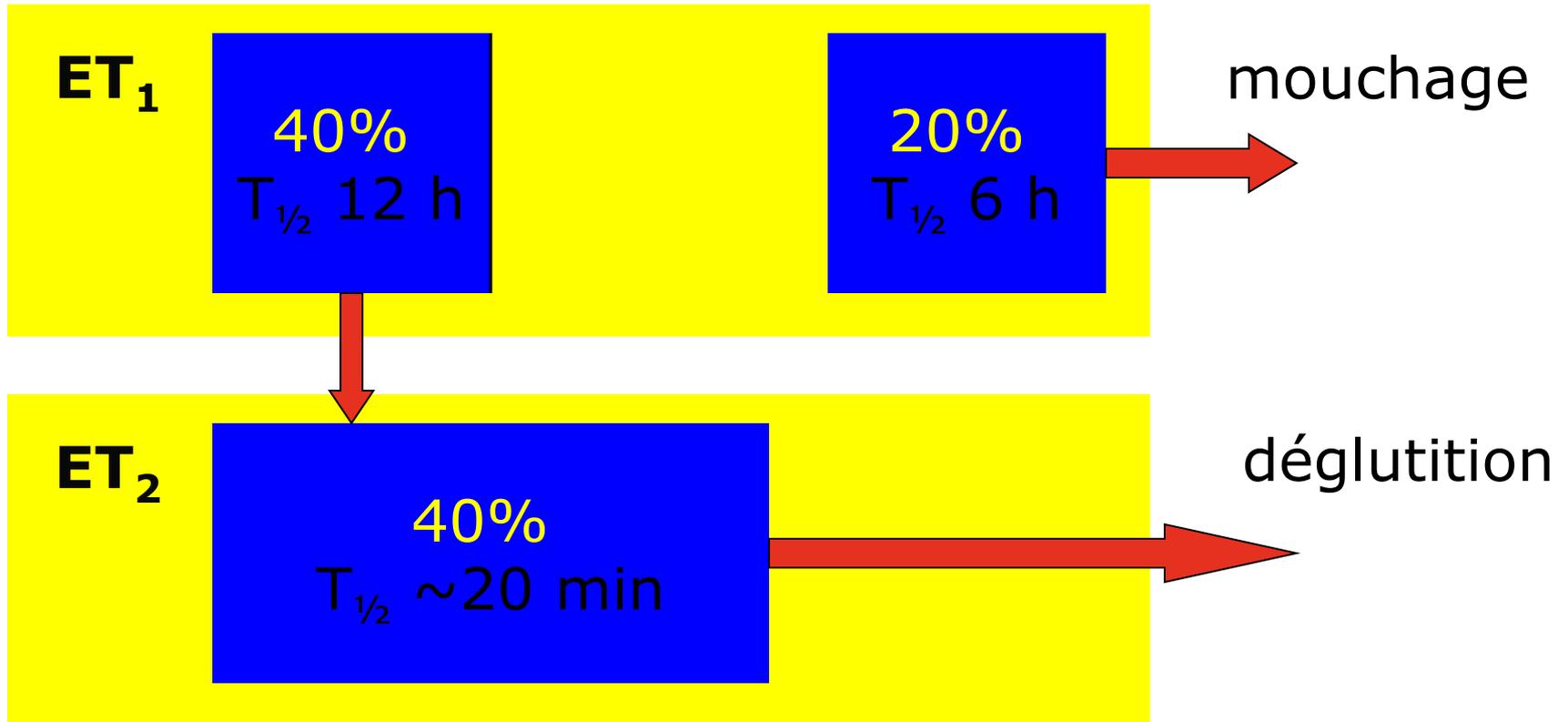
INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Modèle respiratoire

# Modèle respiratoire humain (publication CIPR 66, 1994)

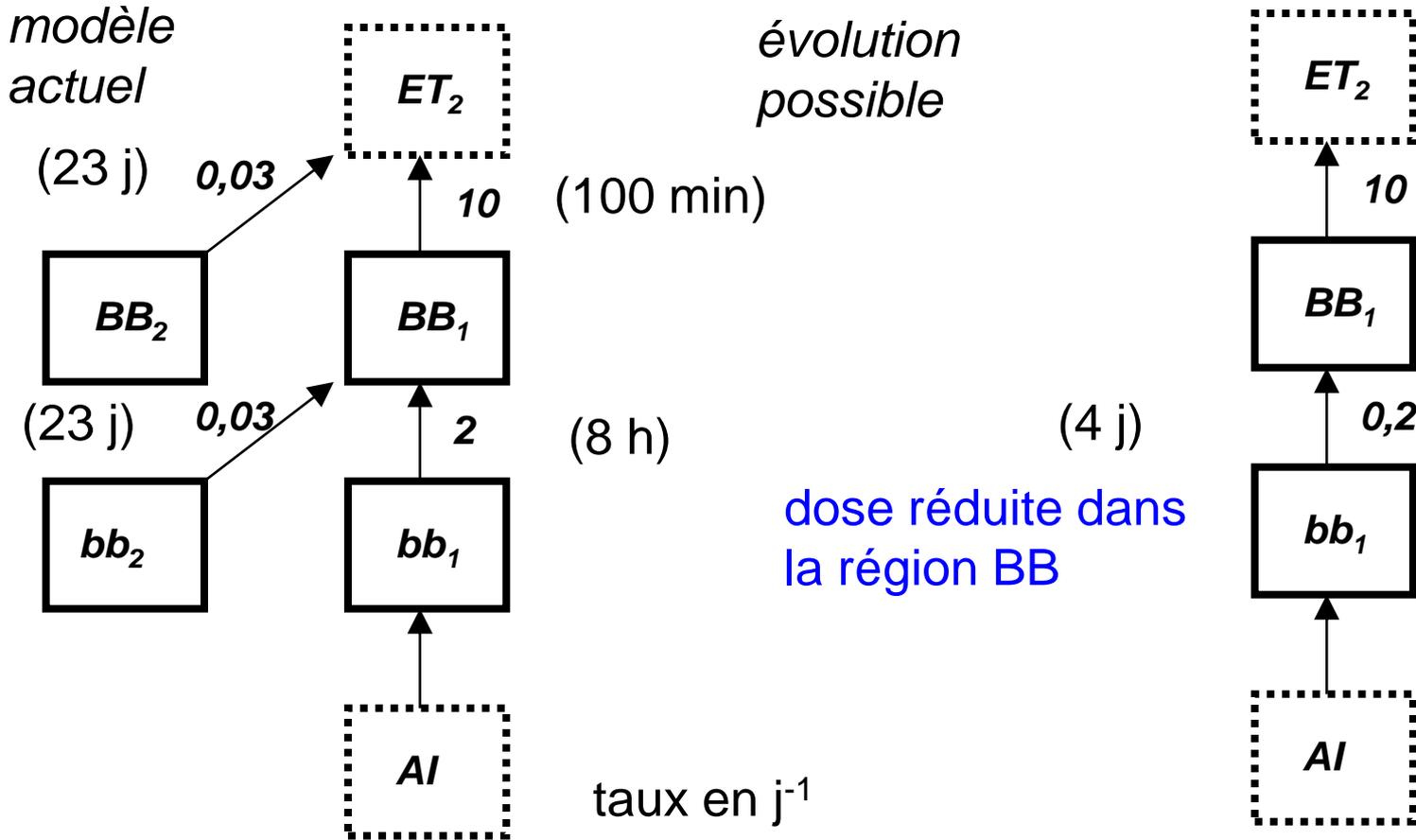


## Epuration du dépôt extra-thoracique



*JRH Smith & G Etherington, 2008*

# Epuration lente dans les bronches

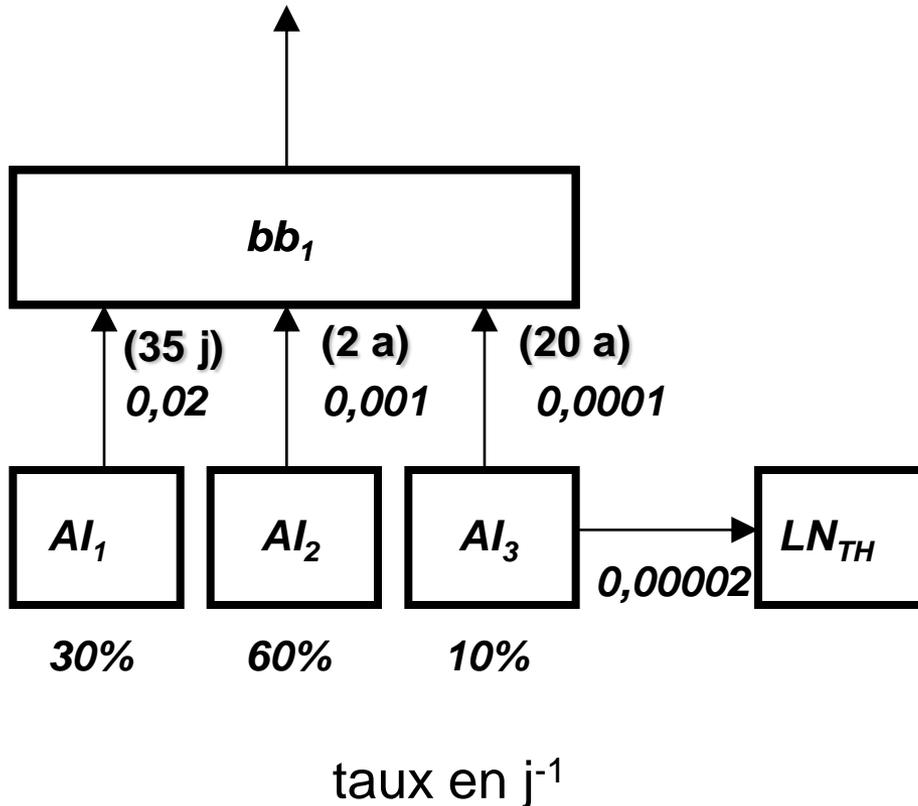


taux en  $j^{-1}$

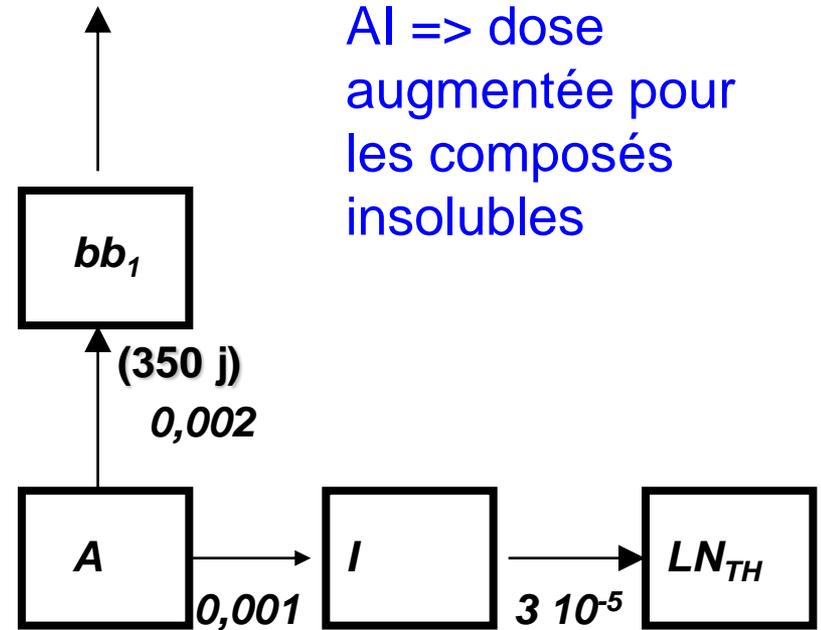
d'après Birchall et al. 2010

# Région alvéolaire-interstitielle

modèle  
actuel



évolution  
possible



Rétention  
prolongée dans  
AI => dose  
augmentée pour  
les composés  
insolubles

d'après Birchall et al. 2010

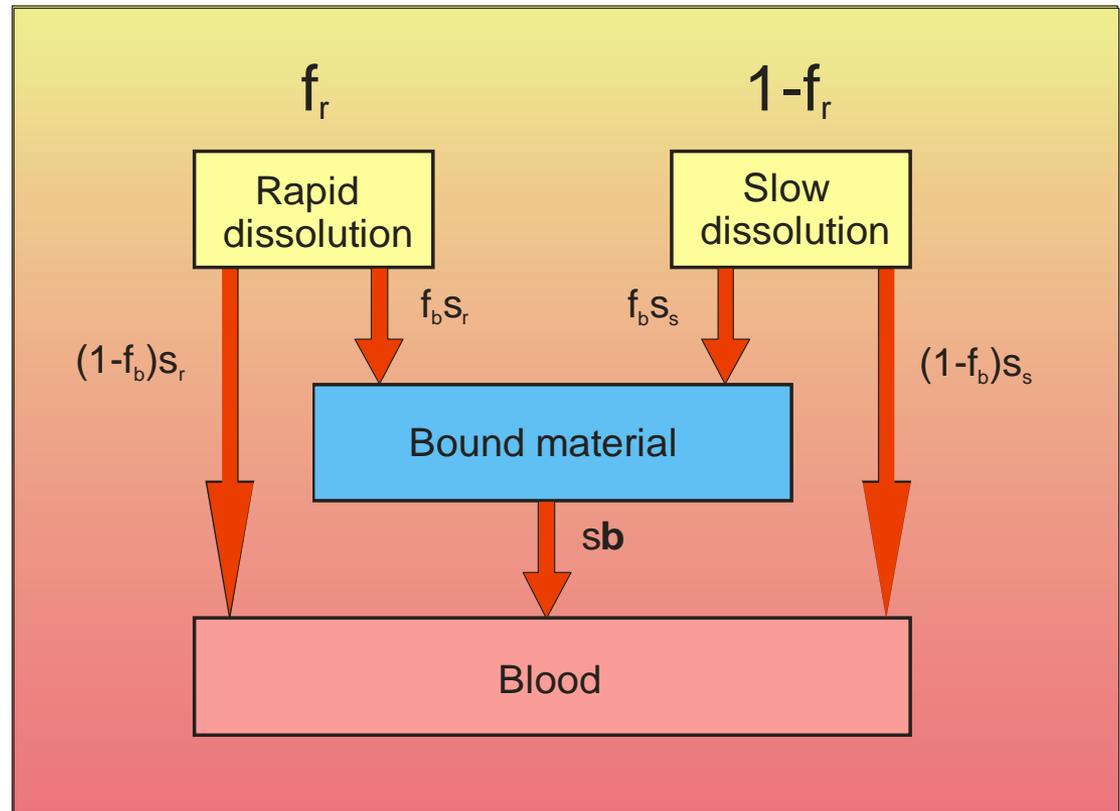
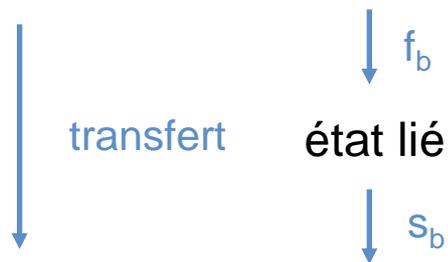
# Absorption vers le sang

CIPR 66 (1994)

composés particuliers



composés dissociés



$f_b$  et  $s_b$  indépendants du composé et identiques dans toutes régions

## Paramètres de dissolution

Type		F(fast)	M (moderate)	S (slow)
fraction rapidement dissoute	$f_r$	1	0,1	0,001
taux de dissolution :				
rapide ( $j^{-1}$ )	$s_r$	100	100	100
lente ( $j^{-1}$ )	$s_s$	-	0,005	0,0001

Stradling et al. 2003

<b>particules uranifères inhalées</b>	<b>paramètres d'absorption</b>		
	$f_r$	$s_r$ ( $j^{-1}$ )	$s_s$ ( $j^{-1}$ )
<b>valeurs spécifiques</b>			
Tri-Butyl-Phosphate (U-TBP) (F)	0,97	12	0,002
nitrate $UO_2(NO_3)_2$ (F)	0,9	3	0,005
hydrate de peroxyde $UO_4$ (F)	0,9	0,9	0,02
Ammonium ADU (F)	0,8	0,7	0,020
trioxyde $UO_3$ (M)	0,8	1	0,01
tetrafluorure $UF_4$ (M)	0,6	0,15	0,005
octoxyde $U_3O_8$ (S)	0,04	1	0,0006
dioxyde $UO_2$ (S)	0,015	1	0,0005

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Modèle de plaie contaminée

# Rapport NCRP 156 (2006)

Eléments pour lesquelles des données sont disponibles

1 H															1 H	2 He	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110	111	112		114		116		118

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Expérimentation animale (rats, hamsters, lapins, chiens, cochons)

## Caractéristiques du modèle plaie

- structure du modèle NCRP en (au plus) 7 compartiments pour prédire la biocinétique des substances radioactives solubles et non solubles suivant leur spéciation
- spécifique à la forme physico-chimique du composé : soluble, colloïde, particulaire, fragment
- Un composé soluble peut devenir insoluble par hydrolyse et réciproquement.
- transfert depuis la plaie vers le sang (composés soluble) et les ganglions lymphatiques (particules)
- 4 classes de rétention pour les composés solubles : faible, modérée, forte et avide suivant la cinétique de rétention à 1, 16, et 64 jours

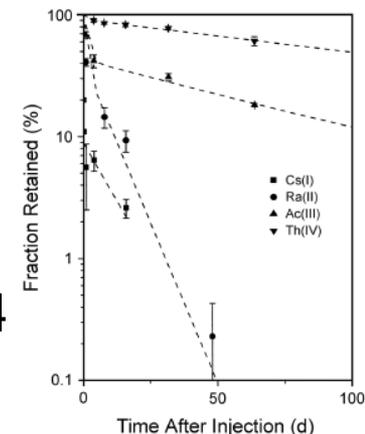
## Composés solubles

- composés initialement en solution aqueuse
- données animales d'injection i.m. de solutions (<5 µg) de 54 radionucléides
- Hydrolyse et complexation déterminent la constante de solubilité et la cinétique de rétention dans la plaie par formation de précipités  $M(OH)_n$  ou  $ML_n$  :  $Mn^+ + nOH^- \rightarrow M(OH)_n$   $K_s = [Mn^+] \times [OH^-]_n$
- critères importants : concentration, solubilité, pH 7.4, présence de ligands biologiques ( $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ...)
- En général (pH neutre, faible concentration de solutés), la tendance à l'hydrolyse augmente avec la valence :

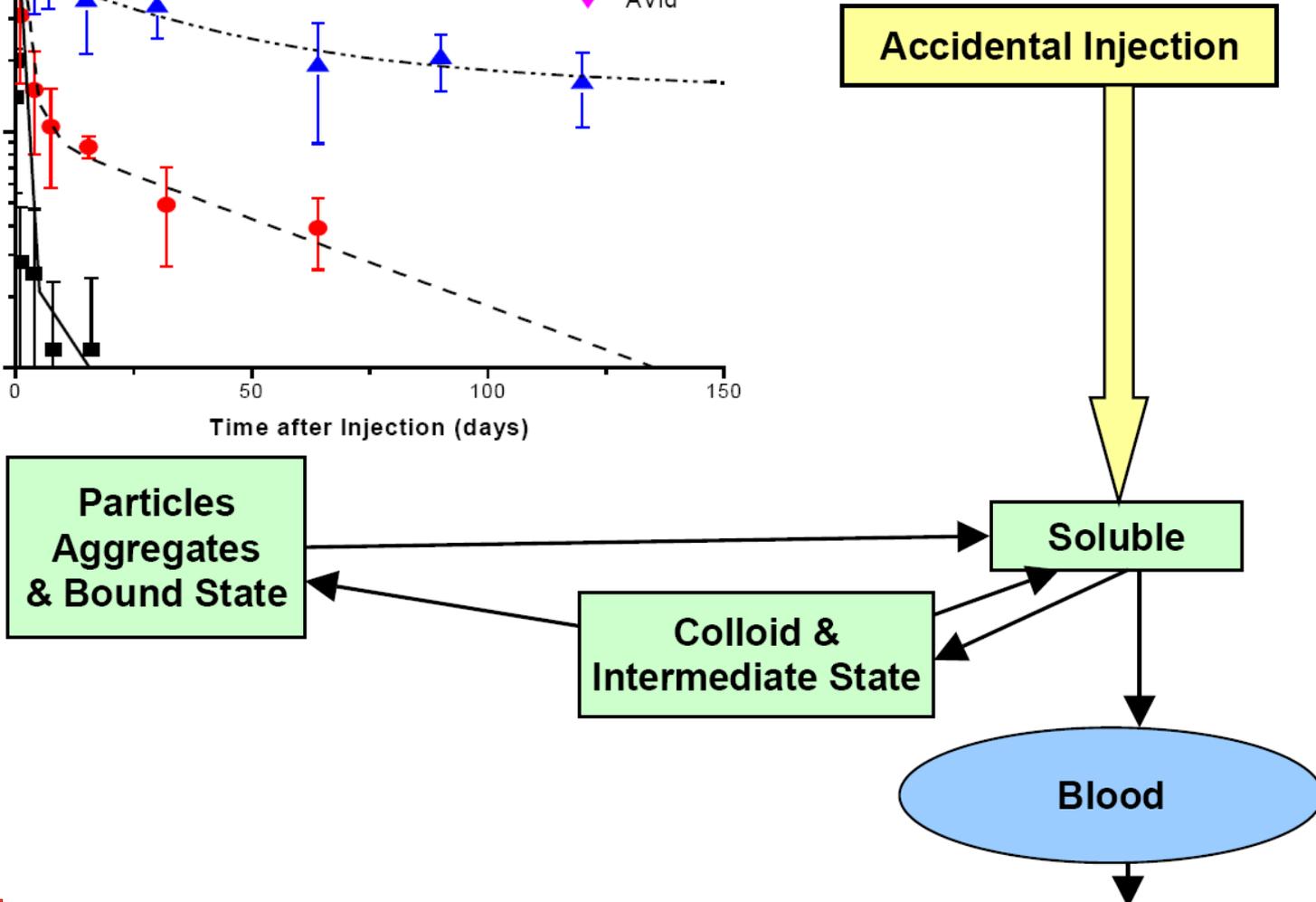
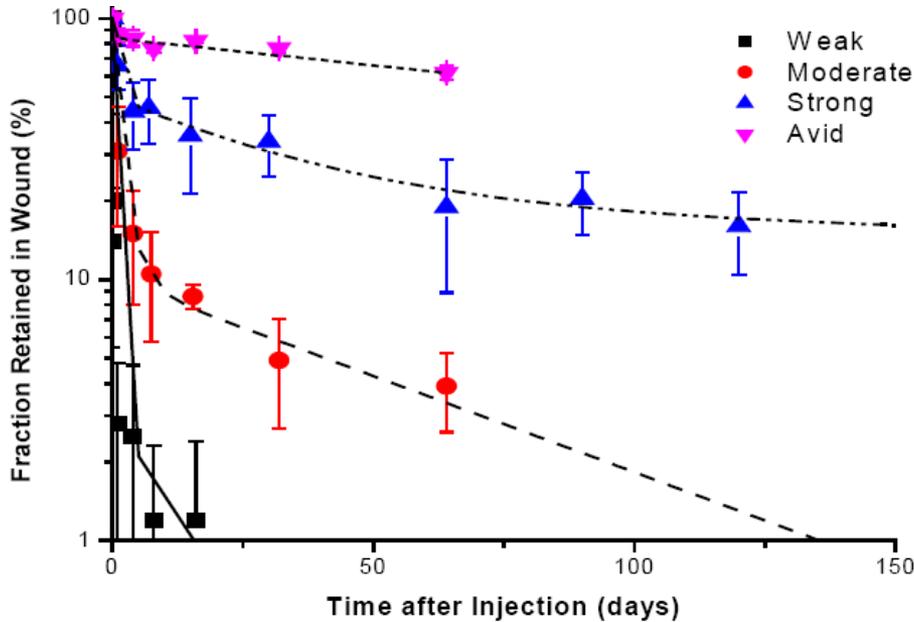
$$1^- < 1^+ < 2^+ < 3^+ < 4^+$$

$$\text{Log } K_s: CsOH < Ra(OH)_2 < Ac(OH)_3 < Th(OH)_4$$

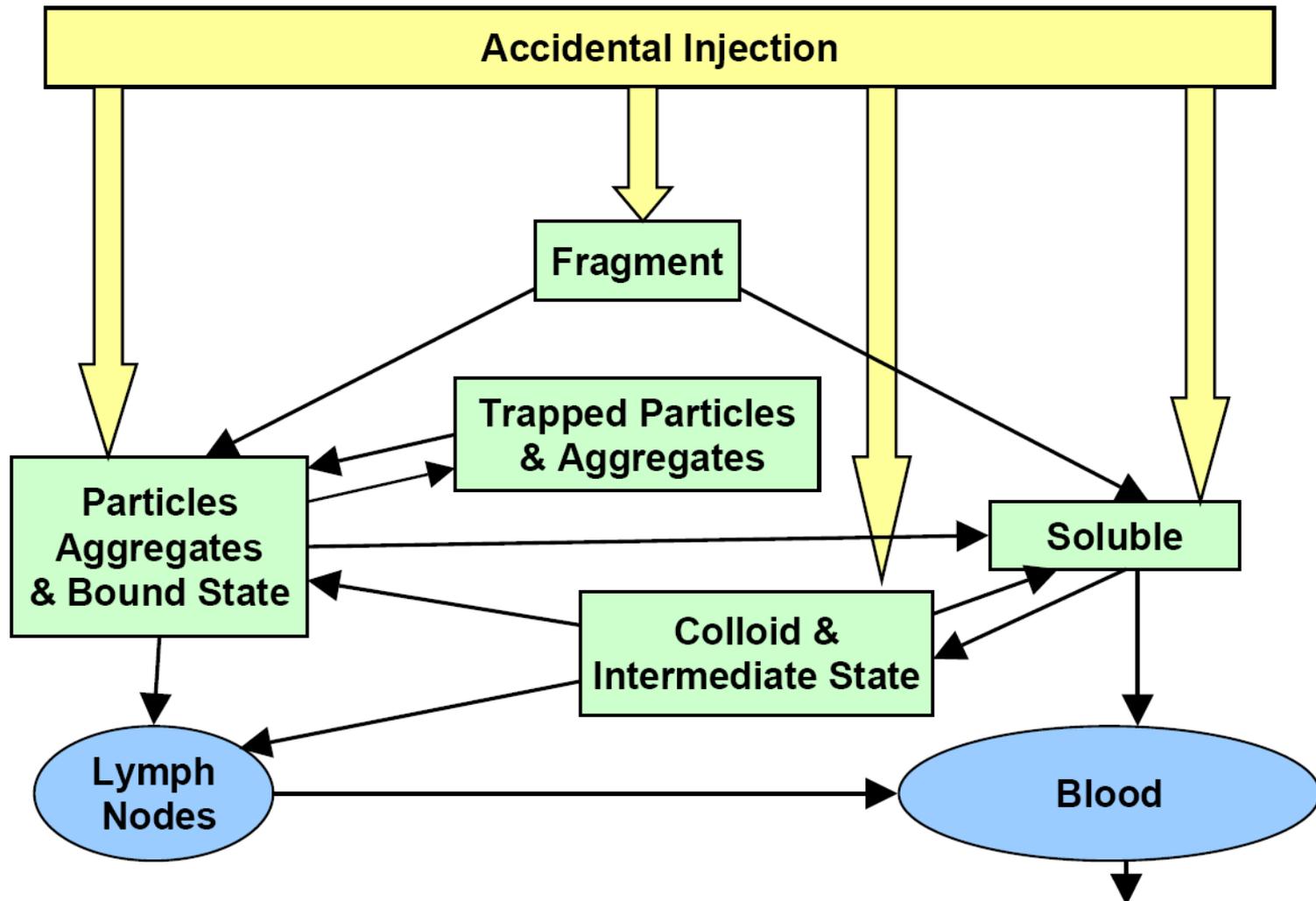
- approximation de la rétention par  $R(t) = \sum A_i e^{-\lambda_i t}$  avec  $A_i = \% \text{ rétention}$ ,  $\lambda_i = \text{vitesse d'épuration du compartiment } i$



# Composés solubles



# Modèle biocinétique générique pour les plaies contaminées



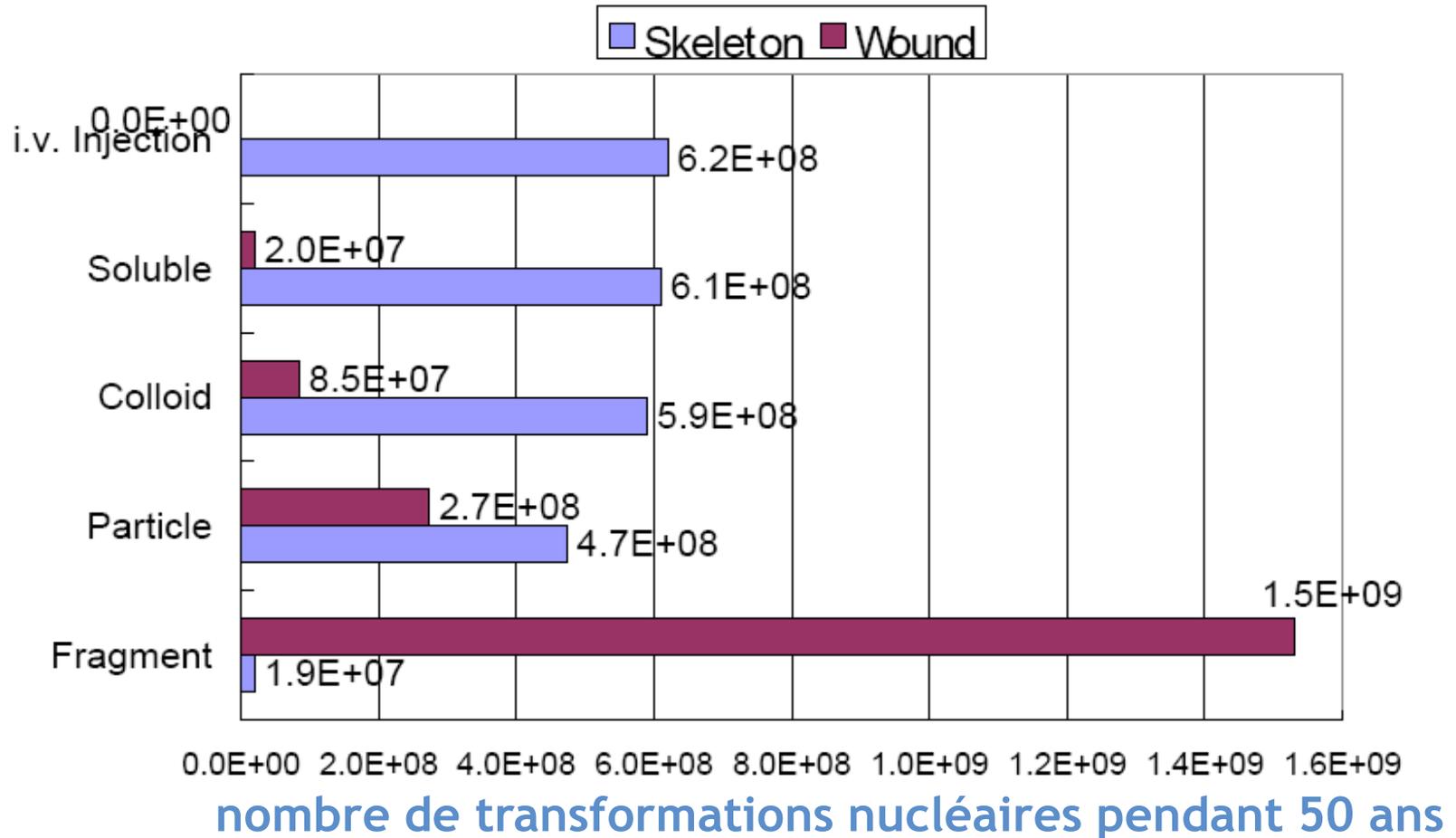
## Paramètres du modèle par défaut

transfert	coefficient de transfert ( $j^{-1}$ )						
	radionucléides en solution à rétention				colloïdes (injection dans <u>CIS</u> )	particules (injection dans <u>PABS</u> )	fragments (injection dans <u>fragment</u> )
	faible	modérée	forte	avide			
<u>Soluble</u> → <u>Blood</u>	45	45	0,67	7,0	0,5	100	-
<u>Soluble</u> → <u>CIS</u>	20	30	0,6	30	2,5	-	-
<u>CIS</u> → <u>Soluble</u>	2,8	0,4	$2,4 \times 10^{-2}$	0,03	$2,5 \times 10^{-2}$	-	-
<u>CIS</u> → <u>PABS</u>	0,25	$6,5 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$	10	$5 \times 10^{-2}$	-	-
<u>CIS</u> → <u>Lymph Nodes</u>	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-3}$	-	-
<u>PABS</u> → <u>Soluble</u>	$8 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,005	$1,5 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-4}$	0.0
<u>PABS</u> → <u>Lymph Nodes</u>	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-4}$	$3,6 \times 10^{-3}$	0,004
<u>PABS</u> → <u>TPA</u>	-	-	-	-	-	$4 \times 10^{-2}$	0,7
<u>TPA</u> → <u>PABS</u>	-	-	-	-	-	$3,6 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-4}$
<u>Lymph Nodes</u> → <u>Blood</u>	-	-	-	-	$3 \times 10^{-2}$	$6 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-2}$
<u>Fragment</u> → <u>Soluble</u>	-	-	-	-	-	-	-
<u>Fragment</u> → <u>PABS</u>	-	-	-	-	-	-	$8 \times 10^{-3}$

## Rétention dans la plaie

- faible : 0,3 h (55%) ; 2,8 h (40%) ; 7 j (5%)
- modérée : 0,3 h (55%) ; 1,4 j (35%) ; 35 j (10%)
- forte : 17 h (50%) ; 23 j (30%) ; 1,9 a (20%)
- avide : 8,3 h (15%) ; 1,9 a (85%)
- colloïdes : 5,5 h (15%) ; 13 j (8%) ; 2,7 a (77%)
- particules : 14 j (5%) ; 4,7 a (95%)
- fragments : 77 j (0,5%) ; 290 a (99,5%)

# Dosimétrie systémique du plutonium



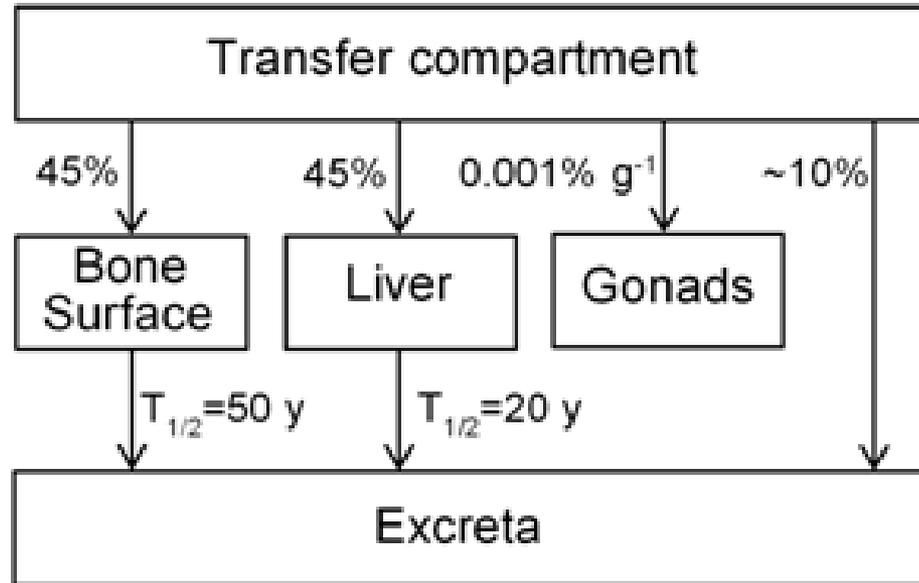
Le coefficient de dose pour l'injection constitue une bonne approximation, excepté pour les fragments.

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

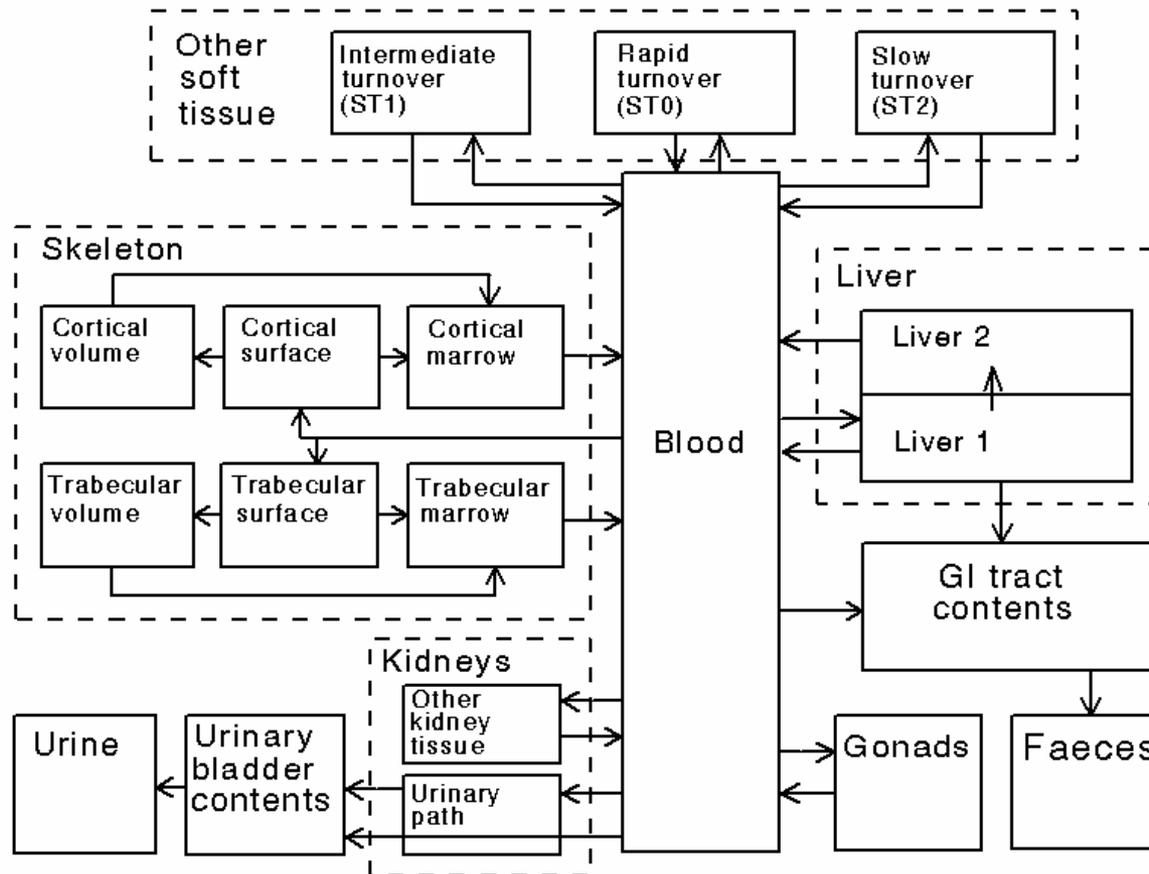
# Modèles systémiques

## Modèle unidirectionnel



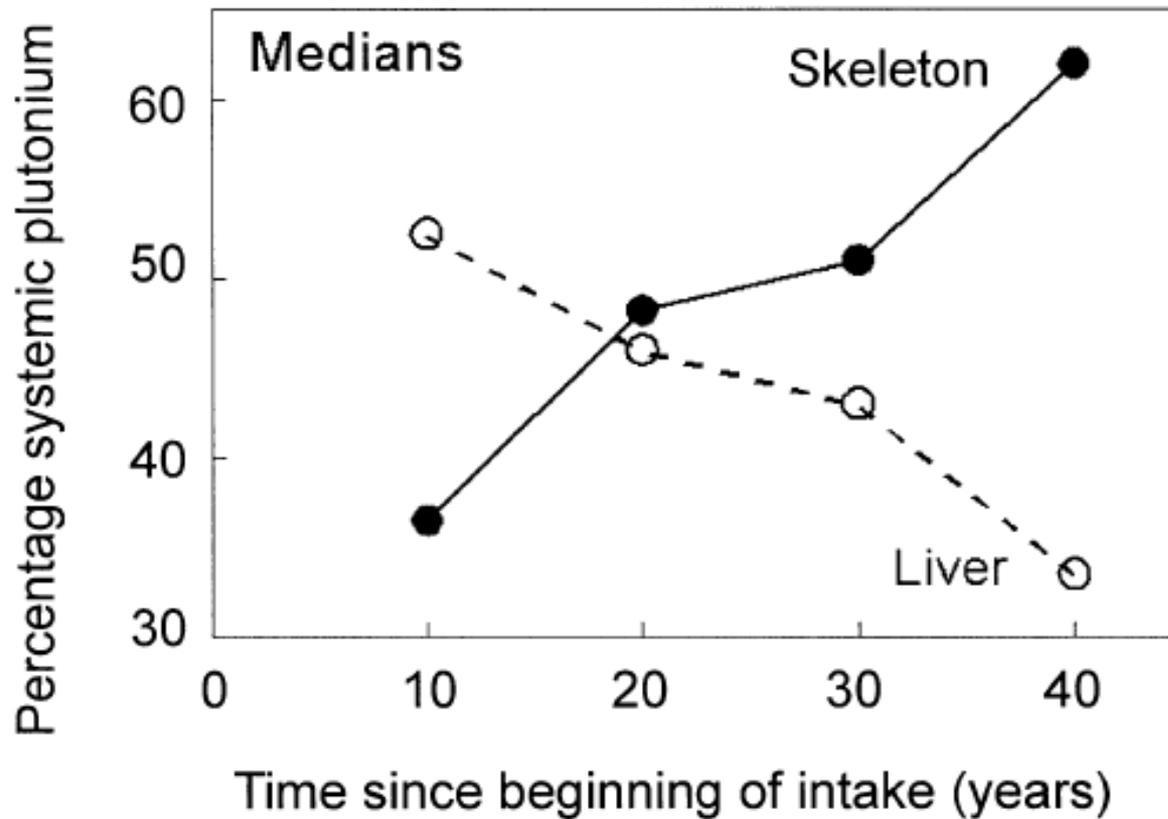
Modèle systémique des plutonium, américium et curium recommandé par la publication CIPR 30 (1988)

# Modèle recyclant



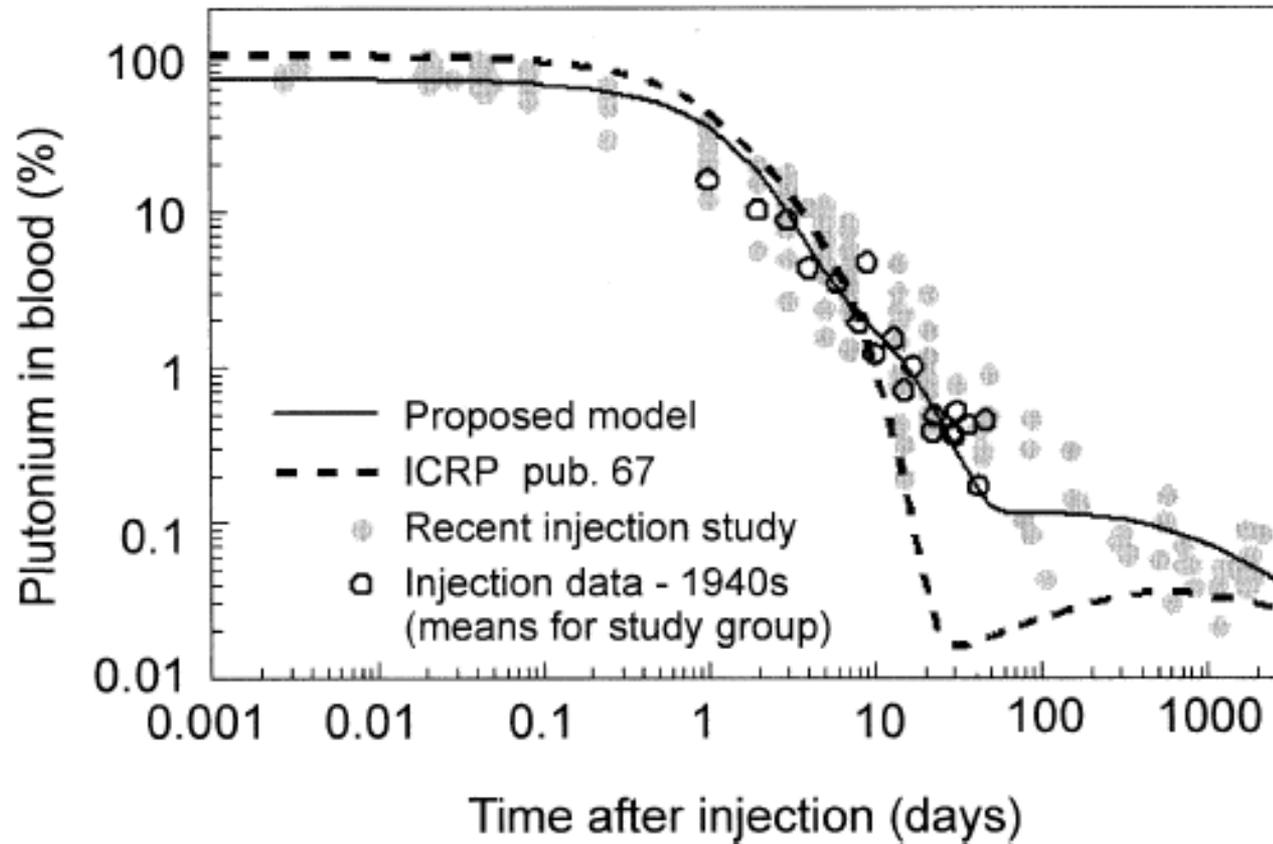
Structure du modèle appliqué par la publication CIPR 72 (1996) aux thorium, neptunium, plutonium, américium et curium

## Biocinétique du plutonium



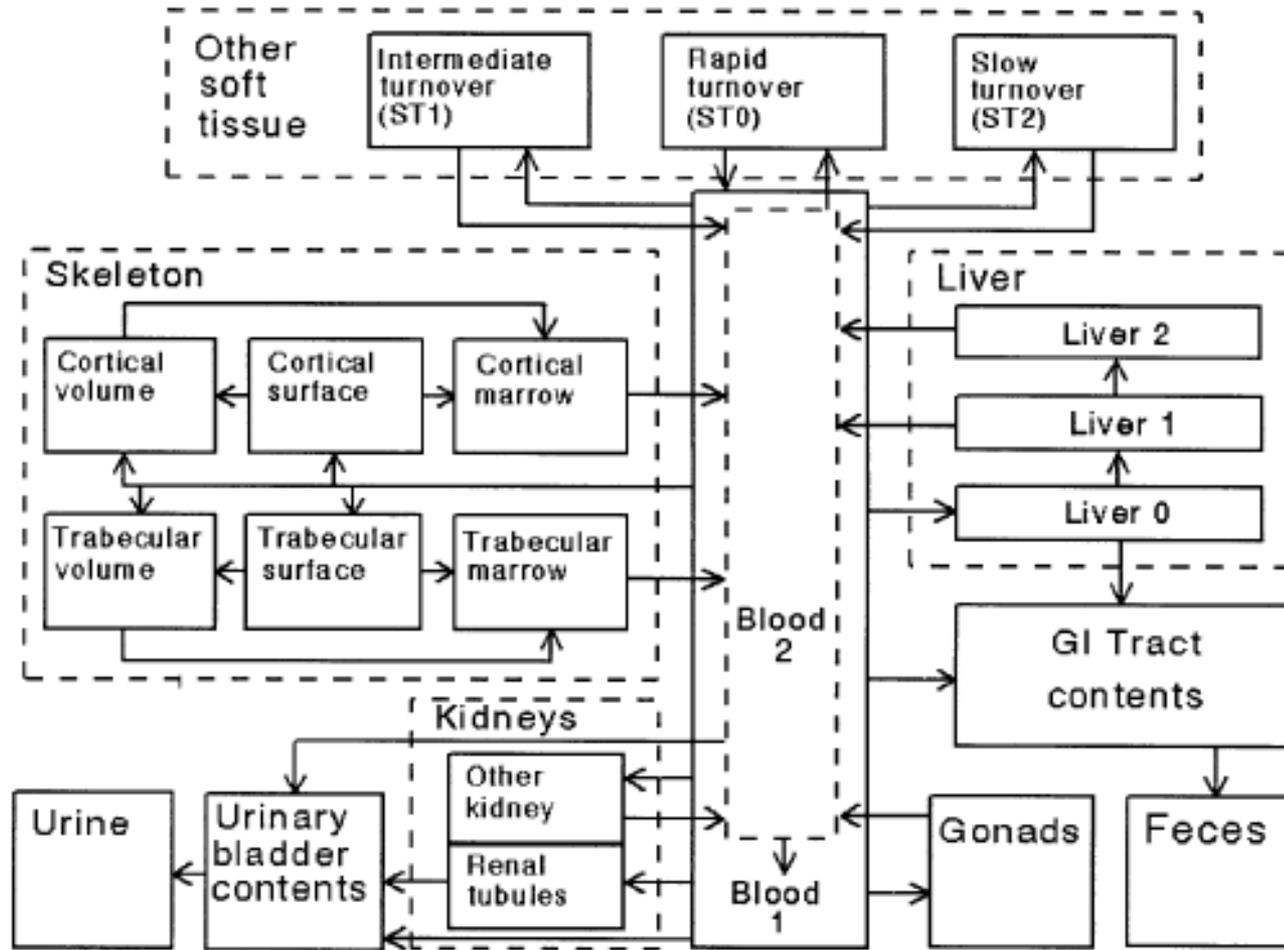
■ Leggett et al. 2005

# Biocinétique du plutonium



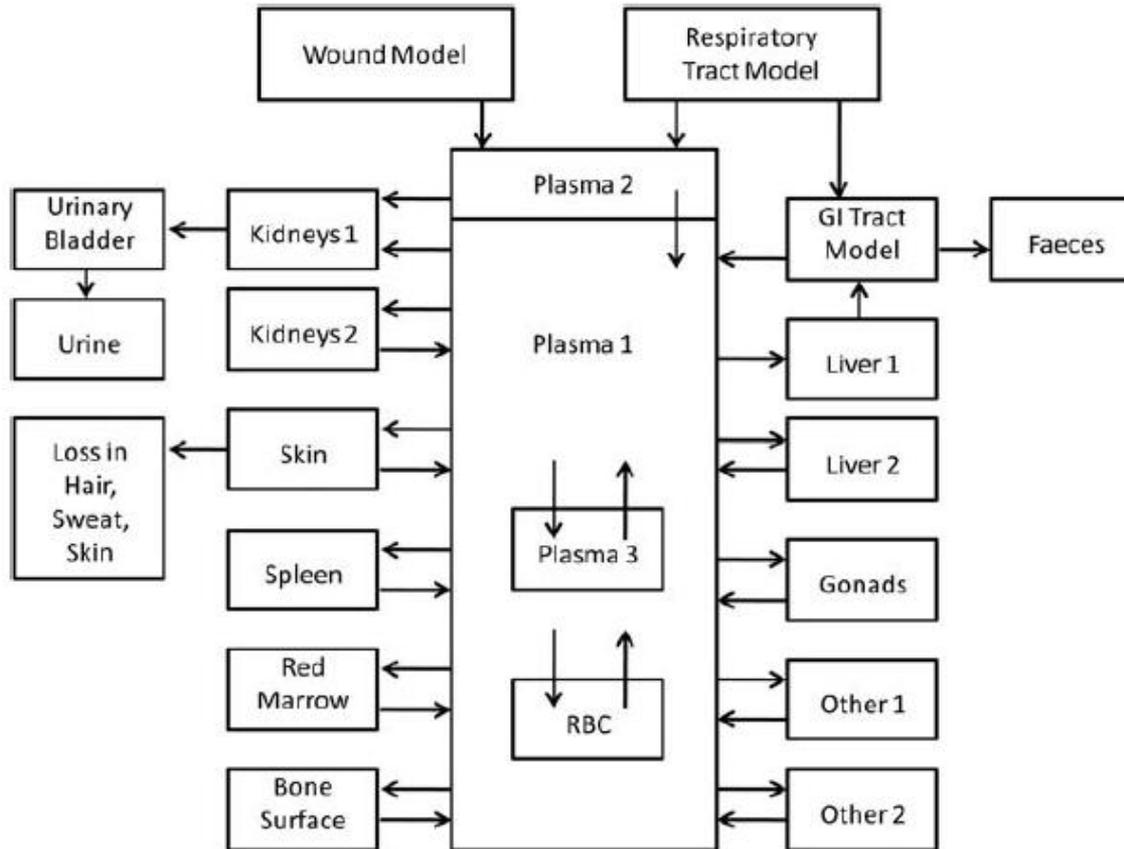
■ Leggett et al. 2005

# Biocinétique du plutonium



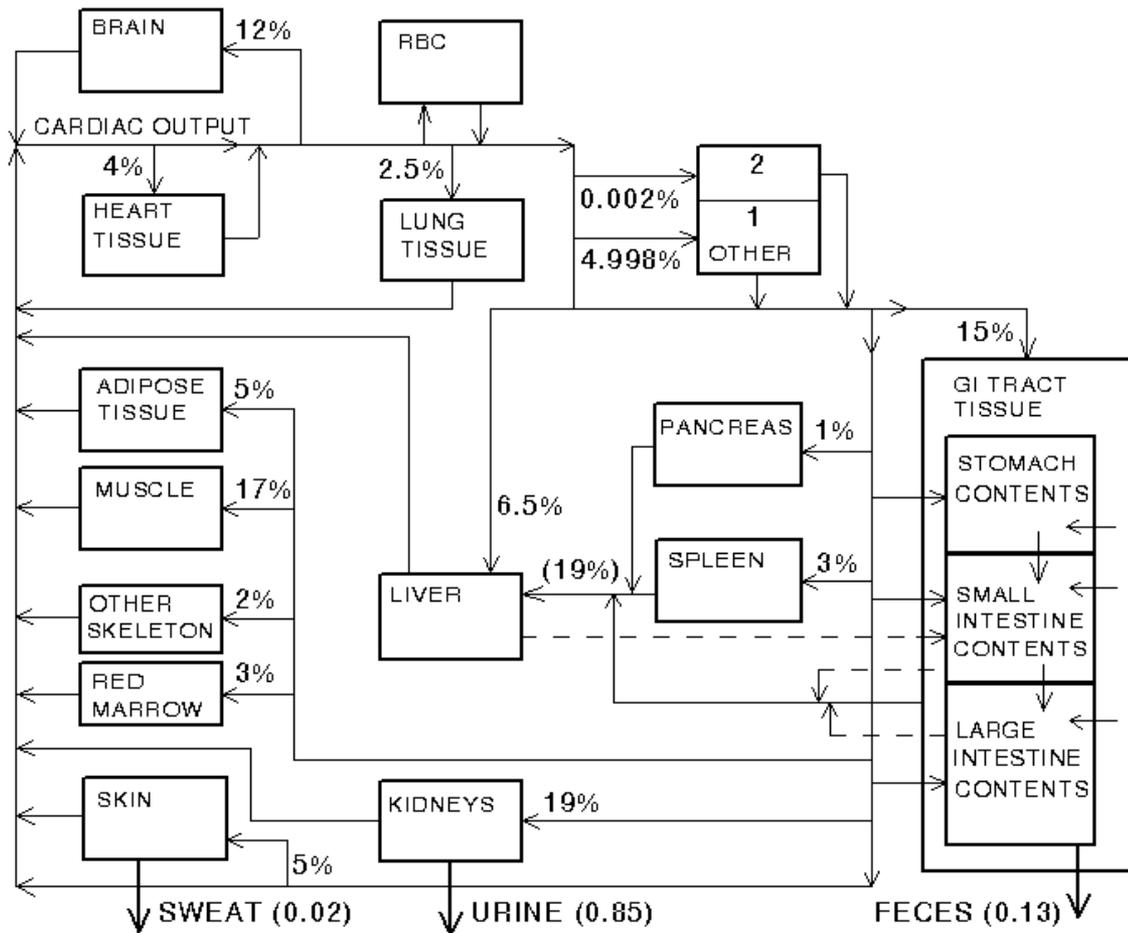
■ Leggett et al. 2005

# Biocinétique du polonium



■ Leggett and Eckerman 2001

# Biocinétique du césium

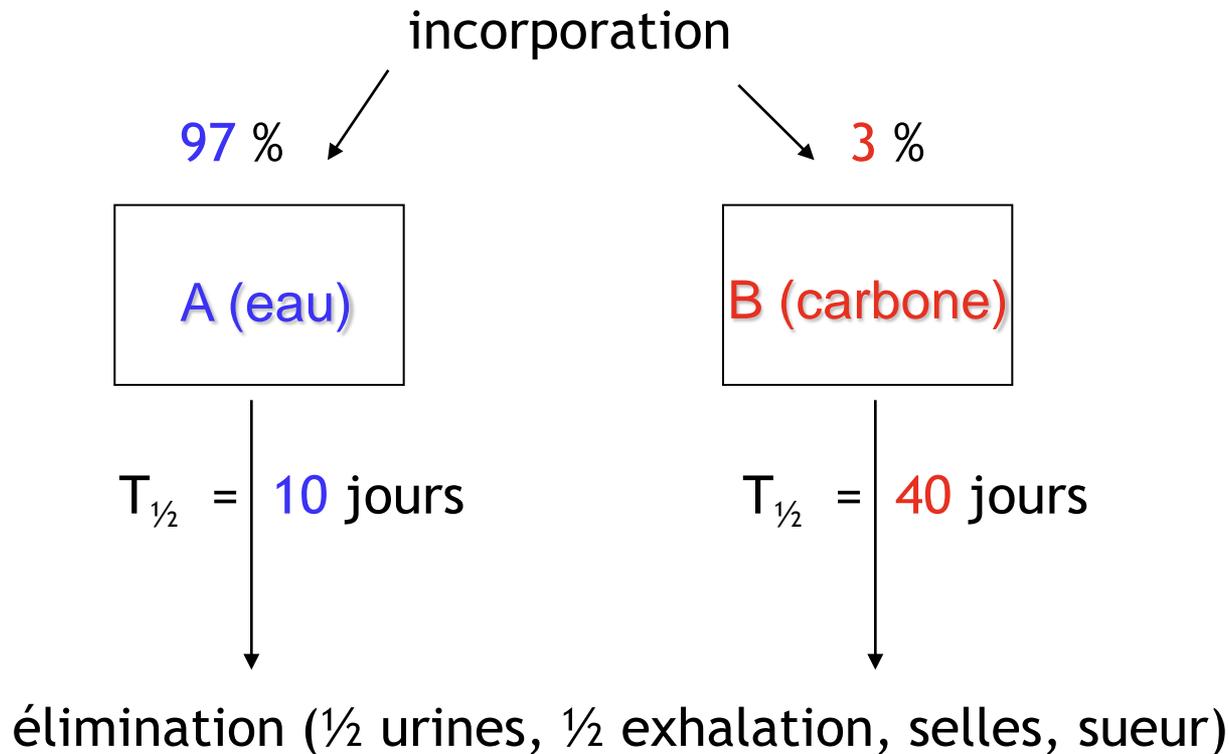


■ Leggett et al. 2003

# Biocinétique de l'eau tritiée

- Publication CIPR 56 (1989) - adulte

corps entier = A + B

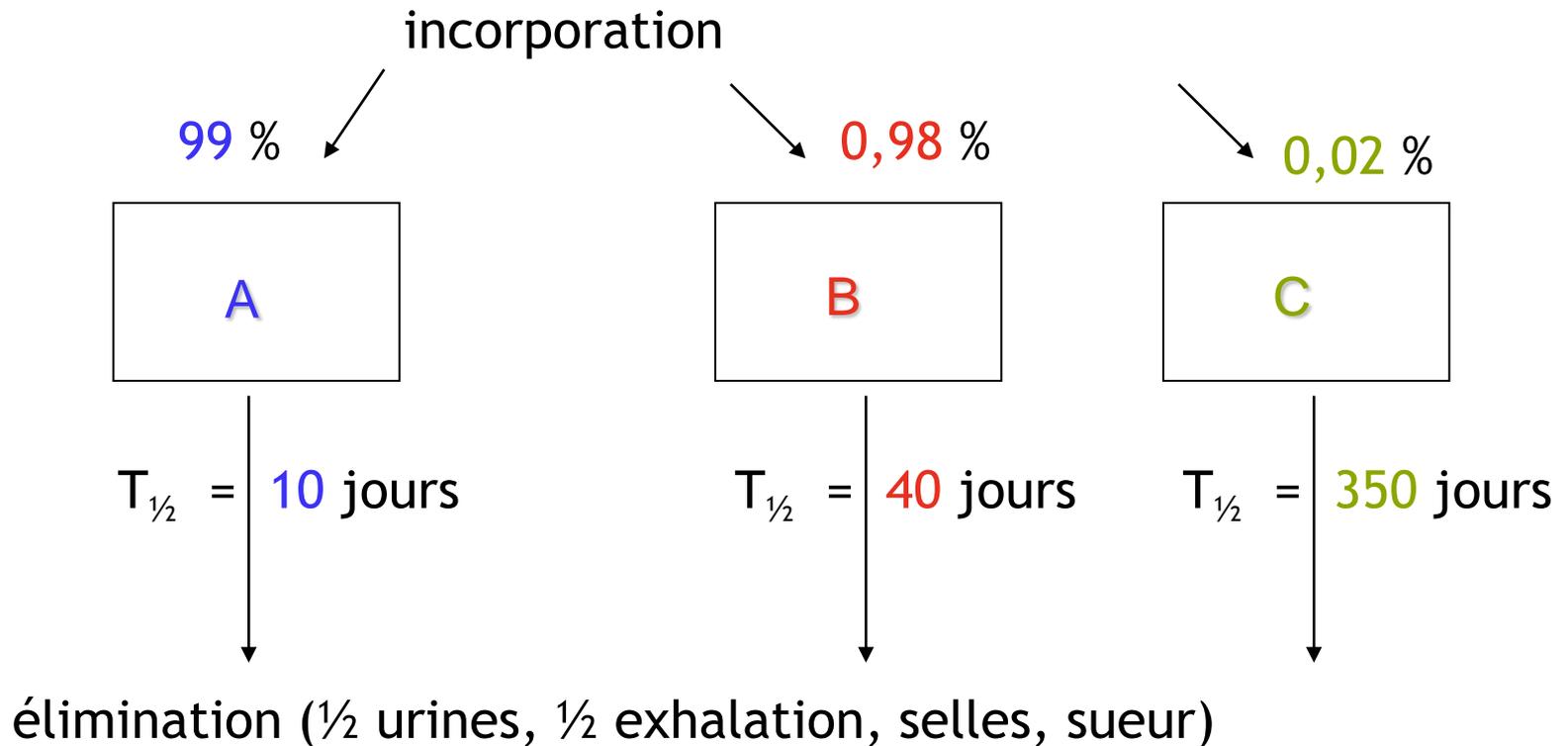


coefficient de dose  $e(50) = 1,8 \cdot 10^{-11}$  Sv / Bq

# Biocinétique de l'eau tritiée

■ Taylor 2003 - adulte

corps entier = A + B + C



coefficient de dose  $e(50) = 1,7 \cdot 10^{-11} \text{ Sv / Bq}$

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

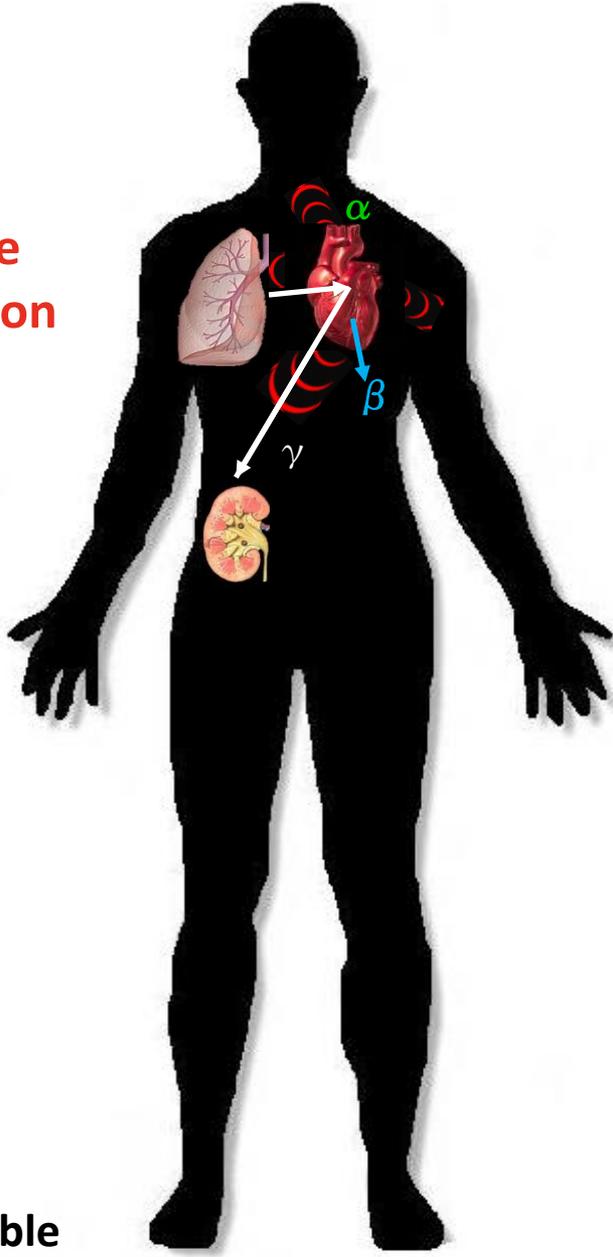
# Modèles dosimétriques

# Dose absorbée

$$\overline{D}_{r_T} = \sum_{r_s} \tilde{A}_{r_s} \times \sum_i Y_i E_i \text{SAF}_{(r_T \leftarrow r_s)}$$

biocinétique (pointing to  $\tilde{A}_{r_s}$ )
 spectre d'émission (pointing to  $Y_i E_i$ )
 géométrie (pointing to  $\text{SAF}_{(r_T \leftarrow r_s)}$ )

$$\text{SAF}(r_T \leftarrow r_s) = \frac{E_{r_T} / E_{r_s}}{M_{r_T}}$$



$\tilde{A}$ : Activité cumulée au cours du temps

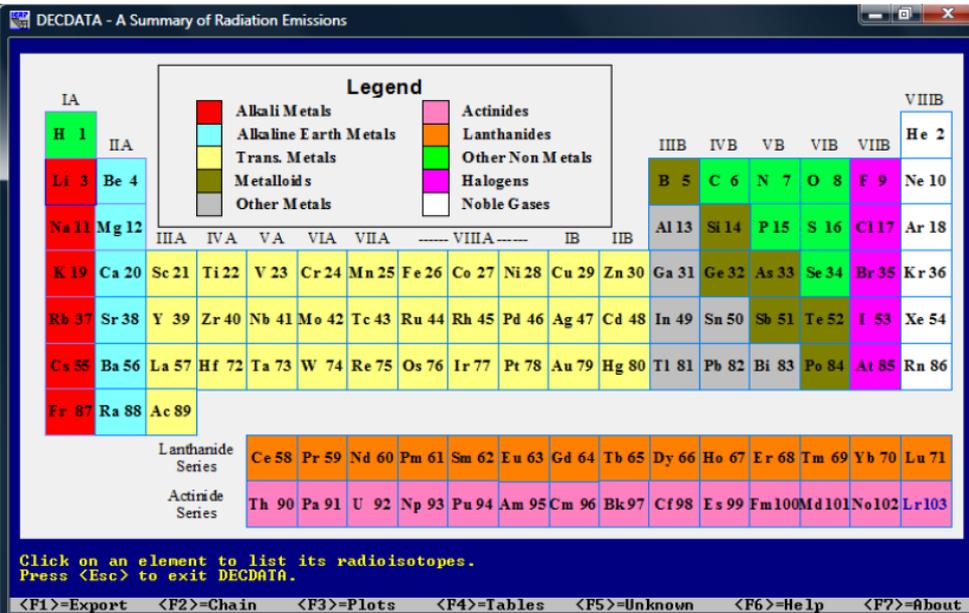
$n$ : Nombre de rayonnements émis par transition nucléaire

$E$ : Energie du rayonnement émis

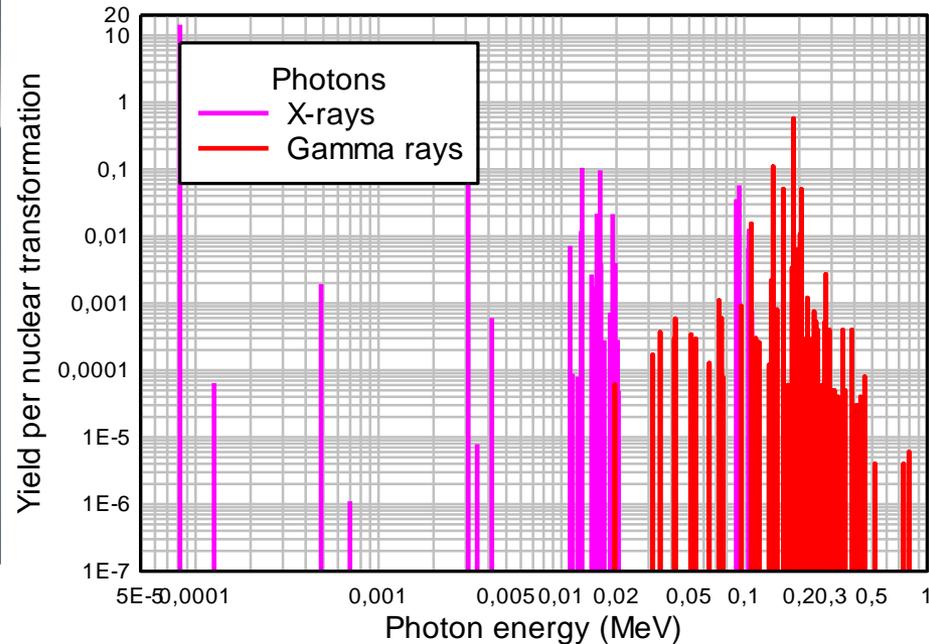
$\text{SAF}$ : Fraction massique de l'énergie absorbée dans l'organe cible

# Spectre d'émission

Publication CIPR 107 : Nuclear decay data for dosimetric calculations



U-235 Photon Line Spectrum



Révision de la publication CIPR 38 avec CD et logiciel (2008)

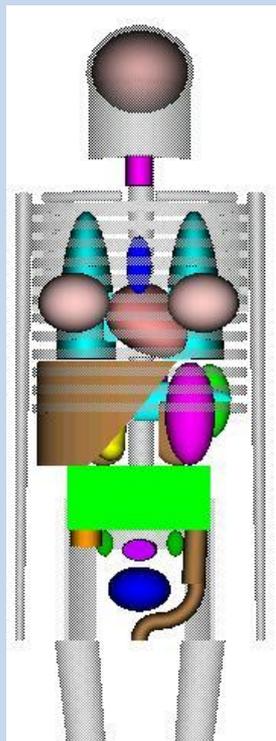
Schémas de décroissance, énergie et rendement des radiations émises pour 1252 radioisotopes (dont 330 périodes < 10 min) de 97 éléments

Spectres  $\beta$ , Auger- CK (136) et neutrons (28)

Débit de kerma dans l'air

# Dosimétrie de référence actuelle

SAFs tabulés pour des géométries standards mathématiques



Fantôme mathématique

Approximations appliquées pour les SAFs électrons

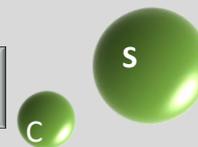
Région cible = Région source

$$SAF(C \leftarrow S) = \frac{1}{\text{masse}_{\text{source}}}$$



Région cible ≠ Région source

$$SAF(C \leftarrow S) = 0$$



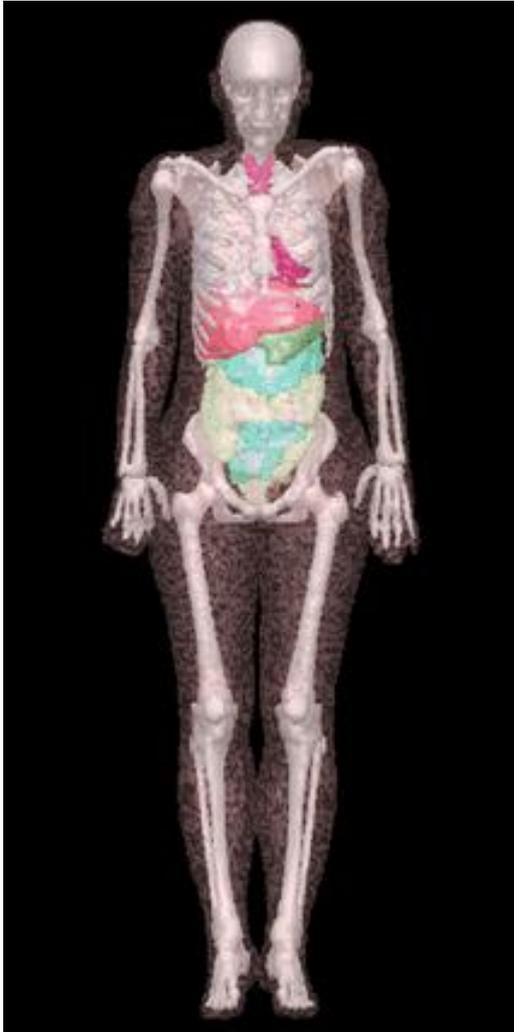
Région source avec parois

$$SAF(C \leftarrow S) = \frac{1}{2 * \text{masse}_{\text{source}}}$$



# Nouveaux fantômes de référence

Publication CIPR 110 (2010) : reference computational phantoms of the adult male and female



**Des fantômes voxels pour représenter l'homme de référence de la CIPR**

**A partir d'images CT de personnes réelles**

**Dimensions et densités de 140 organes/tissus ajustées aux valeurs de la CIPR 89**

**Publication papier avec CD**

M. Zankl (Helmholtz)

femme

163 cm, 60 kg

3,9 millions de voxels

taille de voxel : 15,2 mm<sup>3</sup>

épaisseur de coupe : 4,84 mm

résolution plane : 1,775 mm

homme

176 cm, 73 Kg

1,9 millions de voxels

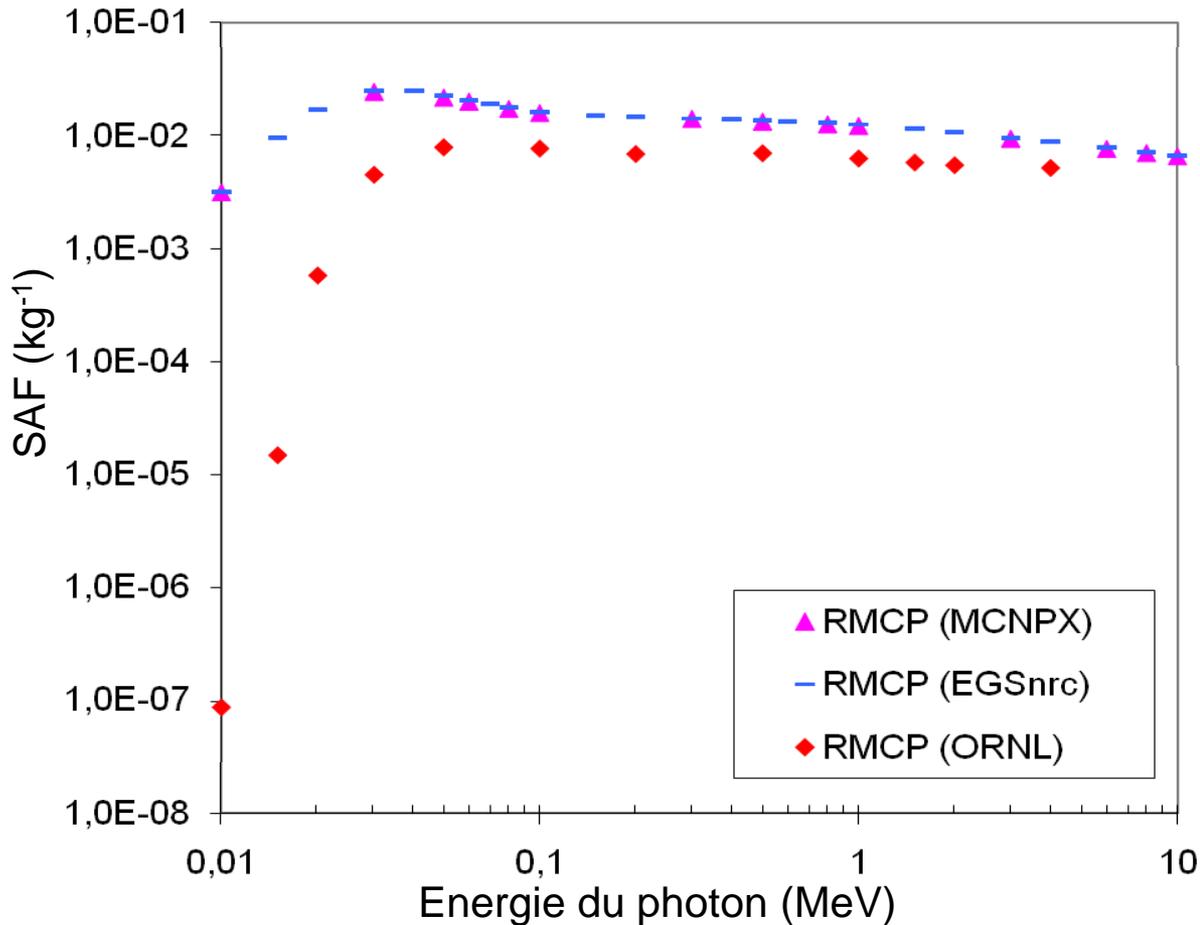
taille de voxel : 36,5 mm<sup>3</sup>

épaisseur de coupe : 8 mm

résolution plane : 2.137 mm

# Specific Absorbed Fractions (SAF)

Comparaison entre fantômes voxélisés et fantômes mathématiques ORNL  
**PHOTONS, SAF (Poumons <- Foie), Homme**



**Faibles energies**  
Rapport  
Voxélisés/ORNL → **25**

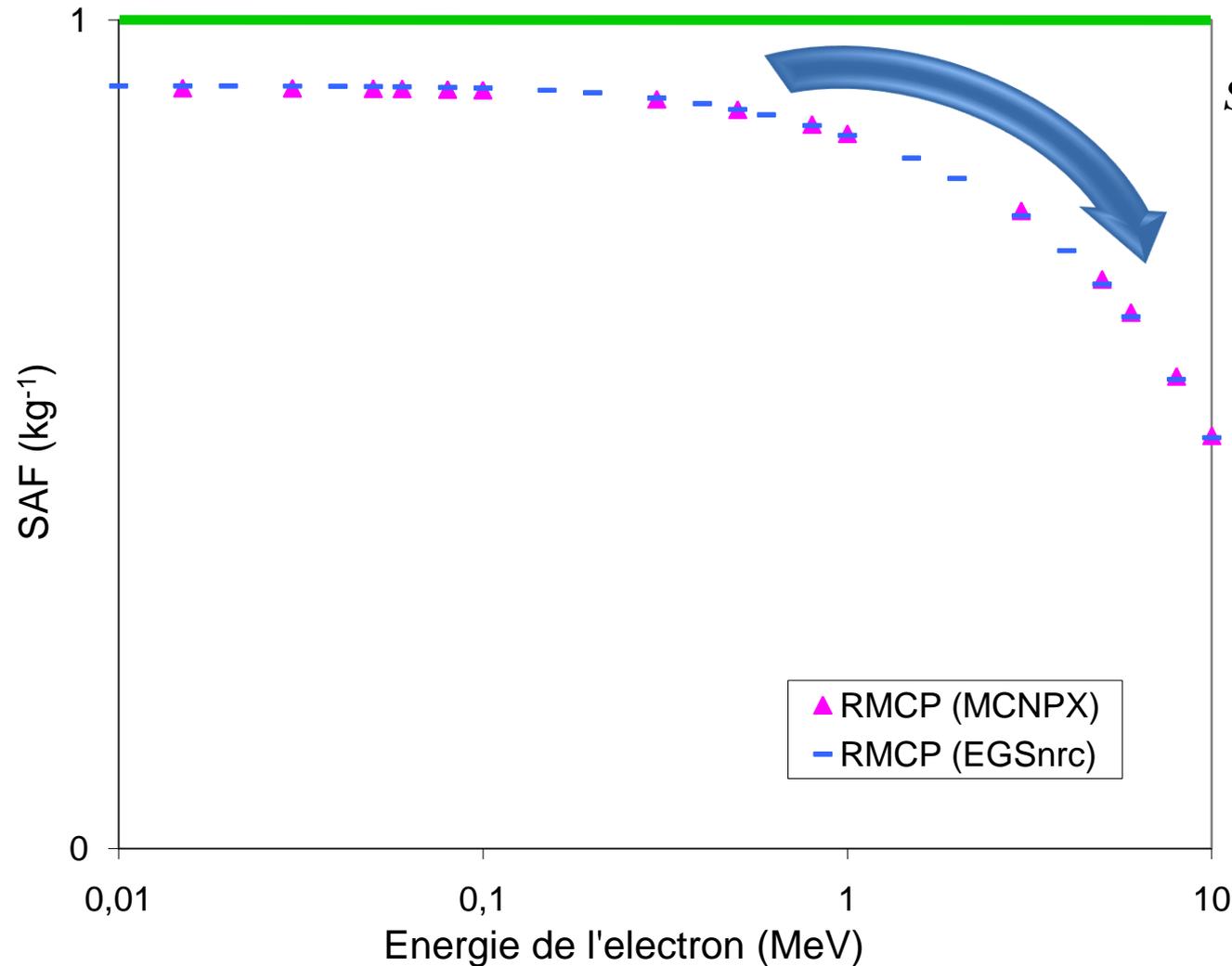
Différentes géométries et  
distances entre les  
organes

**Hautes énergies**  
Rapport  
Voxélisés/ORNL → **1,5**

Peu d'influence de la  
géométrie sur les  
SAFs

# Specific Absorbed Fractions (SAF)

## ELECTRONS, SAF ( Poumons ←- Poumons), Homme



← Approximations antérieures

$SAF (Poumons \leftarrow Poumons) =$

$1$

$m_{Poumons}$

$m_{Poumons} = 1\text{ kg}$

**Faibles énergies :**

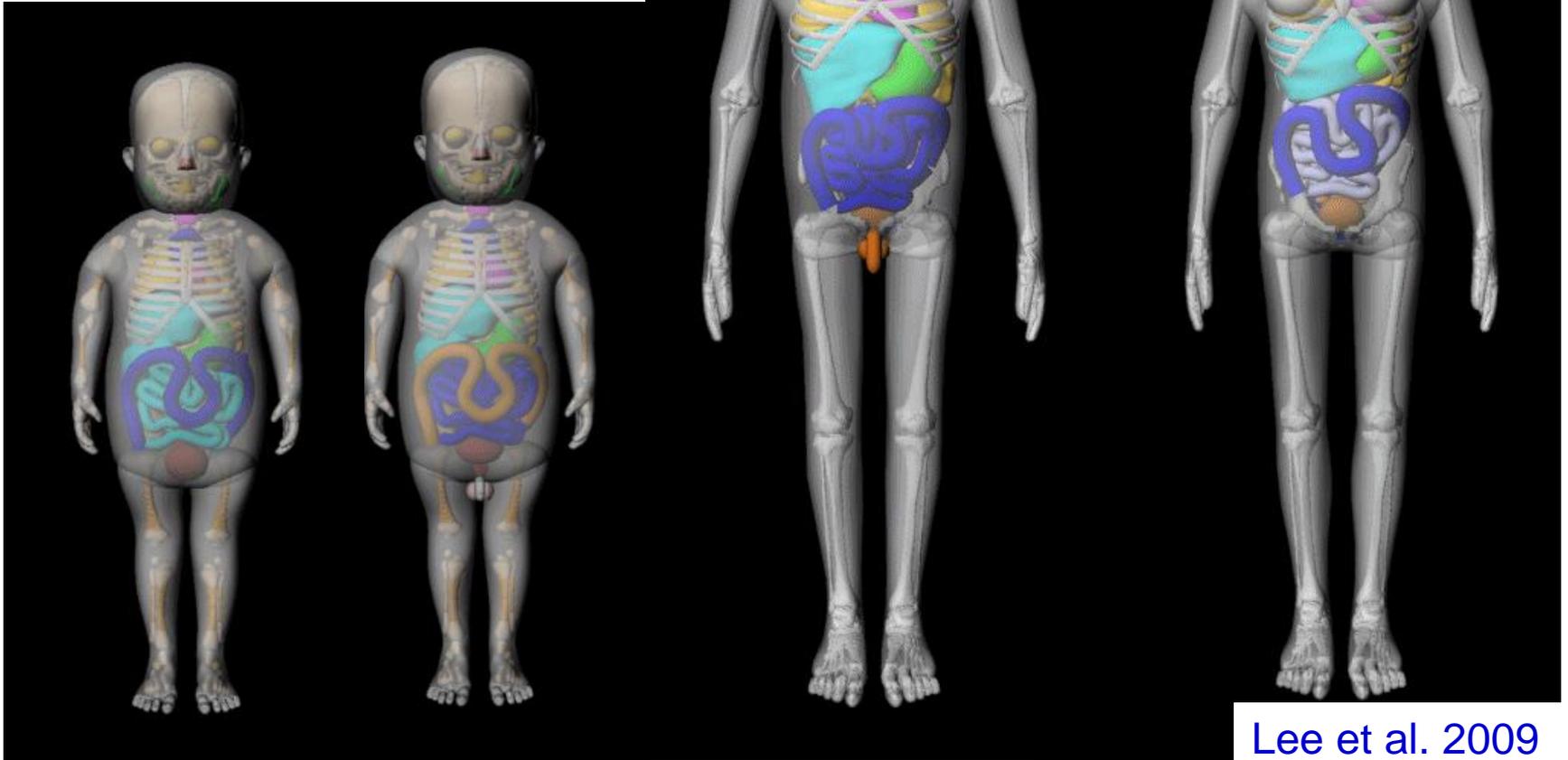
SAF  $\rightarrow$  1

**Hautes énergies:**

Fuite d'électron

# Fantômes pédiatriques

nouveau-né, 1, 5, 10 et 15 ans  
hybrides NURBS-voxel



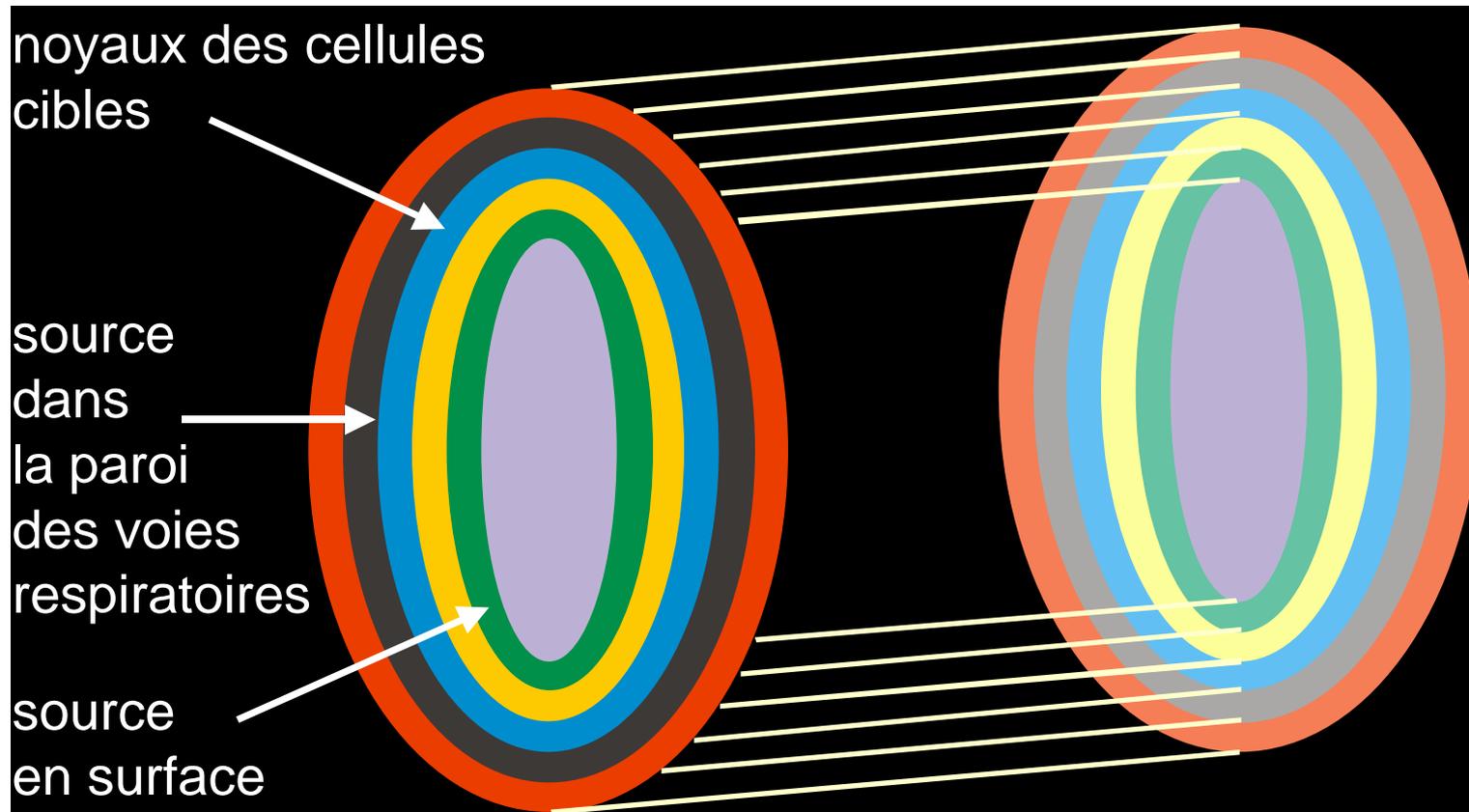
Lee et al. 2009

**IRSN**

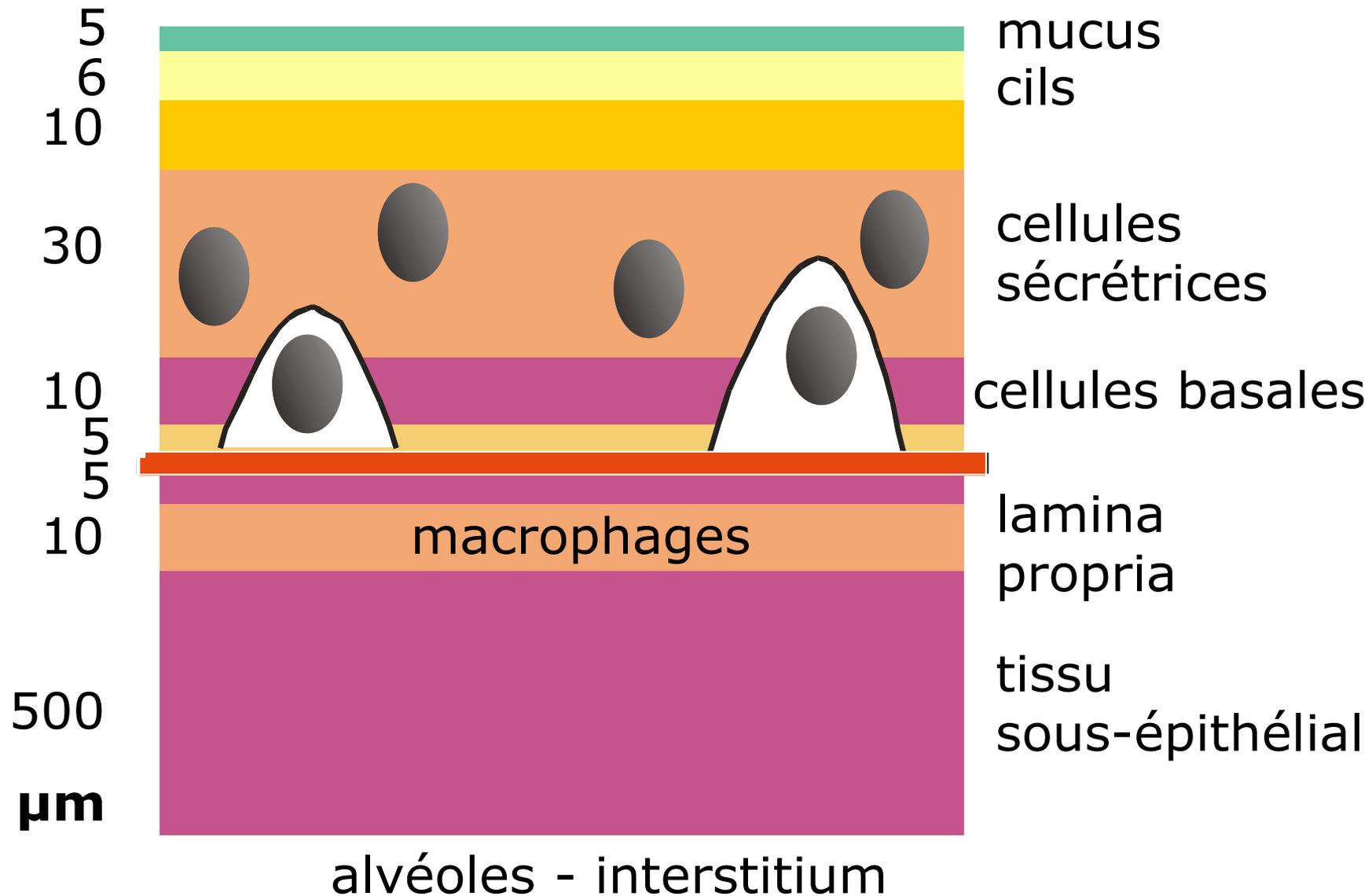
INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Cellules cibles des voies respiratoires

# Dosimétrie des rayonnements de faible portée émis dans le poumon



## Paroi des bronches (BB : générations 1-8)

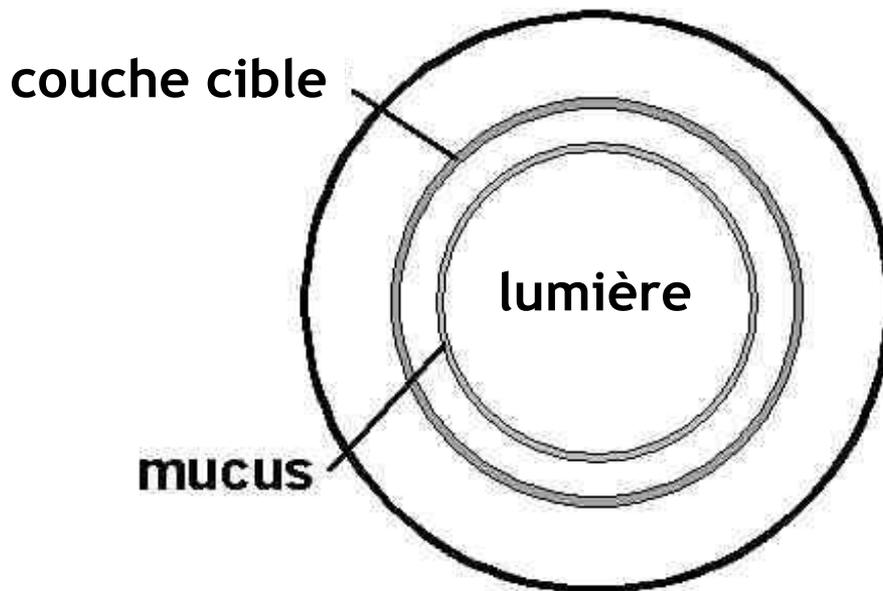


**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Dosimétrie du tractus alimentaire

# Régions tubulaires du tractus alimentaire

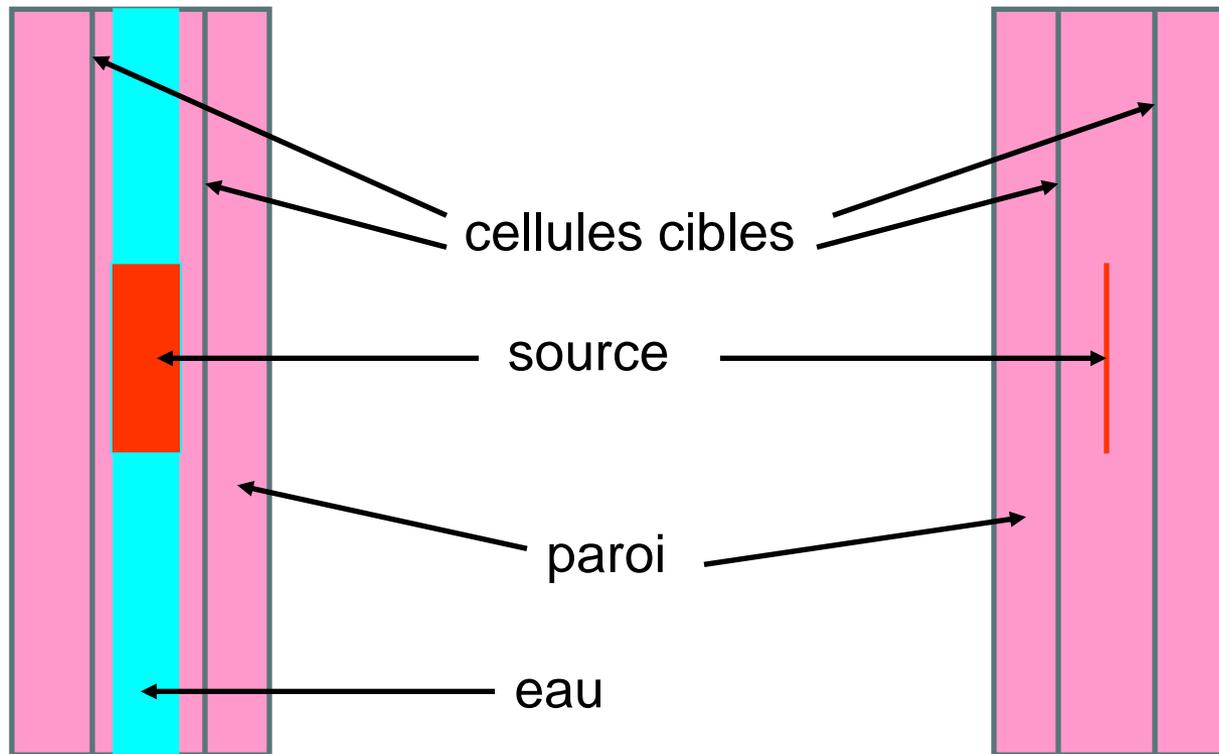


- ✓ villosités négligées dans l'intestin grêle
- ✓ mucus à la surface de la lumière négligé
- ✓ cellules cibles représentées par une couche continue à une profondeur définie

# Régions tubulaires du tractus alimentaire

Œsophage rapide et autres régions

Œsophage lent



## Dimensions (cm)

<b>adulte, homme</b>	<i>diamètre</i>	<i>longueur*</i>
œsophage (rapide)	1	28
intestin grêle	3	280
colon droit	6	34
colon gauche	4	38
recto-sigmoïde	3	38

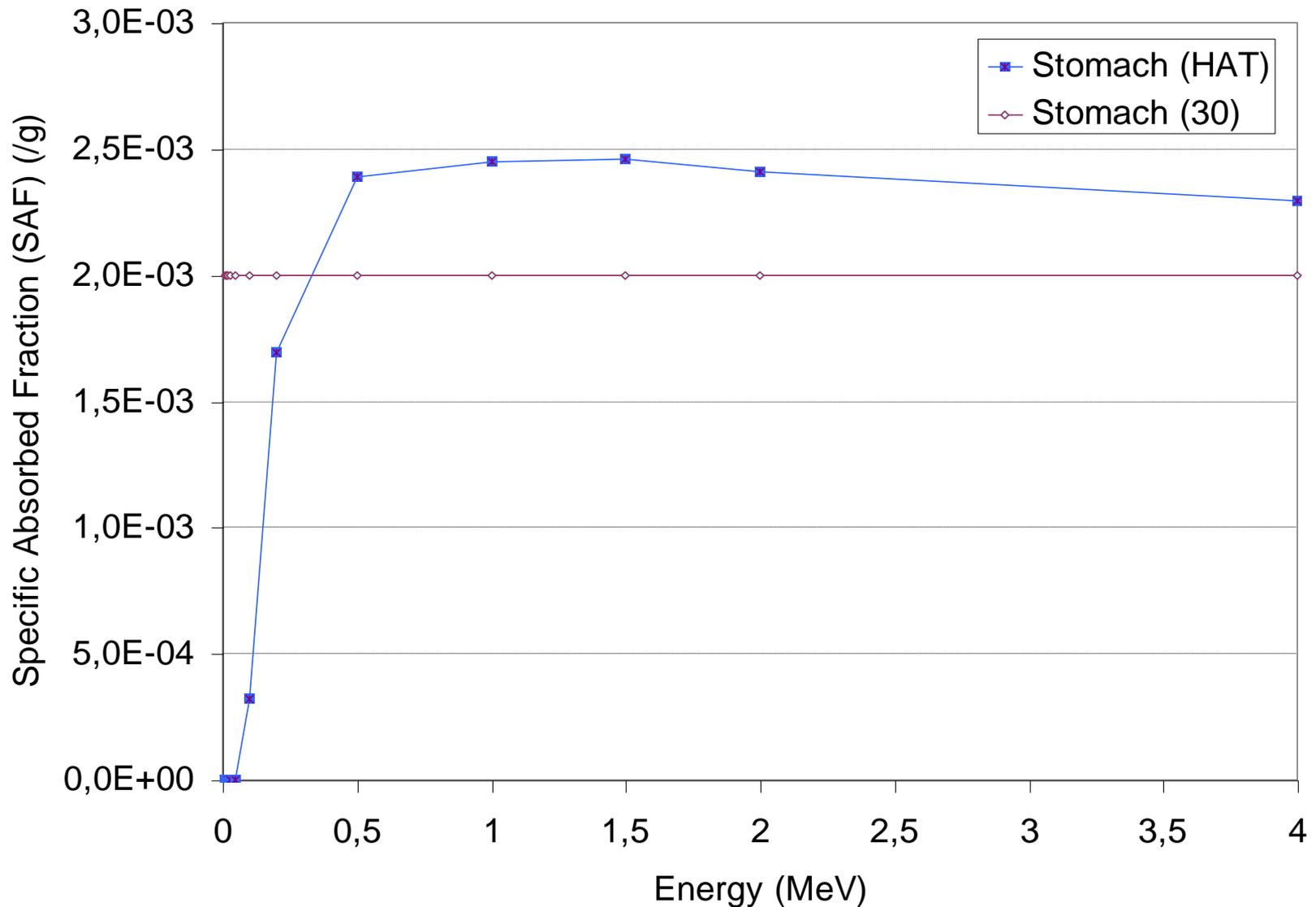
estomac = sphère de volume  $175 \text{ cm}^3$ , rayon 3,5 cm

\* idem homme de référence

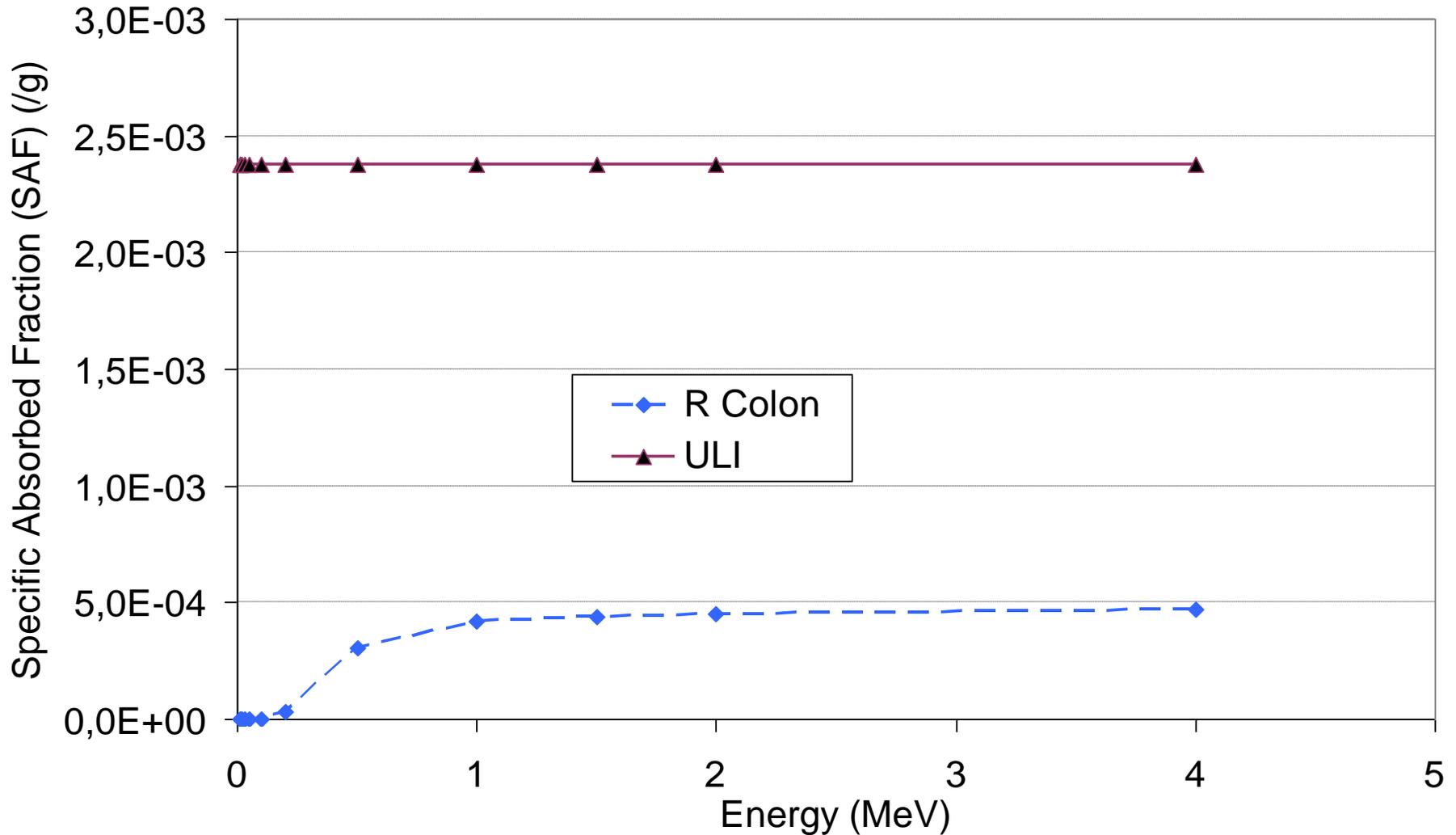
## Cellules cibles

	<i>profondeur (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>masse (g)</i>
bouche	190 – 200	0,3
œsophage	190 – 200	0,09
estomac	60 – 100	0,6
intestin grêle	130 – 150	5,3
colon droit	280 – 300	1,3
colon gauche	280 – 300	1,0
recto-sigmoïde	280 – 300	0,7

# Comparaison CIPR 100 (HAT) / CIPR 30 pour l'estomac



## Comparaison CIPR 100 / CIPR 30 : colon droit vs. ULI



**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Cellules cibles du tractus alimentaire

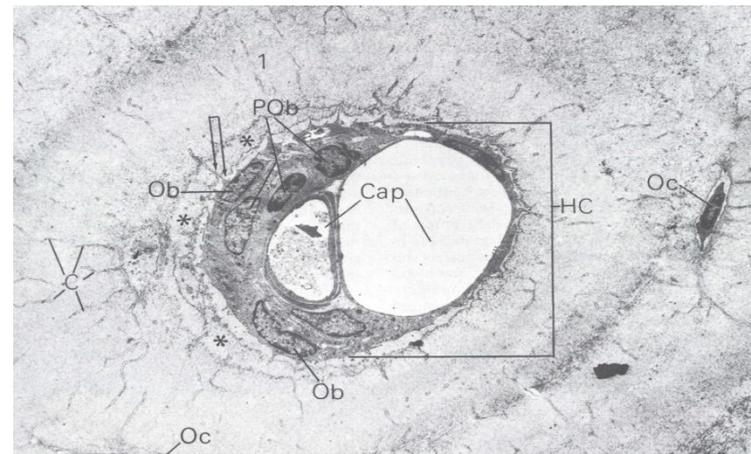
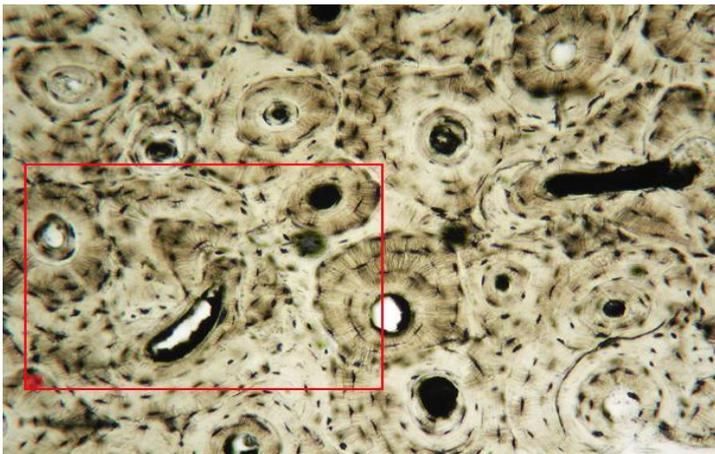
# Cellules radiosensibles du squelette

Cellules cibles pour l'induction de cancers osseux réparties sur une couche de 50  $\mu\text{m}$  (au lieu de 10  $\mu\text{m}$  dans la publication CIPR 30) à partir de la surface

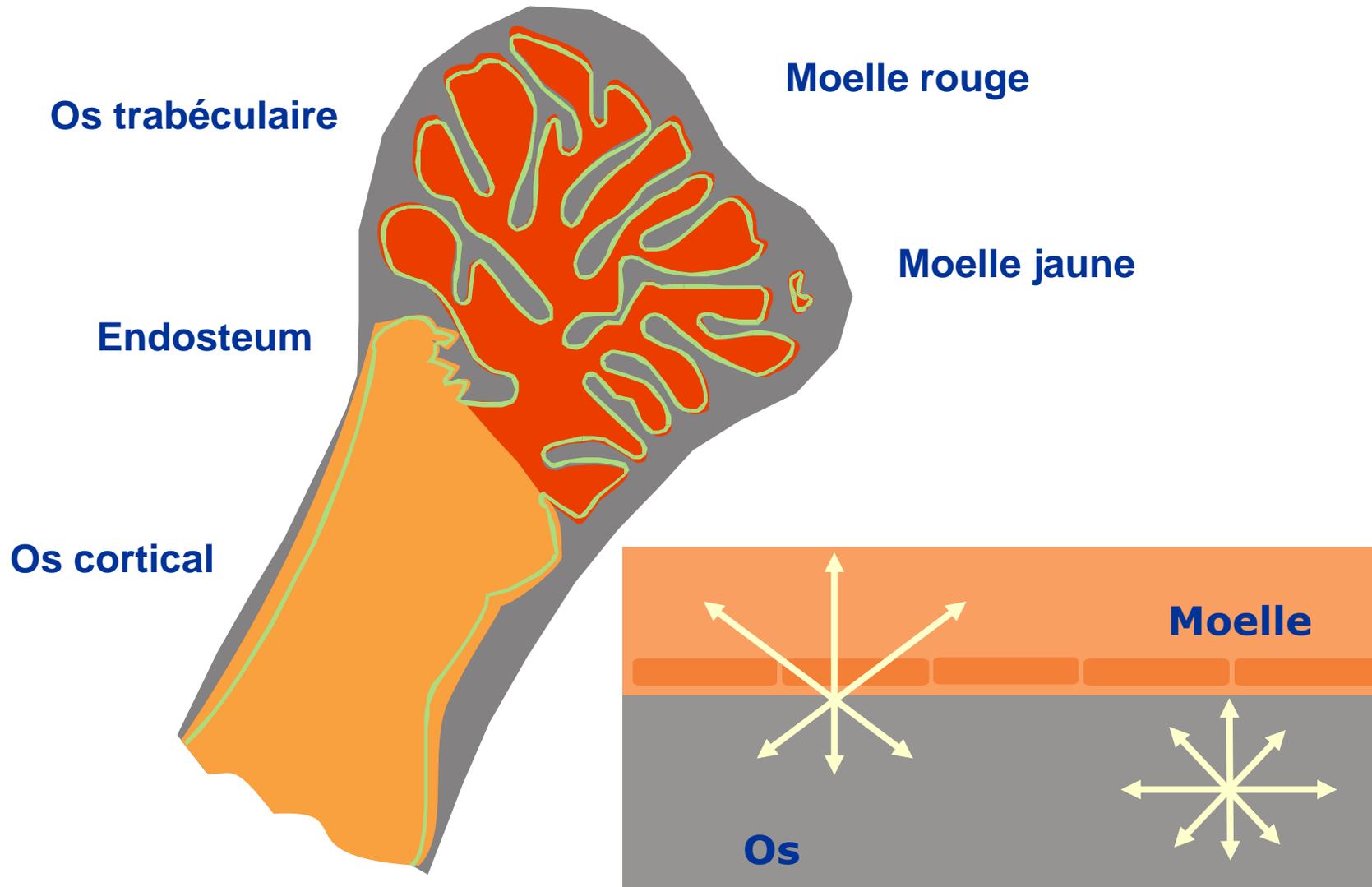
de l'os trabéculaire

des cavités médullaires de l'os cortical, hors système Haversien

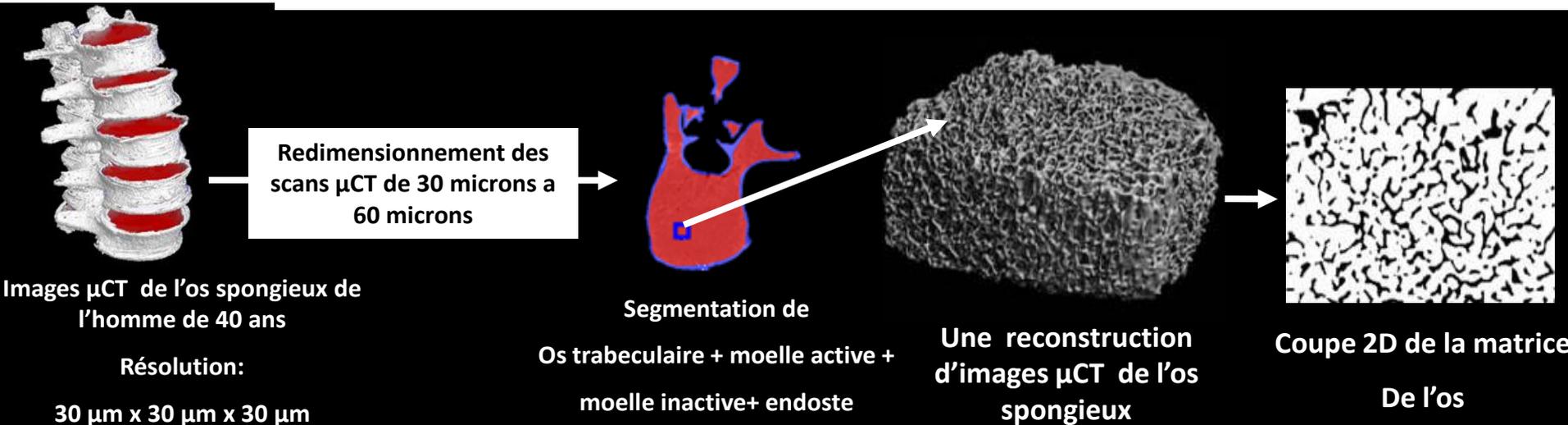
Cellules cibles pour l'induction de leucémies sont dans toute la moelle rouge de l'os spongieux



# Régions sources et cibles



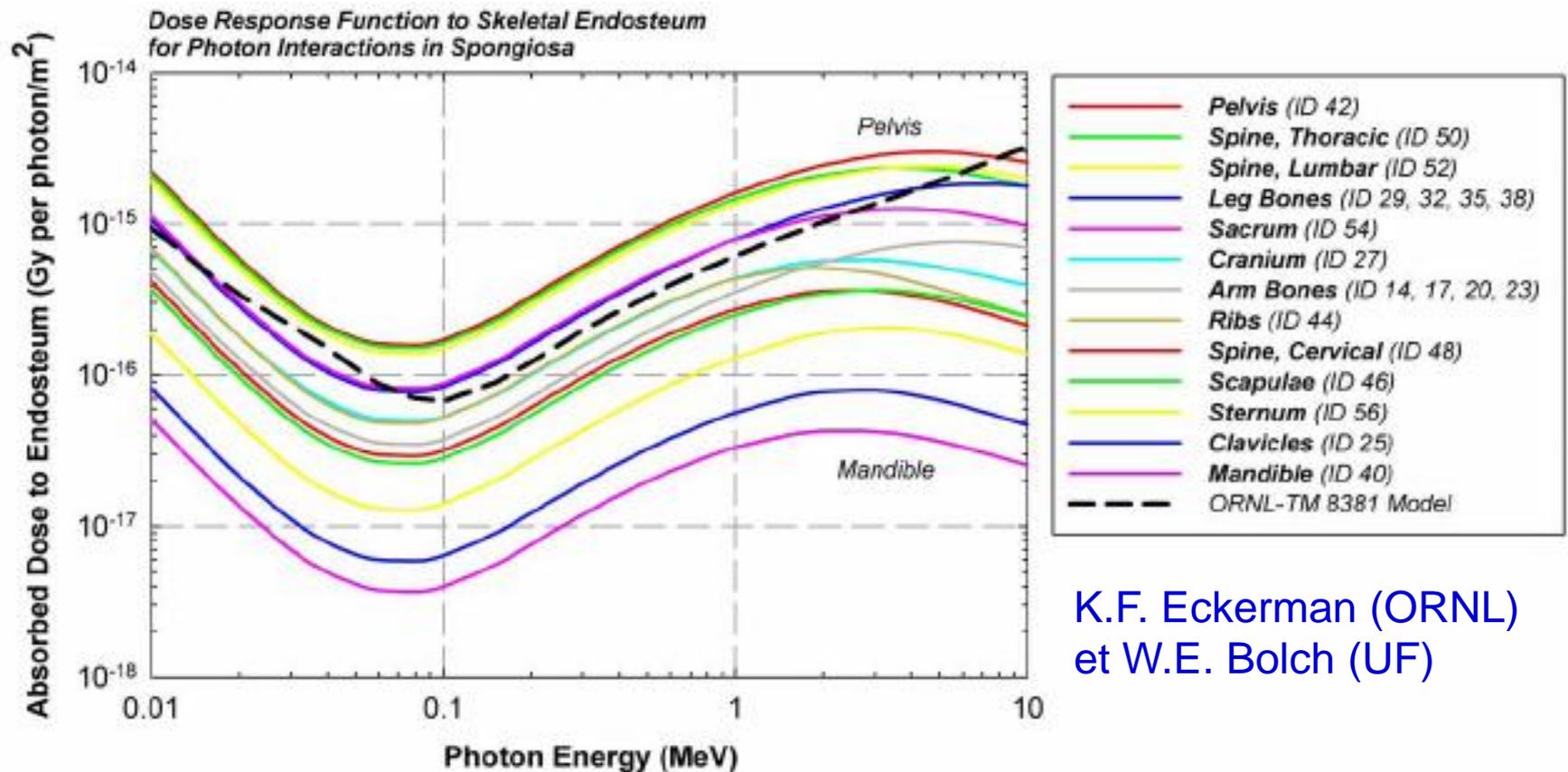
# Modèles voxélisés du squelette



série de publications par l'équipe de W.E. Bolch

# Fonctions de réponse de la fluence à la dose

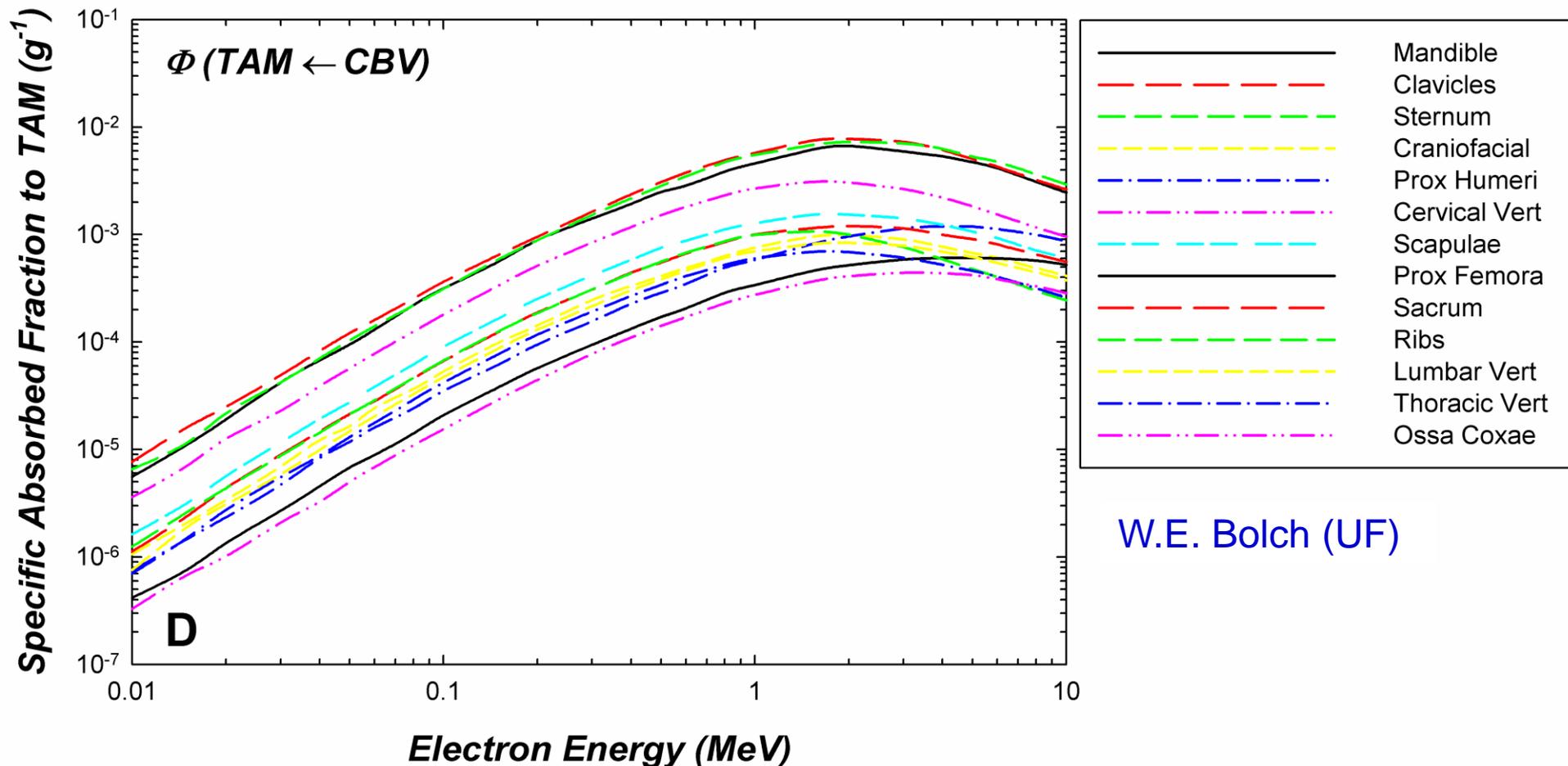
$$\frac{D(T)}{\Psi(E)} = \frac{1}{m(T)} \sum_r m(r) \sum_i \int_0^\infty \phi(T \leftarrow r; E_i^E) (i/\rho)_r n_r(E_i^E) E_i^E dE_i^E$$



K.F. Eckerman (ORNL)  
et W.E. Bolch (UF)

# Dosimétrie des rayonnements de faible portée émis dans le squelette

SAF (moelle rouge ← volume de l'os cortical), électrons



W.E. Bolch (UF)

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Cas particulier du radon

## Publication CIPR 65

### Protection against radon-222 at home and at work

#### approches dosimétrique et épidémiologique

(38) Although there are uncertainties in both above approaches, they do not lead to widely different results. The Commission has concluded that the use of the epidemiology of radon in mines is more direct, and therefore involves less uncertainty and is more appropriate for the purposes of this report than the indirect use of the epidemiology of low LET radiation from the Japanese data. The Commission therefore recommends that the dosimetric model should not be used for the assessment and control of radon exposures. The fatality coefficients in this report are therefore based

note : l'unité historique d'exposition au radon dans les mines est le working level month (WLM) =  $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ J h m}^{-3}$  d'énergie alpha potentielle des descendants du radon

## Convention de conversion

La convention de conversion en dose de la publication CIPR 65 (1993)

compare le risque de cancer du poumon chez les mineurs

$2,83 \times 10^{-4}$  par WLM

au **détriment total** du aux cancers et effets héréditaires de la publication CIPR 60 (1991):

**Travailleurs**  $5,6 \times 10^{-2}$  par Sv  $\Rightarrow$  **5 mSv par WLM**

**Public**  $7,3 \times 10^{-2}$  par Sv  $\Rightarrow$  **4 mSv par WLM**

# International Commission on Radiological Protection

## Statement on Radon

Approved by the Commission in November 2009

(3) Following from the 2007 Recommendations, the Commission will publish revised dose coefficients for the inhalation and ingestion of radionuclides. The Commission now proposes that the same approach be applied to intakes of radon and progeny as that applied to other radionuclides, using reference biokinetic and dosimetric models. Dose coefficients will be given for different reference conditions of domestic and occupational exposure, taking into account factors including inhaled aerosol characteristics and disequilibrium between radon and its progeny. Sufficient information will be given to allow specific calculations to be performed in a range of situations. Dose coefficients for radon and progeny will replace the *Publication 65* dose conversion convention which is based on nominal values of radiation detriment derived from epidemiological studies comparing risks from radon and external radiation. The current dose conversion values may continue to be used until dose coefficients are available. The Commission advises that the change is likely to result in an increase in effective dose per unit exposure of around a factor of two.

# Chaîne de décroissance du radon

gaz radon



3,8 j



polonium



3 min



plomb



27 min



bismuth



20 min



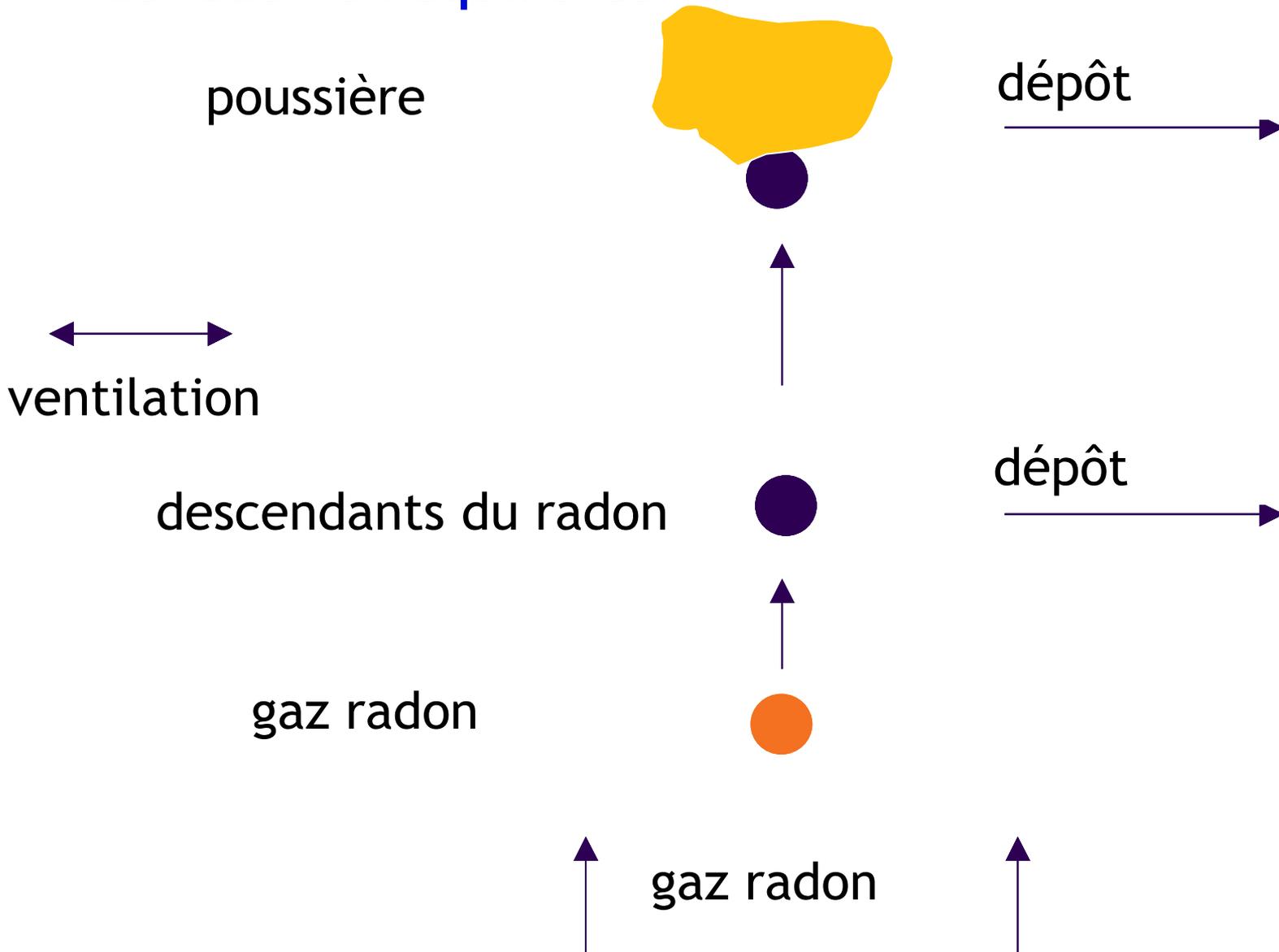
160  $\mu\text{s}$



22 ans

descendants  
à vie courte

# Le radon en équilibres



## Gaz radon ⇔ descendants

facteur d'équilibre F

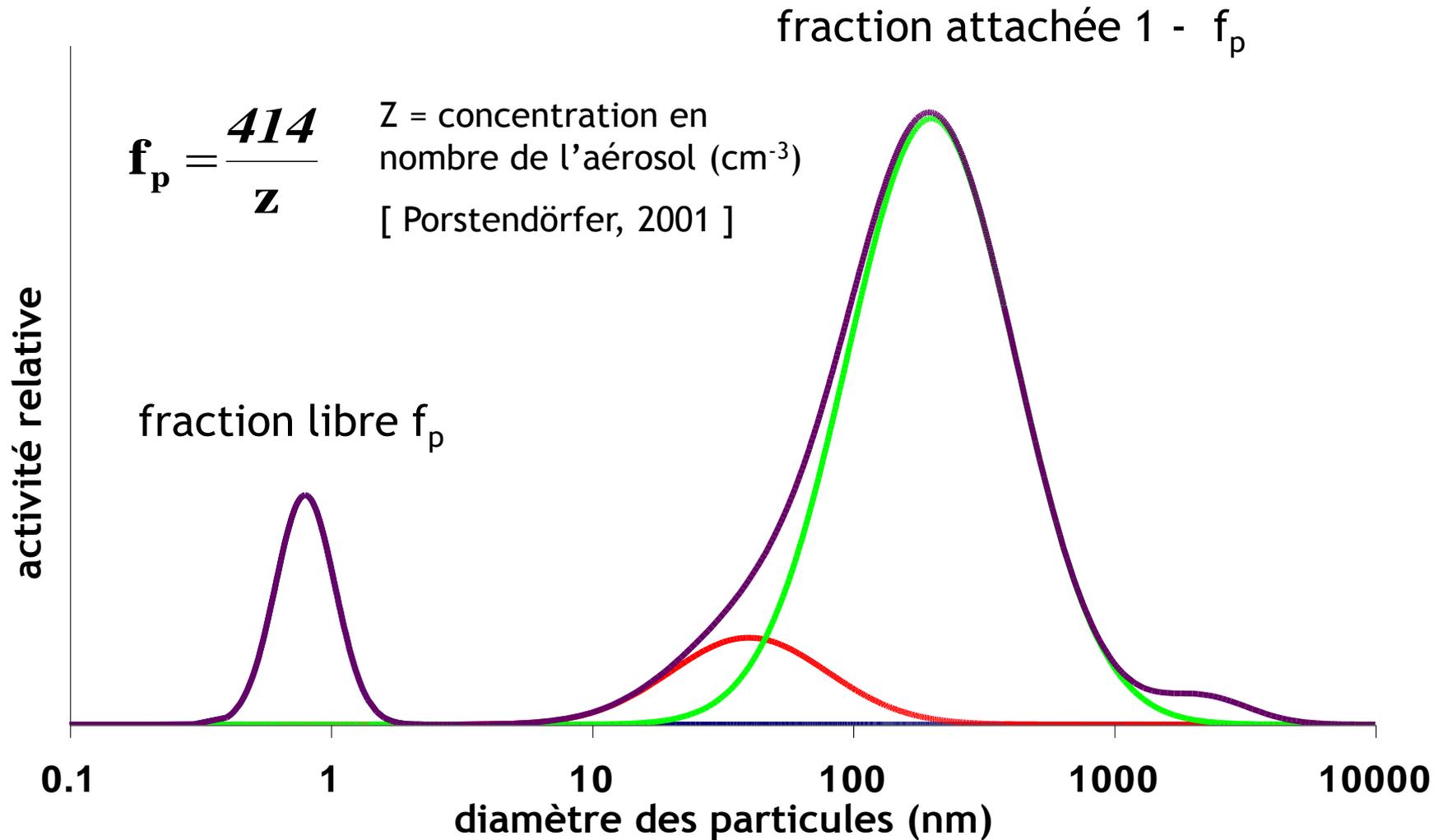
F=1

nucléide	Bq m <sup>-3</sup>
<sup>222</sup> Rn gaz	1,0
<sup>218</sup> Po	1,0
<sup>214</sup> Pb	1,0
<sup>214</sup> Bi	1,0

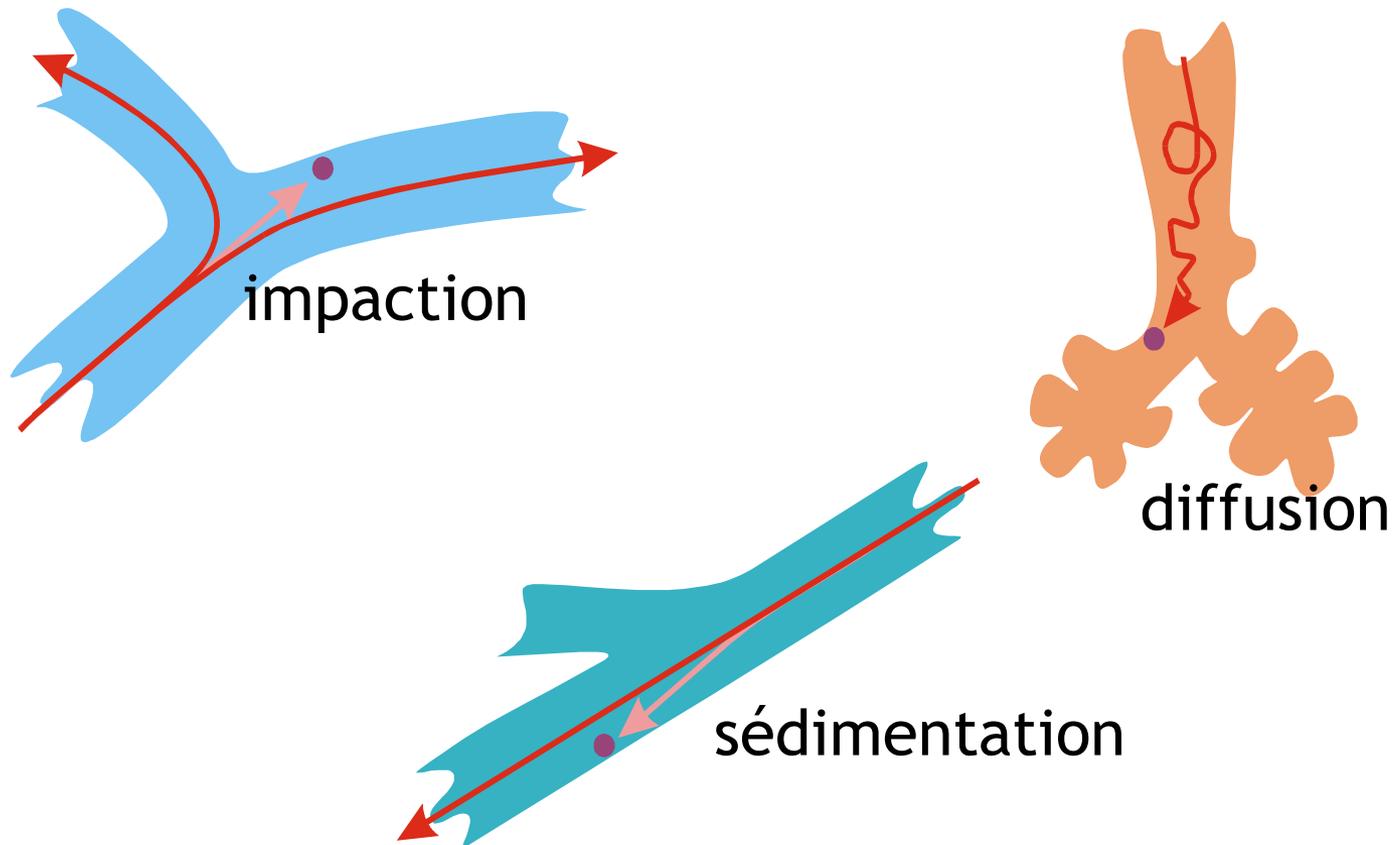
F=0,3

nucléide	Bq m <sup>-3</sup>
<sup>222</sup> Rn gaz	1,0
<sup>218</sup> Po	0,6
<sup>214</sup> Pb	0,3
<sup>214</sup> Bi	0.2

# Distribution en taille



## Dépôt dans les voies respiratoires



## Dépôt des descendants du radon (%)

région	libre (100%)	attaché (100%)
ET1	43	5
ET2	43	6
BB	7,4	0,6
bb	5,9	2,2
AI	0,17	10

## Coefficients de dose

Valeurs de dose efficace publiées hors CIPR s'appuyant sur la structure du modèle CIPR 66

publication	scénario	mSv·WLM <sup>-1</sup>	Sv per J·h·m <sup>-3</sup>
Winkler-Heil et al. 2007	mines	11,8	3,3
Marsh and Birchall 2000	domicile	15	4,2
James et al. 2004	mines	20,9	5,9
	domicile	21,1	6,0
Marsh et al. 2005	mines	12,5	3,5
	domicile	12,9	3,6

# Publications CIPR à venir

## Prévues en 2012

- ICRP Publication xxx – Internal SAF Values in the Reference Adult Male and Female
  - nouveaux calculs avec les fantômes de la publication CIPR 110
  - contribution au document OIR
- ICRP Publication xxx – Occupational Intakes of Radionuclides (OIR part 1 et 2)
  - mise à jour des publications 30 et 78 pour 30 à 40 éléments
- ICRP Publication xxx – Paediatric Reference Computational Phantoms
  - fantômes pour nourrisson , 1 an, 5 ans, 10 ans, 15 ans, garçon et fille
- ICRP Publication xxx – Foetal and Pregnant Female Reference Computational Phantoms
  - fantômes pour la femme enceinte à 8, 10, 15, 20, 25, 30, et 35 semaines

# Publications CIPR à venir

## Prévues à partir de 2013

- ICRP Publication xxx – Occupational Intakes of Radionuclides (Part 3)
  - mise à jour des publications 30 et 78 pour un second jeu d'éléments
- ICRP Publication xxx – Occupational Intakes of Radionuclides (Part 4)
  - mise à jour des publications 30 et 78 pour le reste des éléments
- ICRP Publication xxx – Internal SAF Values for Foetus, Pregnant Female, and Children
  - contribution à la dosimétrie interne du public
- ICRP Publication xxx – Public Exposures to Radionuclides via Inhalation and Ingestion
  - révision complète des publications CIPR 56, 67, 69, 71, et 72
- ICRP Publication xxx – Doses to the Embryo, Foetus, and Nursing Infant
  - révision complète des publications CIPR 88 et 95
- ICRP Publication xxx – Radionuclides in Wounds
  - guide pour l'utilisation du rapport NCRP 156 (modèle plaie)