

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Modèle dosimétrique

Estelle Davesne, IRSN

Pour Eric Blanchardon, IRSN

Montbéliard, 30 mars 2011

# Exposition au radon



# Chaîne de décroissance du radon

gaz radon

$^{222}\text{Rn}$

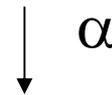
3,8 j



polonium

$^{218}\text{Po}$

3 min



descendants à  
vie courte

plomb

$^{214}\text{Pb}$

27 min



bismuth

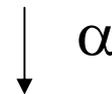
$^{214}\text{Bi}$

20 min



$^{214}\text{Po}$

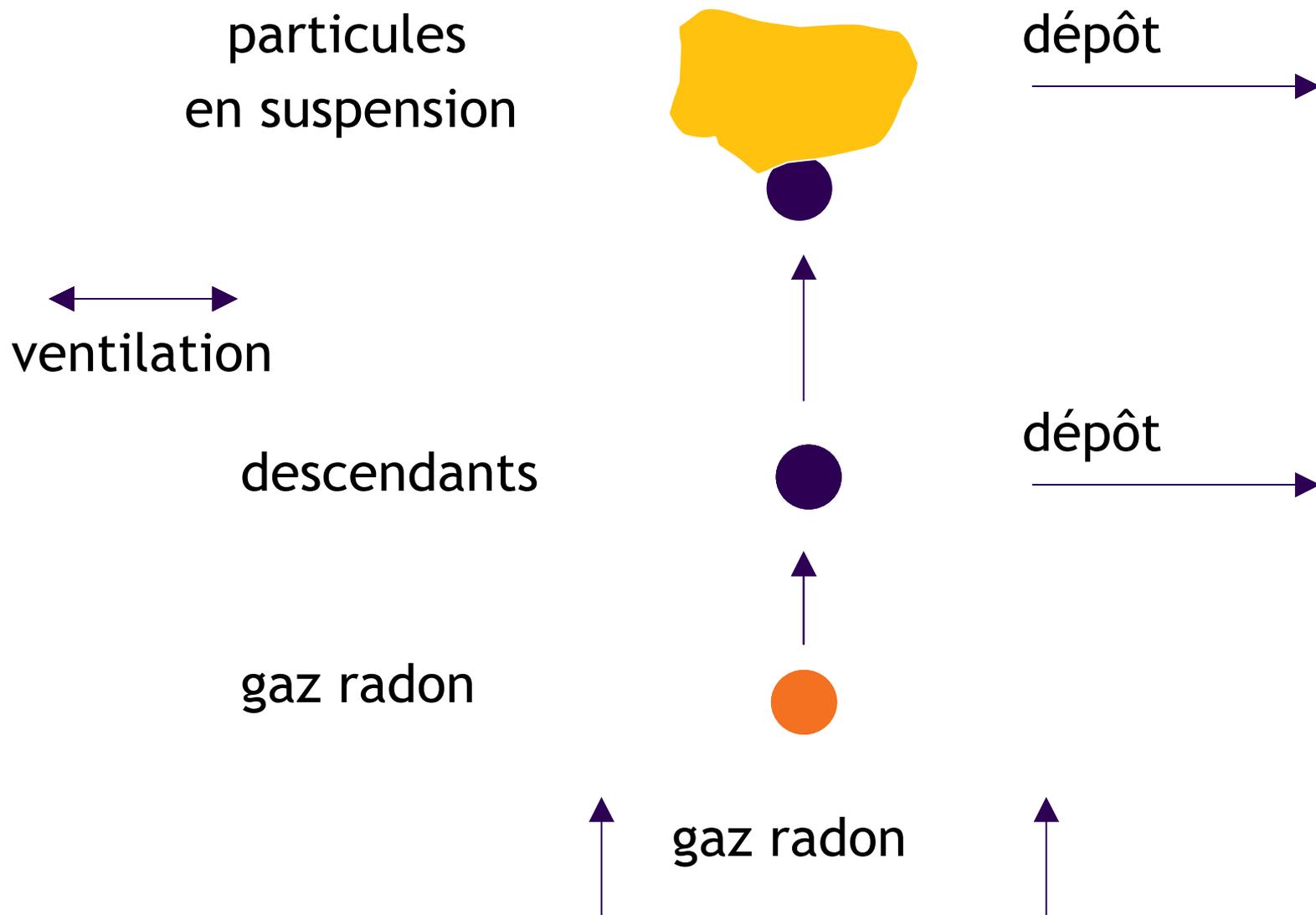
160  $\mu\text{s}$



$^{210}\text{Pb}$

22 ans

# Le radon en équilibre



# gaz radon $\leftrightarrow$ descendants

## facteur d'équilibre F

F=1		F=0,3	
nucléide	Bq m <sup>-3</sup>	nucléide	Bq m <sup>-3</sup>
<sup>222</sup> Rn gaz	1,0	<sup>222</sup> Rn gaz	1,0
<sup>218</sup> Po	1,0	<sup>218</sup> Po	0,6
<sup>214</sup> Pb	1,0	<sup>214</sup> Pb	0,3
<sup>214</sup> Bi	1,0	<sup>214</sup> Bi	0,2

# fraction libre $\Leftrightarrow$ fraction attachée

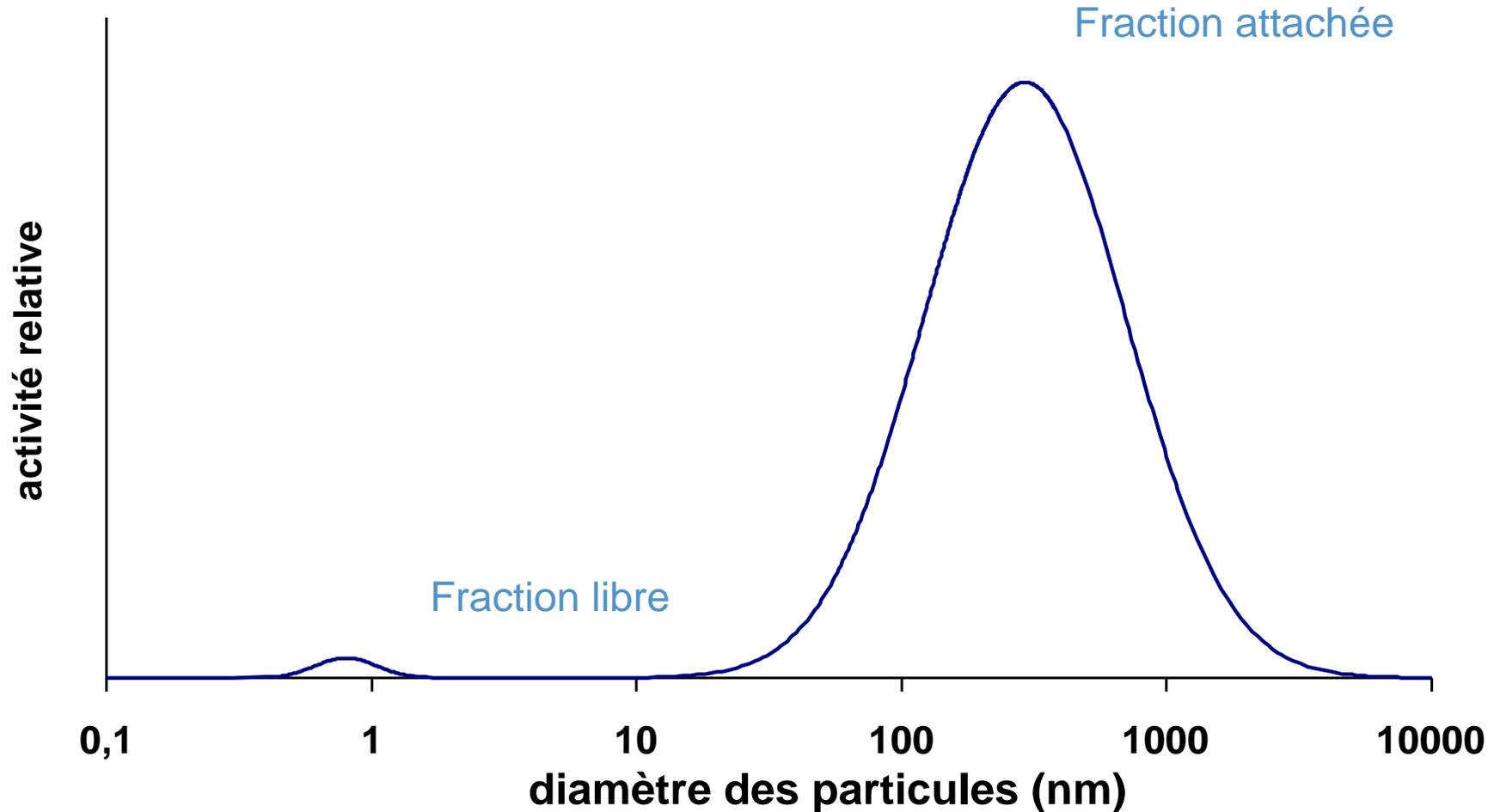
## fraction libre $f_p$

$f_p$  dépend du nombre de particules dans l'air

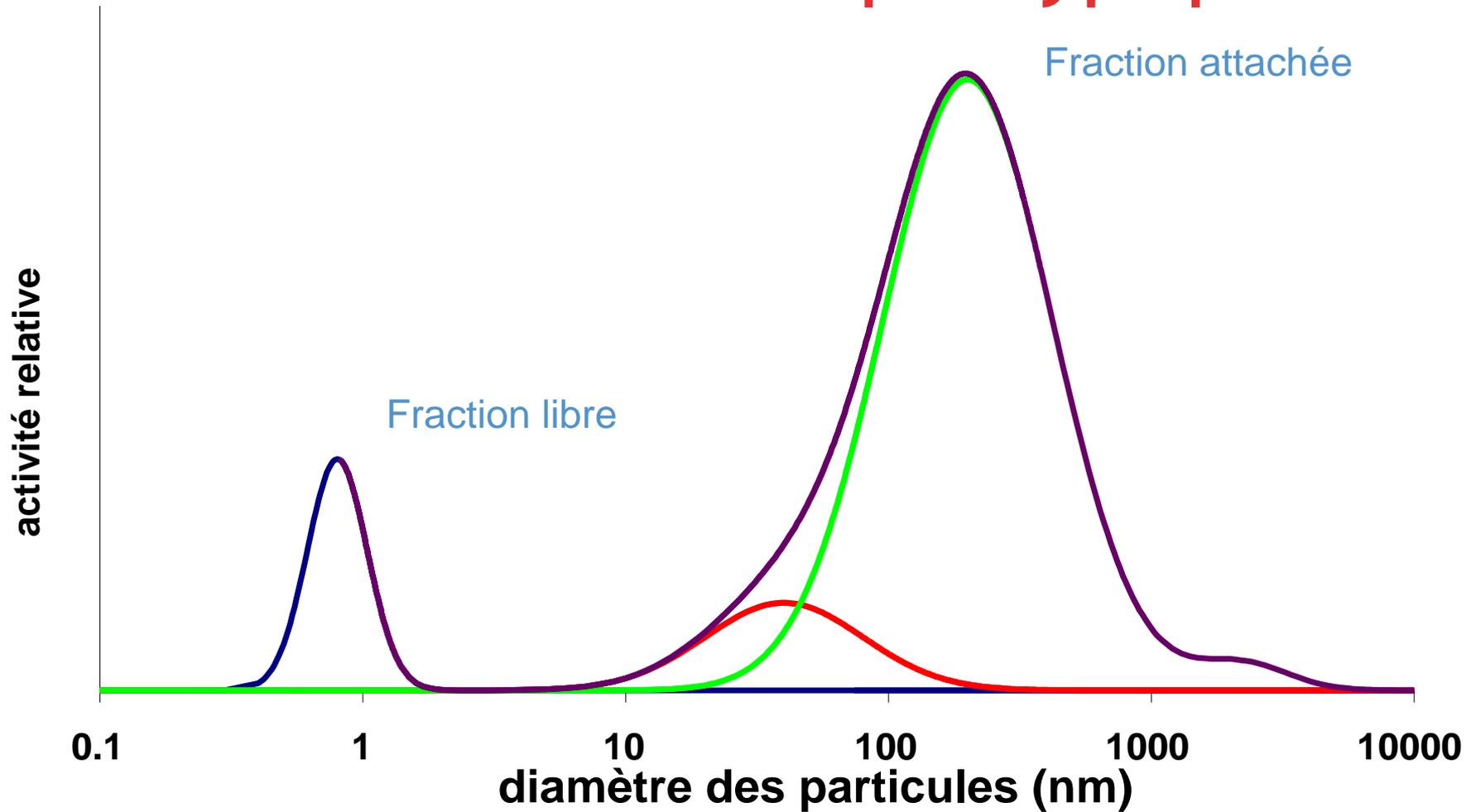
$$f_p = \frac{414}{Z}$$

où  $Z$  est le nombre de particules par  $\text{cm}^3$  [ Porstendörfer, 2001 ]

# Distribution typique d'une mine



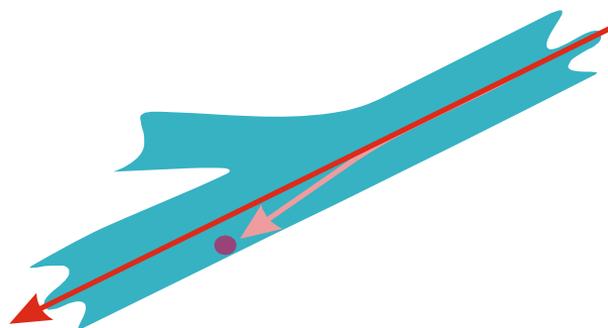
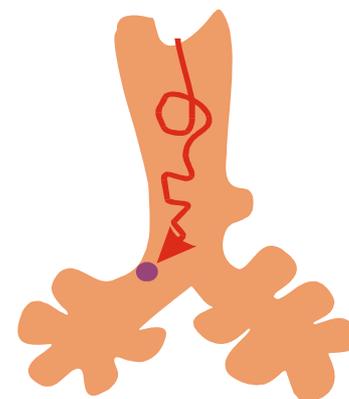
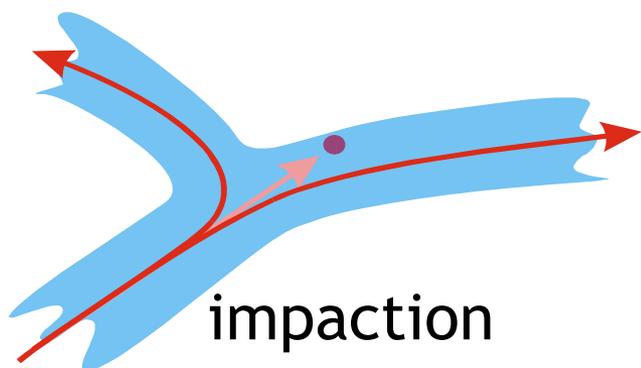
# Distribution domestique typique



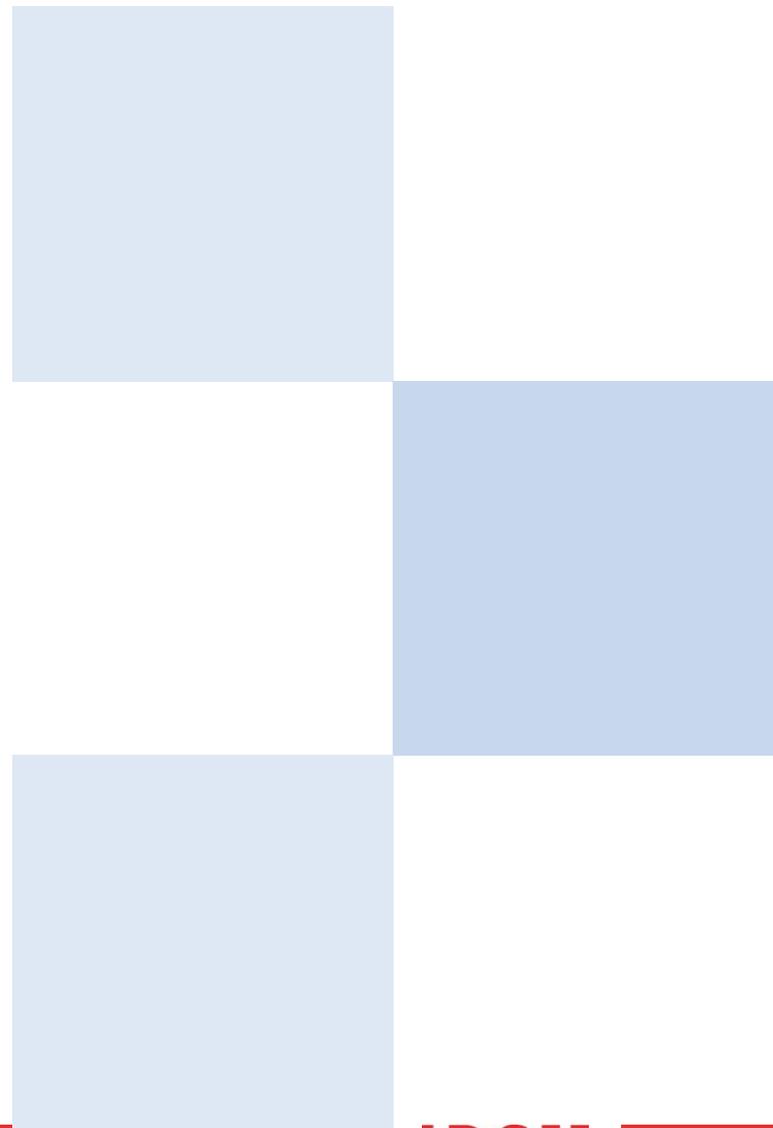
# Incorporation

<p>Exposition</p> <p>=</p> <p>concentration</p> <p>x</p> <p>temps</p>	x	<p>débit respiratoire moyen</p>	= incorporation
<p><math>\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}</math></p> <p>ou <math>\text{J}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}</math></p> <p>ou WLM</p>	x	<p><math>\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}</math></p>	<p>=</p> <p><math>\text{Bq}</math></p> <p>ou J</p>

# Dépôt dans les voies respiratoires



# Calculer des doses



# Grandeurs dosimétriques

Dose absorbée en Gy (1 Gy = 1 J/kg)

$D = d\varepsilon / dm$  , en moyenne sur la région T,  $D_T = \int_T D dm$

Dose équivalente en Sv

$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$  ( $w_R$  alpha =20)

Dose efficace en Sv

$E = \sum_T w_T H_T$  ( $w_T$  poumon = 0,12)

Relation avec le risque sanitaire

radiobiologie, épidémiologie :

$D \Leftrightarrow$  vraisemblance d'effets biologiques

épidémiologie Hiroshima-Nagasaki et CIPR 2007 :

$E \Leftrightarrow$  détriment

# Approche épidémiologique

## Etudes mineurs ou populations

-> probabilité nominale de décès par cancer du poumon par unité d'exposition au radon :

$P$  (par  $\text{Bq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ , par  $\text{J}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$  ou par WLM)

## Suivi de la cohorte Hiroshima-Nagasaki

-> détriment par unité de dose efficace (par Sv)

## Equivalence entre $P$ et détriment

-> coefficient de dose efficace par unité d'exposition au radon (en  $\text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^3$ , en  $\text{Sv}\cdot\text{J}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^3$  ou en  $\text{Sv}\cdot\text{WLM}^{-1}$ )

# Publication CIPR 65 (1993)

## Convention de conversion en dose

**Travailleurs** -> 5 mSv par WLM

**Public** -> 4 mSv par WLM

1 an à domicile dans  $600 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  de radon  $\Leftrightarrow$  10 mSv

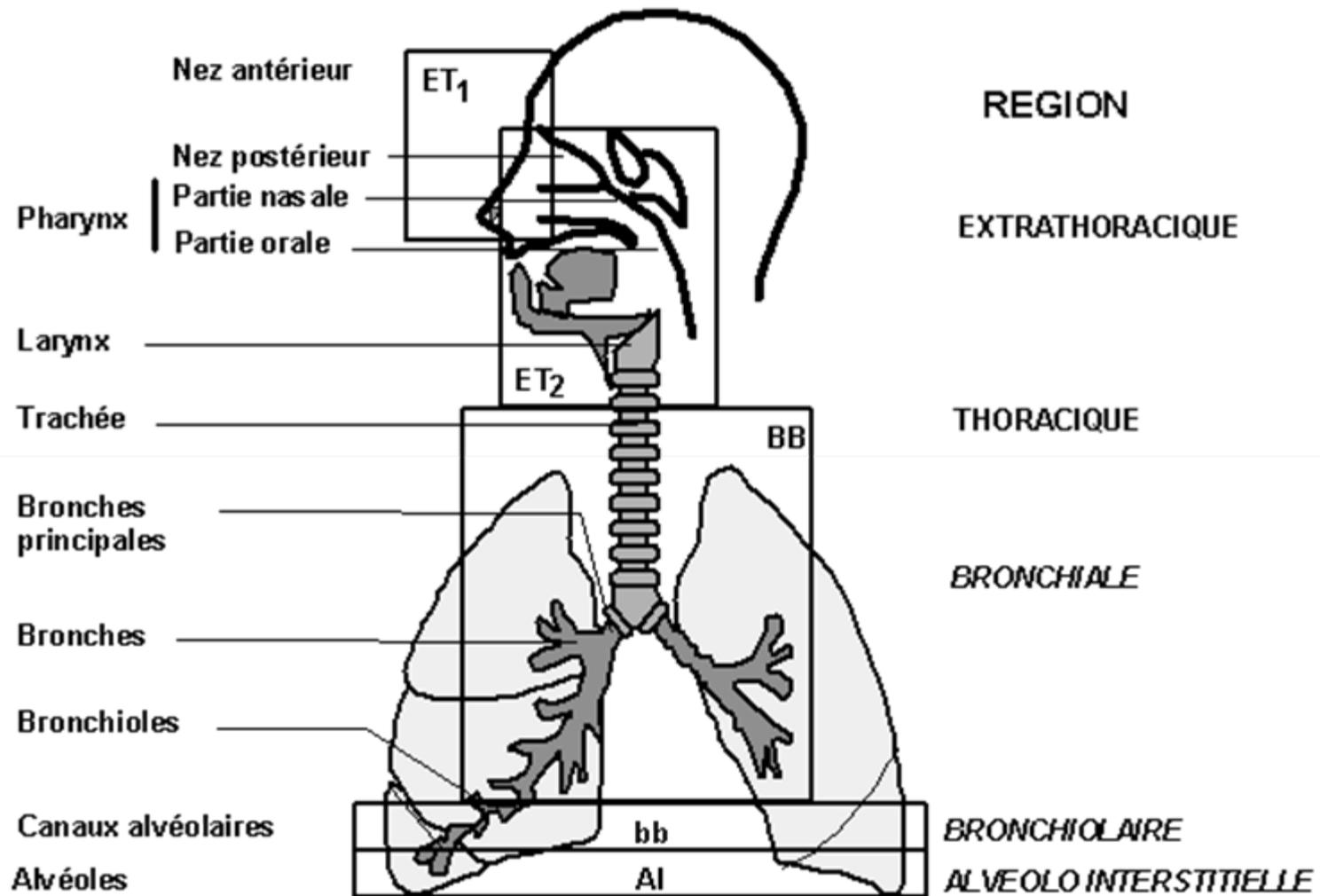
1 an au travail dans  $1500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  de radon  $\Leftrightarrow$  10 mSv

repris dans la réglementation française

# Application du modèle respiratoire humain de la CIPR



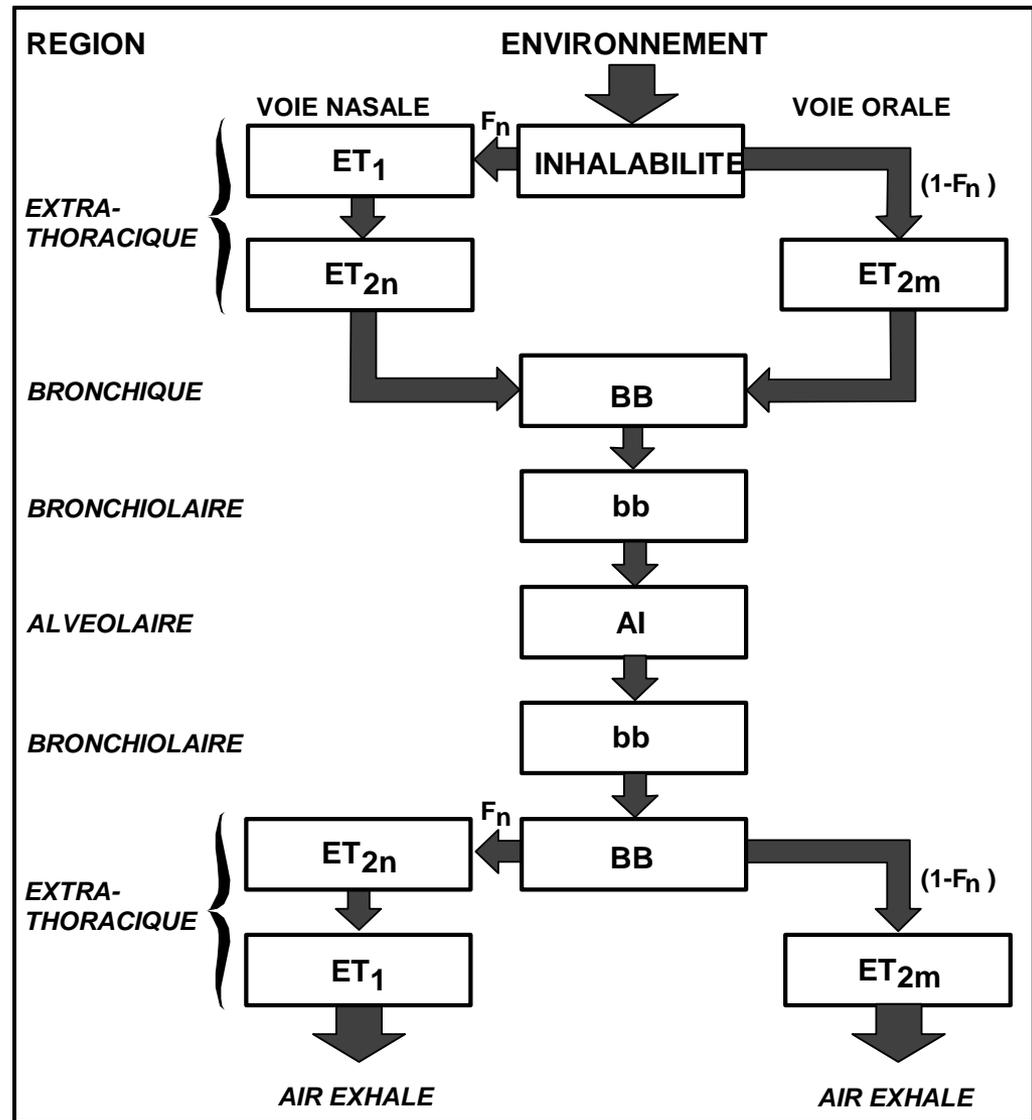
# Publication CIPR 66 (1994)



# Dépôt

Il dépend des :

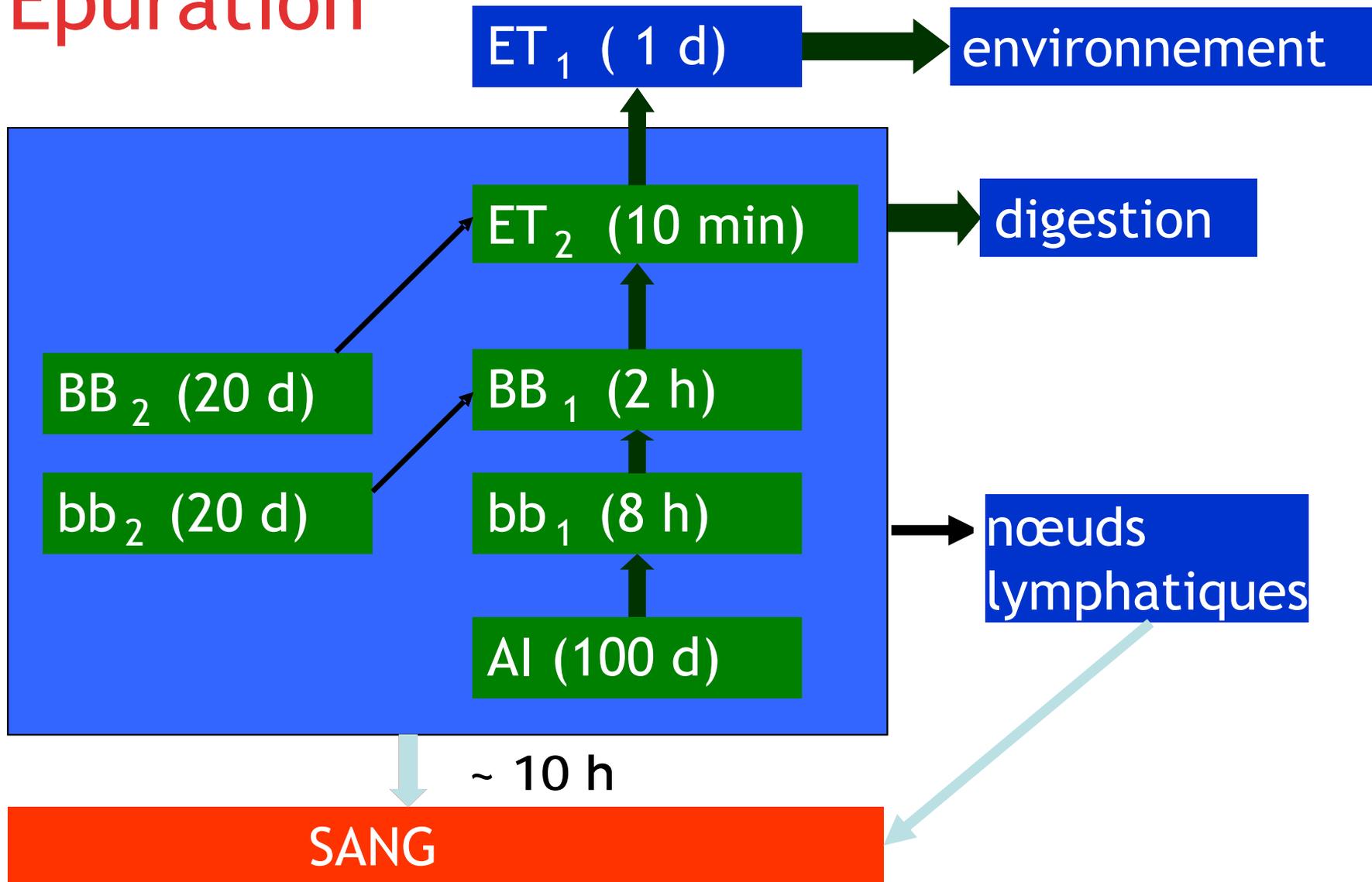
- diamètres (AMAD, AMTD,  $\sigma_g$ ), densité et forme des particules
- activité physique (débit respiratoire)
- fraction respirée par le nez
- paramètres physiologiques



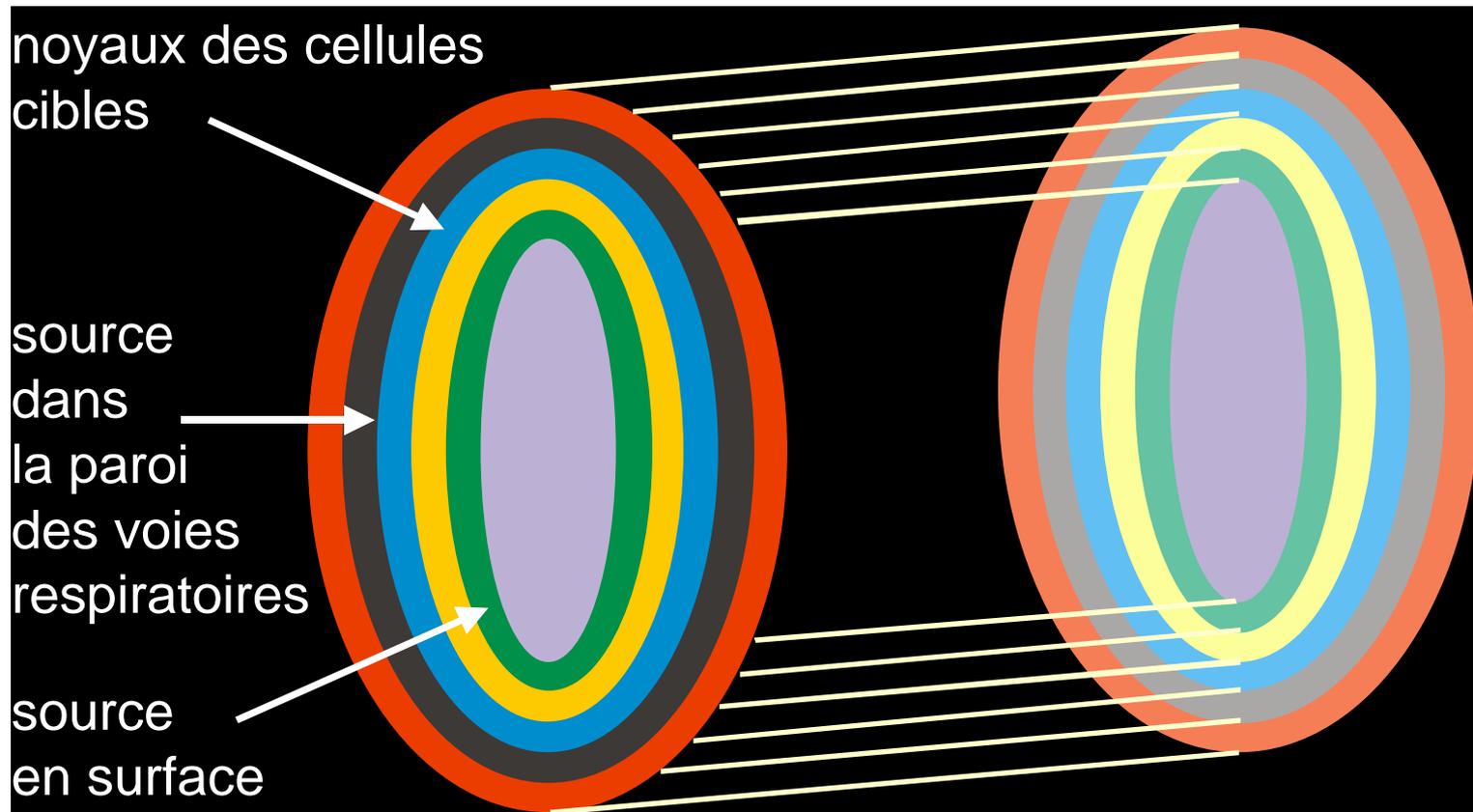
# Répartition des descendants du radon (%)

Région	libres (100%)	attachés (100%)
ET1	43	5
ET2	43	6
BB	7,4	0,6
bb	5,9	2,2
AI	0,17	10

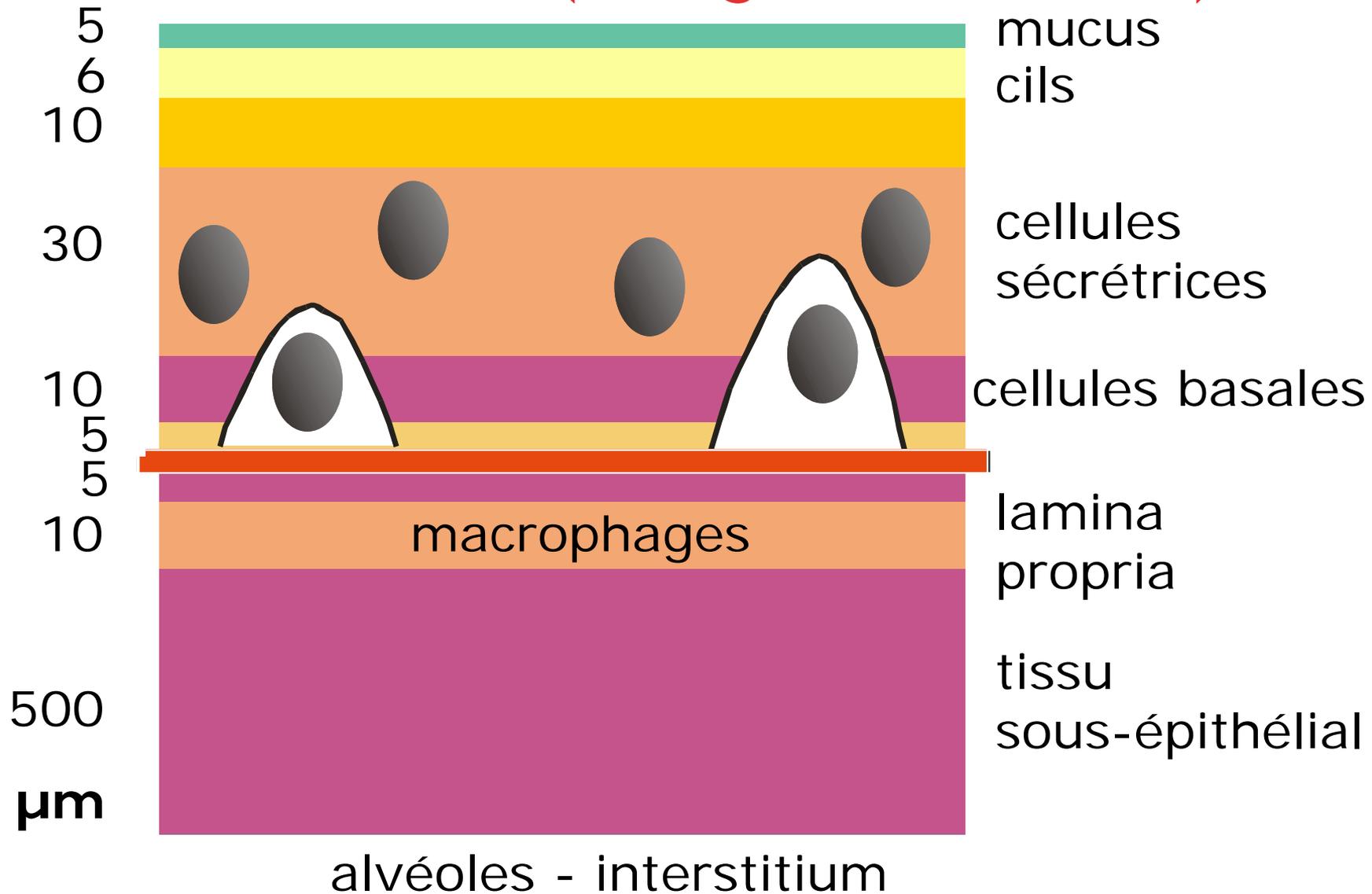
# Epuration



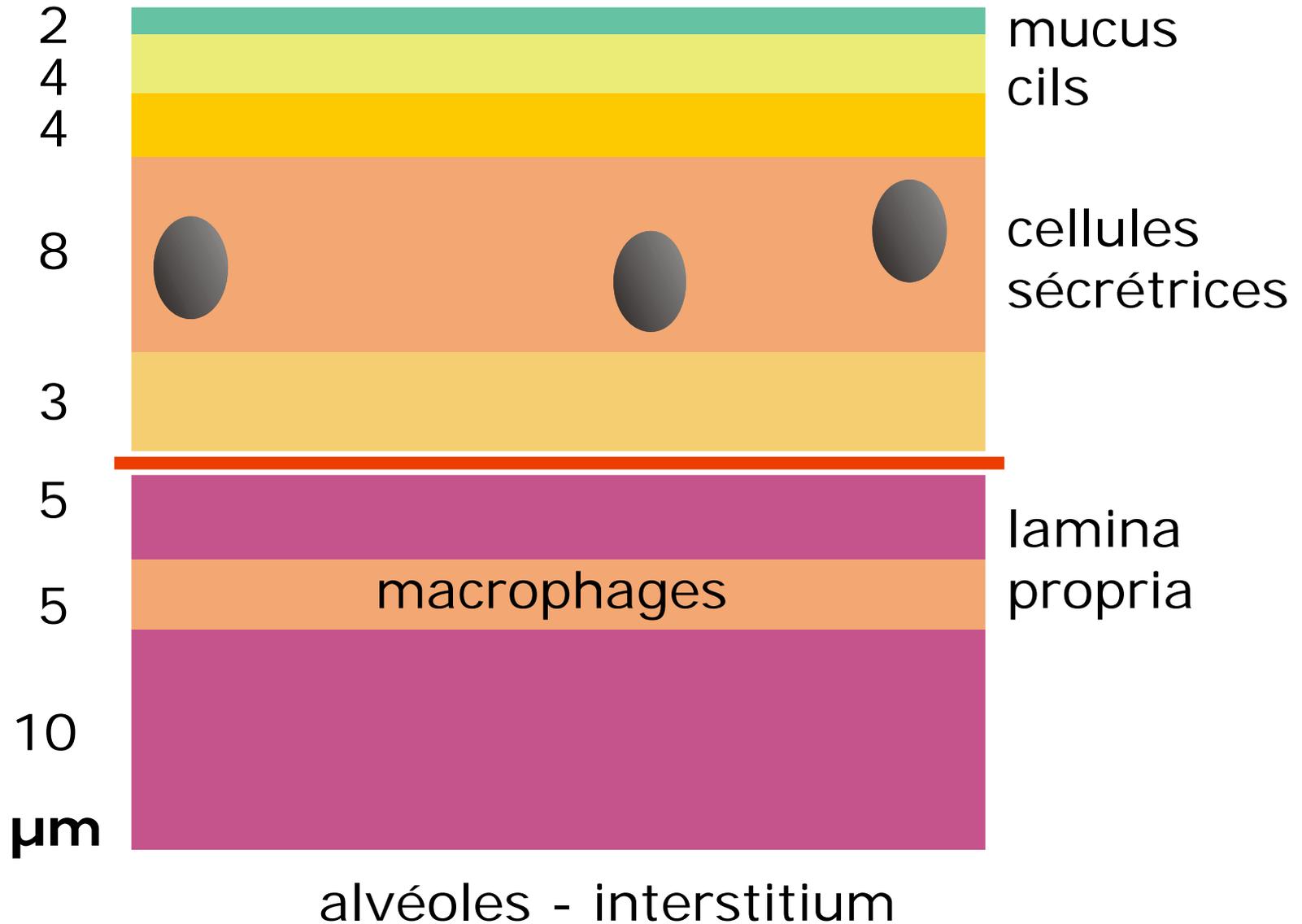
# Emetteur $\alpha$ ou $\beta$ déposé dans le poumon



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



# Paroi des bronchioles (bb : générations 9-15)



# Dose équivalente au poumon

$$H_{BB} = 0,5 H_{bas} + 0,5 H_{sec}$$

$$H_{poumon} = H_{BB} A_{BB} + H_{bb} A_{bb} + H_{AI} A_{AI}$$

avec

$$A_{BB} = 0,333 : A_{bb} = 0,333 : A_{AI} = 0,333$$

# 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 par 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

Merci de votre attention