



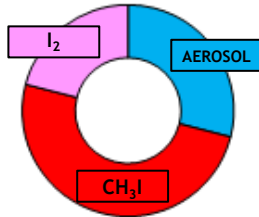
Granulométrie de l'iode particulaire

Implications sur le diamètre médian et les calculs de dose

Olivier Masson (IRSN/PSE-ENV/SERPEN/LEREN)
François Gensdarmes (IRSN/PSN-RES/SCA/LPMA)

Designed with Freepik Kjpgarter <https://fr.freepik.com/>

RAPPELS

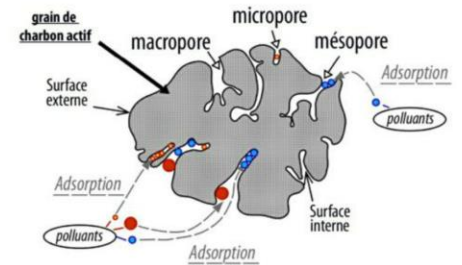
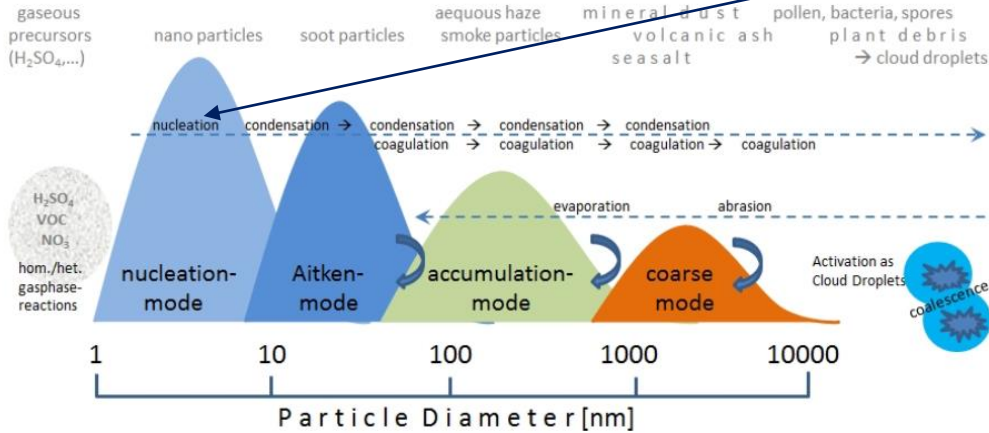


Fraction gazeuse majoritaire
mais fraction particulaire non
négligeable

Equilibre entre
puits et sources

Dépôts
secs et humides

Transferts
gaz → particules



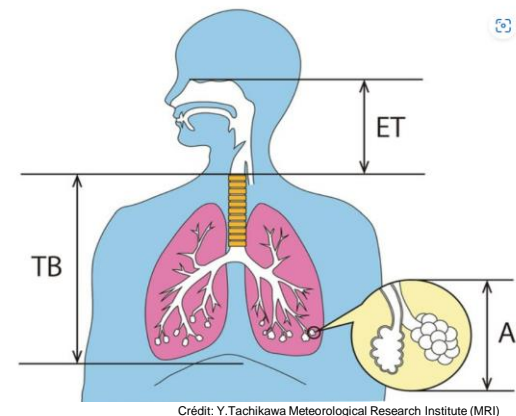
Eaux industrielles contaminées - Chapitre VIII. Les charbons actifs pour le traitement des eaux usées - Presses universitaires de Franche-Comté (openedition.org)

COEFFICIENTS DE DOSE PAR INHALATION

Coefficient de dose équivalente à la thyroïde (Sv/Bq)	Adulte
$^{131}\text{I}_2$	3,90 E-07 \div 2,3
$^{131}\text{ICH}_3$	3,10 E-07 \div 2,1
^{131}I aérosol 1 μm (F)	1,50 E-07

Dépôt d'aérosols dans l'arbre respiratoire

Pourcentage d'aérosols déposés en fonction de leur taille	0,01 μm	0,1 μm	0,3 μm	1 μm	10 μm
Région extra-thoracique (ET)	33	6	10	34	71
Région Trachéo-bronchique (TB)	33	8	4	3	2
Région Alvéolaire	25	29	15	11	3



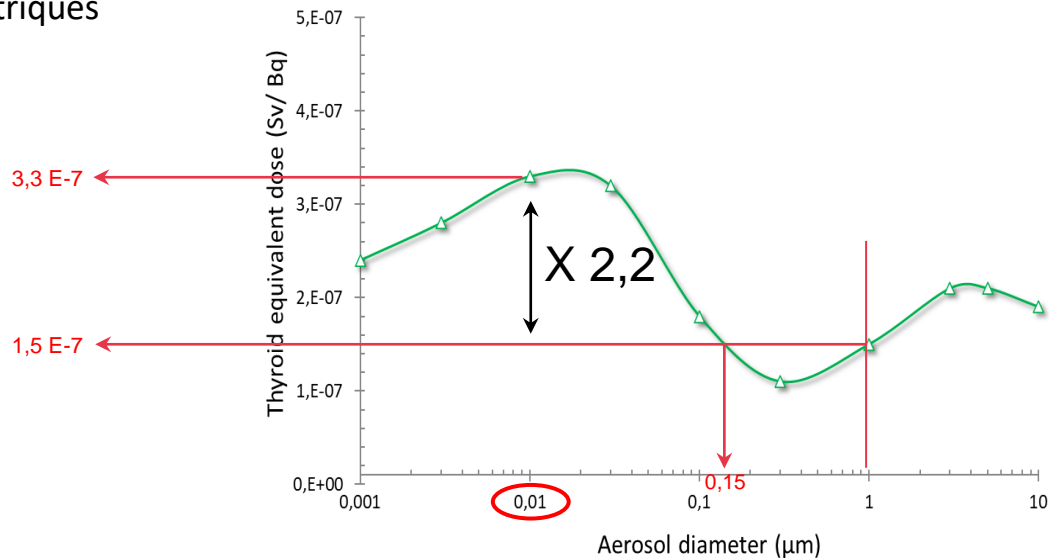
Crédit: Y. Tachikawa Meteorological Research Institute (MRI)

ENJEUX DOSIMÉTRIQUES



Dans le cas particulier de l'iode, la question d'un diamètre $< 1 \mu\text{m}$ pour le public mérite une attention particulière:

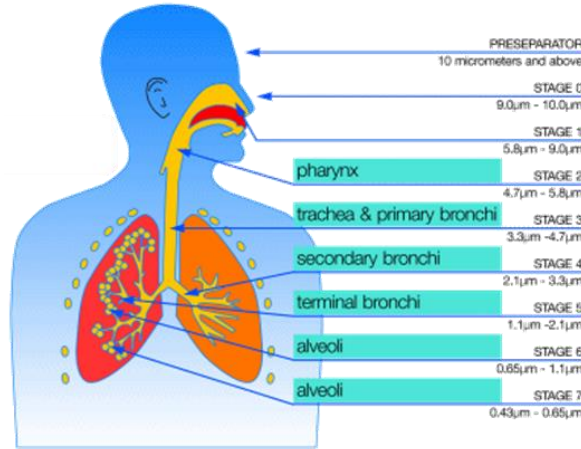
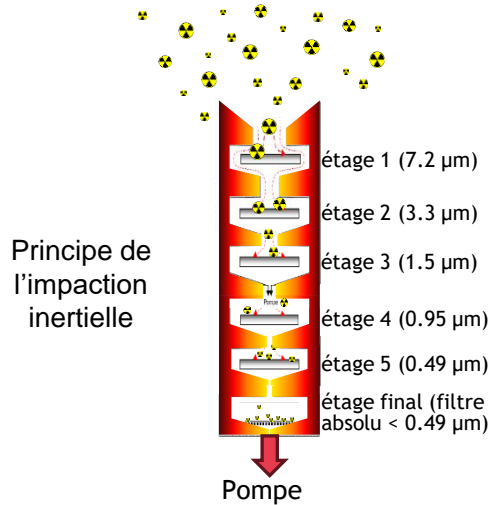
- La nucléation (conversion d'iode gazeux en iode particulaire) génère des aérosols iodés de tailles nanométriques



Si le diamètre médian est susceptible d'être $< 0,15 \mu\text{m}$, la dose par inhalation doit être calculée avec une valeur de coefficient de dose supérieure

DISPOSITIFS DE TRI GRANULOMÉTRIQUE ET DE COLLECTE D'AÉROSOLS

Un (ou plusieurs) impacteur(s) « cascade » comportant plusieurs étages de tri granulométrique, chacun ayant à un diamètre de coupure différent + 1 filtre absolu



Applications environnementales

- Impacteurs « haut débit » privilégiés → LD plus basses
- **MAIS** au détriment de la caractérisation de la fraction nanométrique (concerne l'iode uniquement)



Tisch / Sierra

68 m³/h, 5 étages 0,49→7,2 µm
 35 m³/h, 6 étages 0,41→10,2 µm



Andersen

1,7 m³/h, 8 étages 0,3→15 µm



Berner

1,9 m³/h, 14 étages 0,03→8 µm



Type E-LPI

1,8 m³/h, 14 étages 0,006→10 µm
 (Impaction inertielle + charge et détection électrique des aérosols)

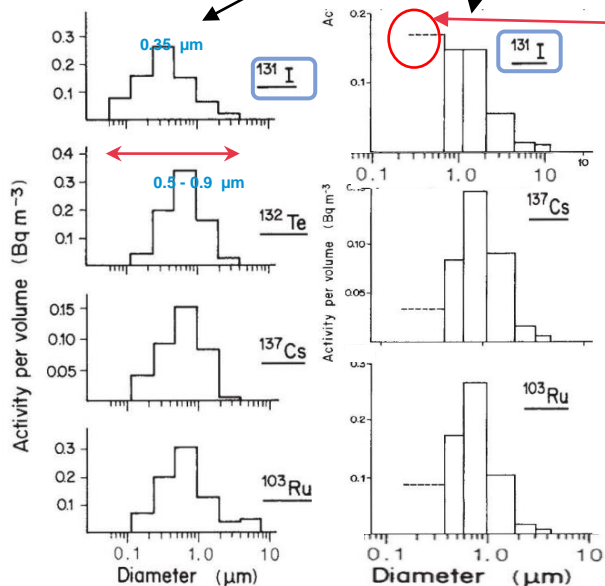


laboratoire

EXEMPLES DE DISTRIBUTIONS GRANULOMÉTRIQUES EN ¹³¹I

Tchernobyl

(prélèvements à Zurich et Spiez, Suisse)

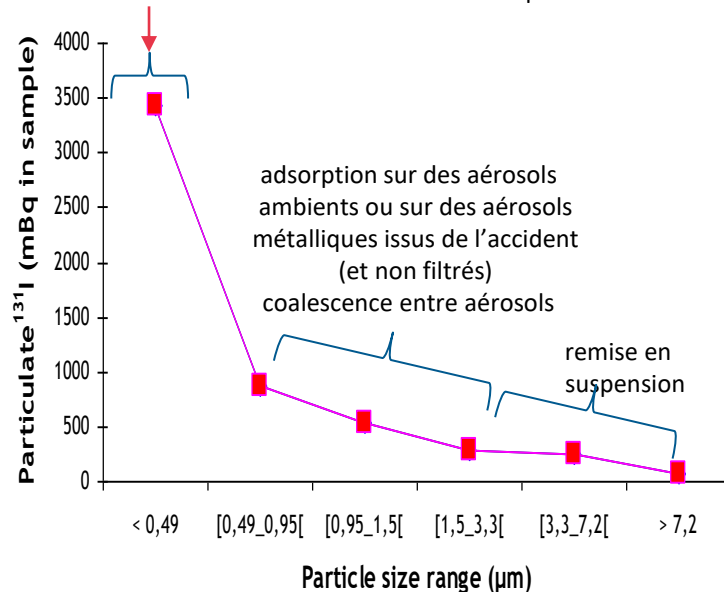


➤ Jost DT, et al., (1986) Nature, 324, 22-23

Fukushima

(prélèvements IRSN, Cadarache)

¹³¹I principalement associé à des aérosols < 0,45 μm dont ceux issus de la nucléation → 40 à 60% de tout l'iode particulaire



adsorption sur des aérosols
ambients ou sur des aérosols
métalliques issus de l'accident
(et non filtrés)
coalescence entre aérosols

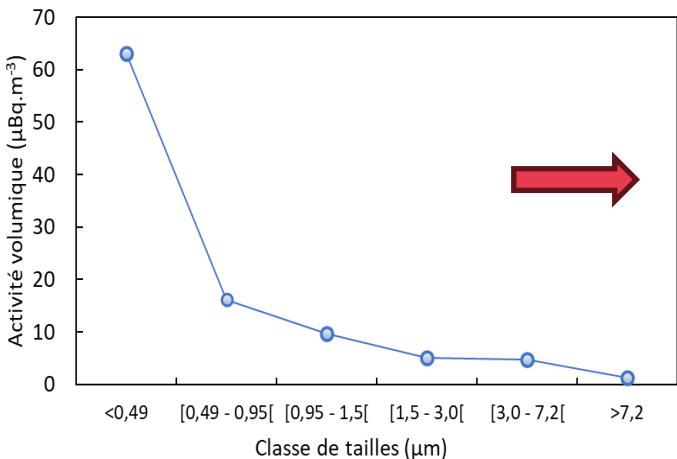
remise en
suspension

⇒ Conversion de 40 % d'¹³¹I gazeux en ¹³¹I particulaire entre Japon et Europe

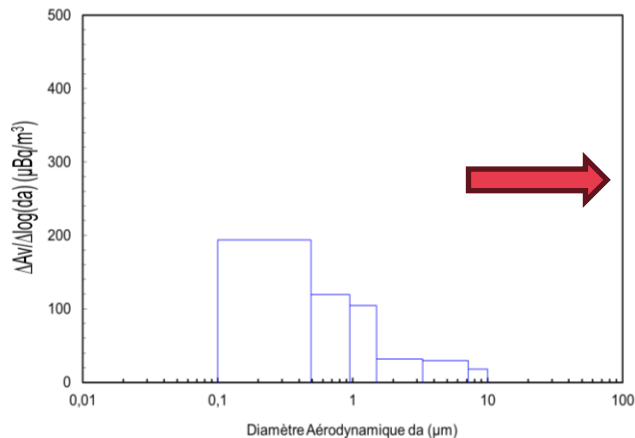
➤ Achim P, Monfort M, Le Petit G et al., (2014) Pure Appl. Geophys. 171, (3-5), 645-667

CALCUL DU DAMA EN 3 ÉTAPES

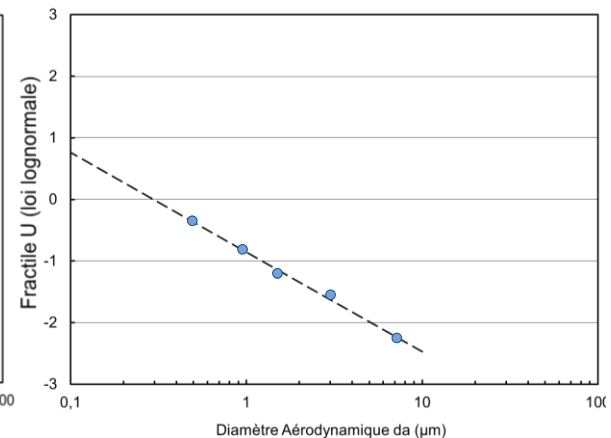
Distribution simple



Distribution différentielle



Distribution cumulée



➤ Masson O, et al. (2013) Environ. Sci. Technol., 47, 10995-11003



seuil de coupure inférieur
de l'impacteur = 0,49 μm

DAMA = 0,3 μm
GSD = 4,16

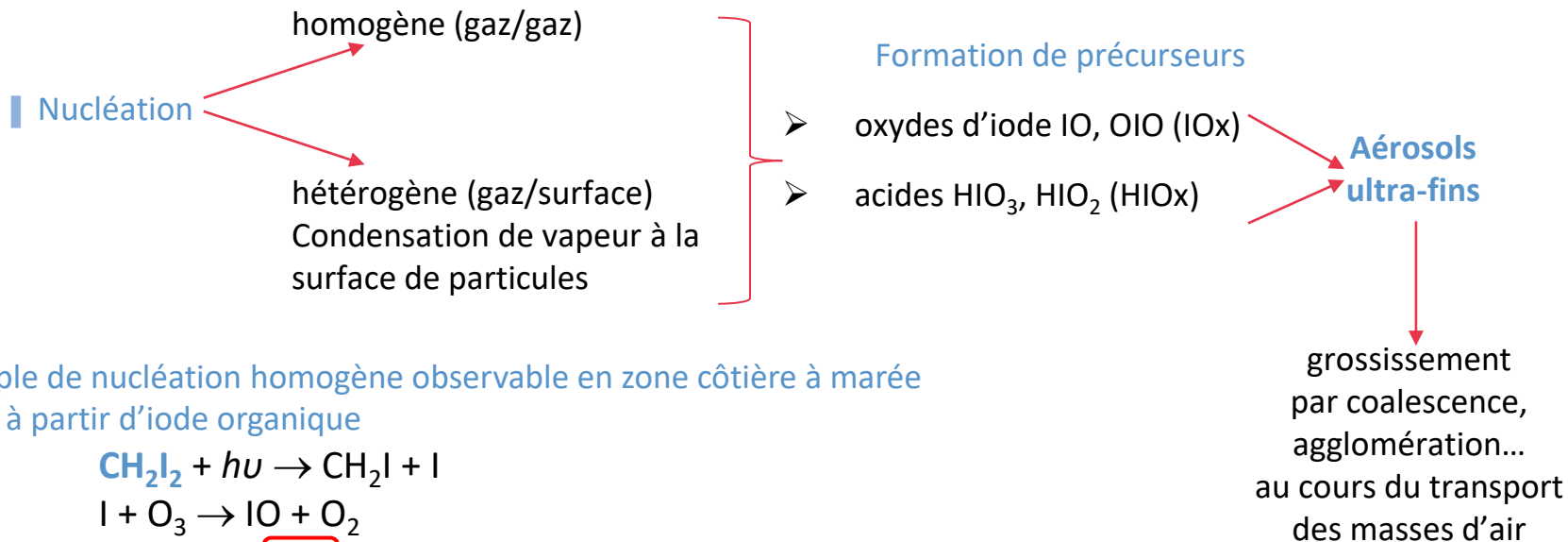


EXEMPLES DE DAMA DE I¹³¹ APRES TCHERNOBYL ET FUKUSHIMA

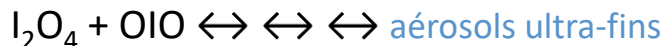
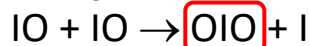
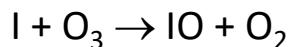
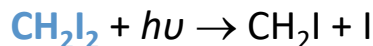
Lieu	Accident	DAMA ¹³¹ I (μm)
Helsinki, Finlande	Tchernobyl	0,33 - 0,57
Aachen, Allemagne	Tchernobyl	0,7
Gottigen, Allemagne	Tchernobyl	0,61
Zurich, Suisse	Tchernobyl	0,3 - 0,35
Prague, Rep. Tchèque	Tchernobyl	0,25 – 0,48
Tennessee, USA	Tchernobyl	0,32 – 0,37
New-York, USA	Tchernobyl	0,2
Tokai-mura , Japon	Tchernobyl	0,4 – 0,6
Tsukuba, Japon	Tchernobyl	0,3 – 0,7
Tsukuba, Japon	Fukushima	0,7
Nagano, Japon	Fukushima	0,57
Cadarache, France	Fukushima	0,3
Lodz, Pologne	Fukushima	0,38 – 0,53
Prague, Rep. Tchèque	Fukushima	0,35 – 0,47

De légèrement à ...
significativement sur-estimés

MÉCANISMES DE TRANSFERT DE L'IODE GAZEUX VERS L'IODE PARTICULAIRE



Exemple de nucléation homogène observable en zone côtière à marée basse à partir d'iode organique



■ Adsorption (autres interactions entre iode gazeux (I₂, CH₃I) et les aérosols ambiants

➔ Aérosols de toutes taille nano à micrométrique

CONCLUSIONS



- Démonstration de l'existence d'une fraction d'iode sous forme nanométrique issue des mécanismes de nucléation (conversion gaz → particule) et d'adsorption
- Une part significative voire l'essentiel de l'iode particulaire correspond à la fraction la plus fine des aérosols
- Diminution de la valeur du DAMA / autres RN moins volatils ou réfractaires
- Cette fraction n'est généralement pas accessible aux impacteurs « haut débit »
 - Biais instrumental quasi systématique dans les études avec impacteurs « haut-débit »
 - DAMA déterminés le plus souvent par extrapolation, i.e., en dehors du domaine accessible à ces appareils
 - La détermination du DAMA suppose une loi de distribution log-normale. Si distribution bi-modale nécessite la détermination de 2 DAMA



- Evaluation dosimétrique à corriger si le diamètre à considérer est $< 0,15 \mu\text{m}$

PERSPECTIVES



Développement d'un dispositif de tri + collecte à large spectre et haut débit (Brevet IRSN en cours) dans le cadre du projet SPECIOSA



Première utilisation prévue au 2^{ème} trimestre 2024 dans l'environnement de l'usine Orano de La Hague en complément des mesures d'iode gazeux organique et inorganique à l'aide des adsorbants (Cf. présentation d'hier de M. Chebbi)



Application possible aux descendants du radon et à d'autres composés volatils / semi-volatils

Remerciements

AC Grégoire

L. Bosland

L. Cantrel

P. Nerisson

M. Chebbi

C. Monsanglant

P. Laguionie

D. Hebert

O. Connan

D. Quélo

P. Paulat

J. Faramond


M. Terme

A. De Vismes-Ott

A. Meyer

N. Mohara

Merci pour votre attention

D'autres questions ? →  olivier.masson@irsn.fr