

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

## *Exposition de la population française aux rayonnements ionisants*

*(ce qu'il y a derrière la « Calculette » de l'IRSN)*

<https://expop.irsnn.fr/>

*Ph. Renaud  
IRSN-Direction de l'Environnement*

*Réunion plénière du  
Haut comité pour la transparence et  
l'information sur la sûreté nucléaire  
du 7 décembre 2017*

**CALCULETTE**

ESTIMEZ VOTRE EXPOSITION ANNUELLE  
AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

**CALCULEZ  
VOTRE EXPOSITION ANNUELLE**

Estimez votre exposition  
aux rayonnements  
ionisants

**CALCULER**

ET VOUS?

The image shows a promotional graphic for the 'Calculette' tool. It features a man in a blue shirt pointing at a red 'CALCULER' button. To the left is a calculator icon. The background is orange with white text.

Commune :

Pertuis (84)

Les caractéristiques de votre commune (altitude, nature des sols) servent pour l'estimation de votre exposition aux rayonnements cosmiques et telluriques et à celle liée au radon

Disposez-vous de données personnelles concernant la concentration en radon dans votre logement ?

Non

Vous habitez ...

une maison individuelle

Avez-vous bénéficié d'au moins un examen médical diagnostic (radiologie, scannographie, médecine nucléaire) au cours de l'année écoulée ?

Oui

Indiquer, pour chaque type d'examen, le nombre d'examens dont vous avez bénéficiés :

Scanner

Abdomen+pelvis

1

Ajouter un autre type d'examen

Avez-vous effectué au moins un transport en avion au cours de l'année écoulée ?

Oui

Indiquer, pour chaque destination, le nombre de vols aller-retours effectués :

Amérique

2

Supprimer

Ajouter une autre destination

Consommez-vous des coquillages, crustacés ou poissons ?

Oui

Vous en consommez ...

régulièrement (1 à 2 fois par semaine)

Etes-vous fumeur ?

Oui

Nombre de cigarettes par jour :

Calculer

<https://expop.irsn.fr/>

## CALCULETTE

ESTIMEZ VOTRE EXPOSITION ANNUELLE  
AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

**CALCULEZ  
VOTRE EXPOSITION ANNUELLE**



Estimez votre exposition  
aux rayonnements  
ionisants

**CALCULER**



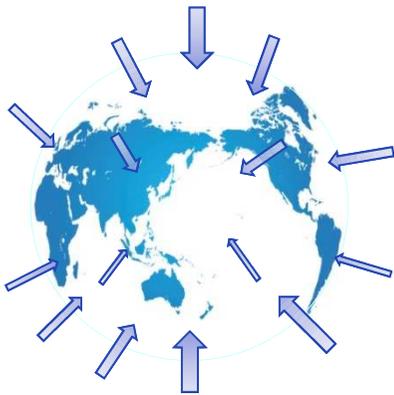
**ET  
VOUS ?**

### Pourquoi ces informations ?

### Comment sont-elles utilisées pour estimer son exposition personnelle ?

### Quelles sont les éléments les plus déterminants de cette exposition ?

# Le rayonnement cosmique



Le rayonnement cosmique est atténué par l'atmosphère.  
Le débit de dose engendré (nSv/h) dépend donc de l'altitude

90% de la population française vit à faible altitude et reçoit une dose comprise entre 0,3 mSv/an et 0,36 mSv/an

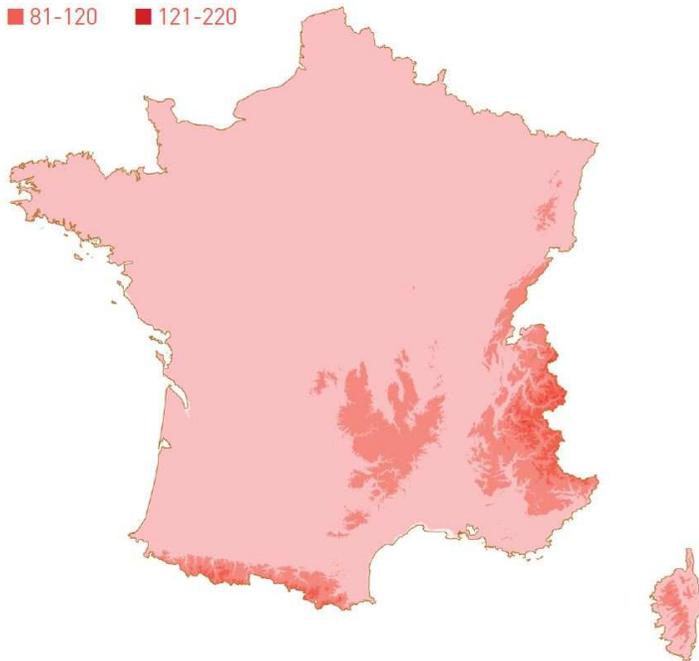
1% de la population reçoit jusqu'à 1,4 mSv/an

A l'altitude de croisière d'un  le débit de dose est de l'ordre de 0,005 mSv/h

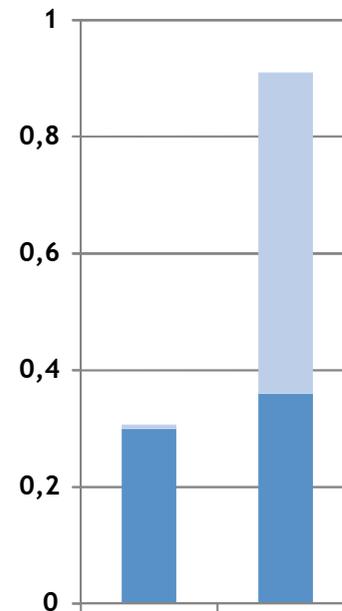
Du fait de leurs déplacements en avion, les français reçoivent une dose moyenne de 0,007 mSv/an  
Pour 11% d'entre eux (durée globale de vol plus importante), cette dose atteint 0,55 mSv/an, et 0,8 mSv/an pour 2% d'entre eux

nSv/h

37-50	51-80
81-120	121-220



mSv/an



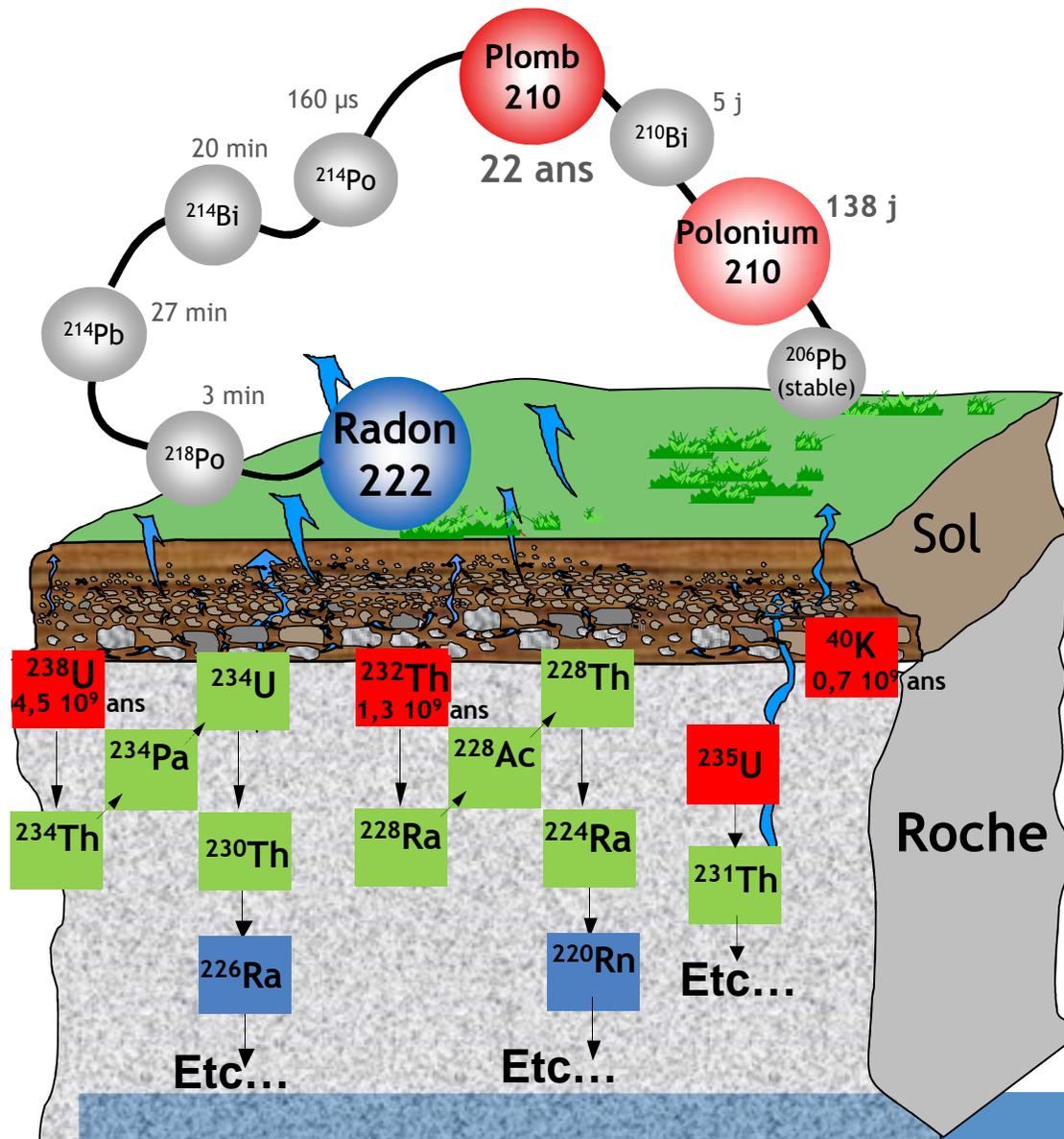
■ Cosmique avion  
■ Cosmique sol

Valeur basse/haute pour 90% des français



# Origine des radionucléides naturels présents dans l'environnement 1/2

En raison de leur très longue période radioactive, des radionucléides sont présents sur Terre depuis sa formation (encadrés en rouge)



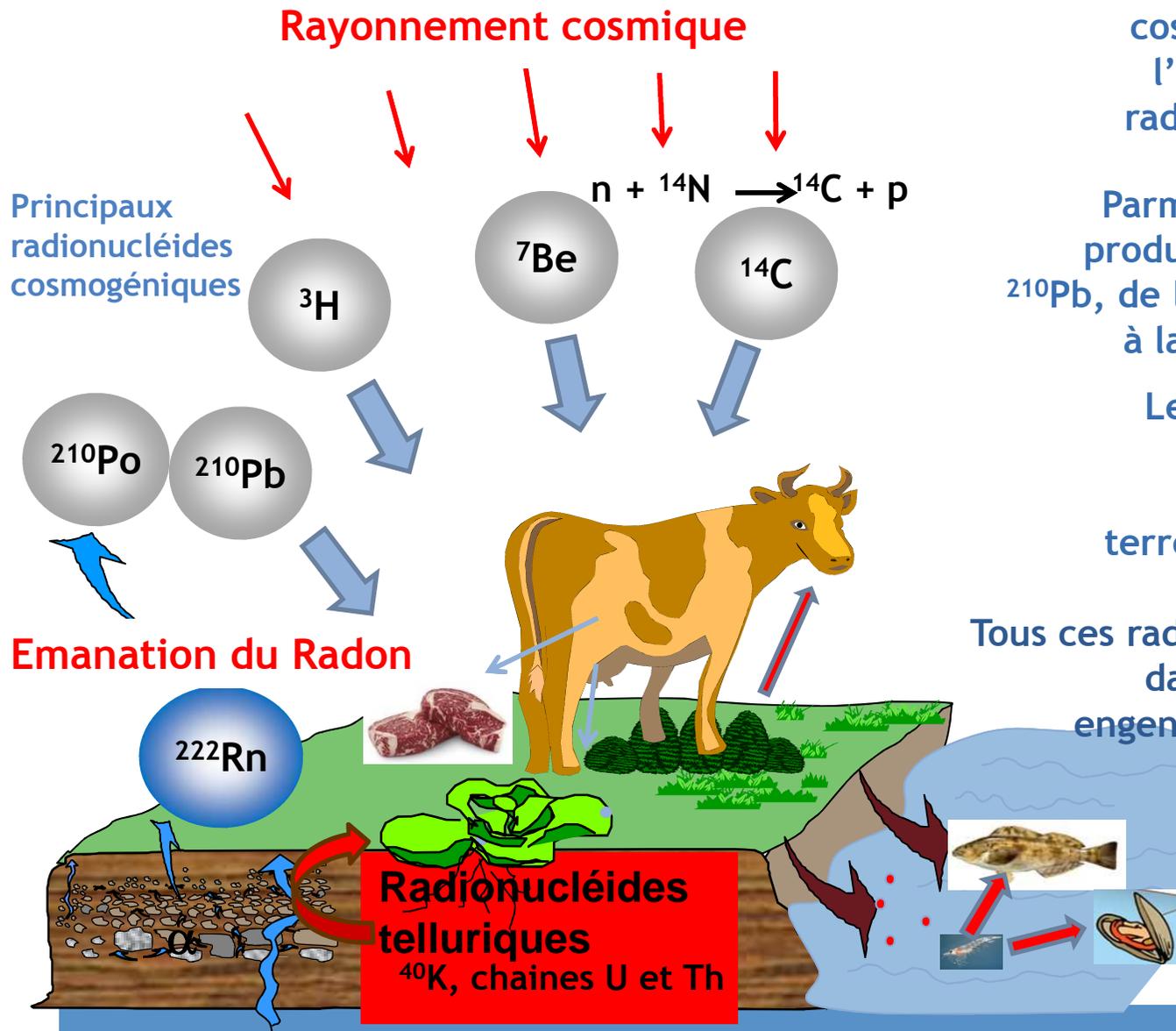
3 de ces radionucléides produisent en permanence par désintégration, 36 radionucléides qui ont des périodes allant de moins d'une seconde à plusieurs milliers d'années

Certains de ces radionucléides sont des émetteurs gamma à l'origine du rayonnement tellurique et de l'exposition externe qui en résulte

Le radon est un gaz radioactif produit par la désintégration du radium

Son émanation dans l'air et sa concentration à l'intérieur des habitations est à l'origine de la part la plus importante de l'exposition naturelle du public.

# Origine des radionucléides naturels présents dans l'environnement 2/2



Les interactions des rayonnements cosmiques avec les atomes de l'atmosphère produisent des radionucléides cosmogéniques

Parmi les descendants du radon produits dans l'air, le  ${}^{210}\text{Po}$  et le  ${}^{210}\text{Pb}$ , de longue période se déposent à la surface du sol et des mers

Les eaux continentales et les mers reçoivent les radionucléides du milieu terrestres par drainage des sols

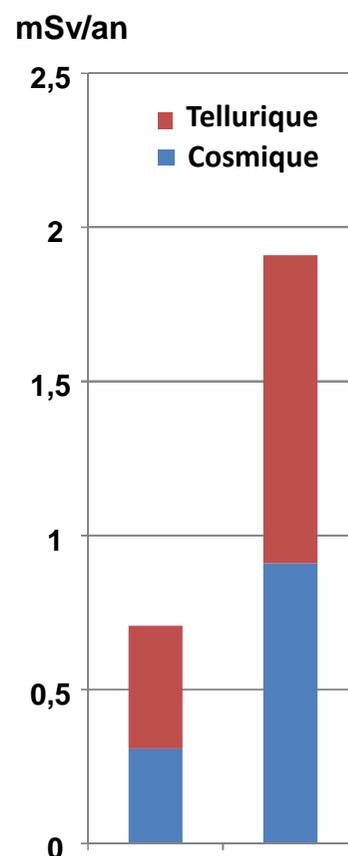
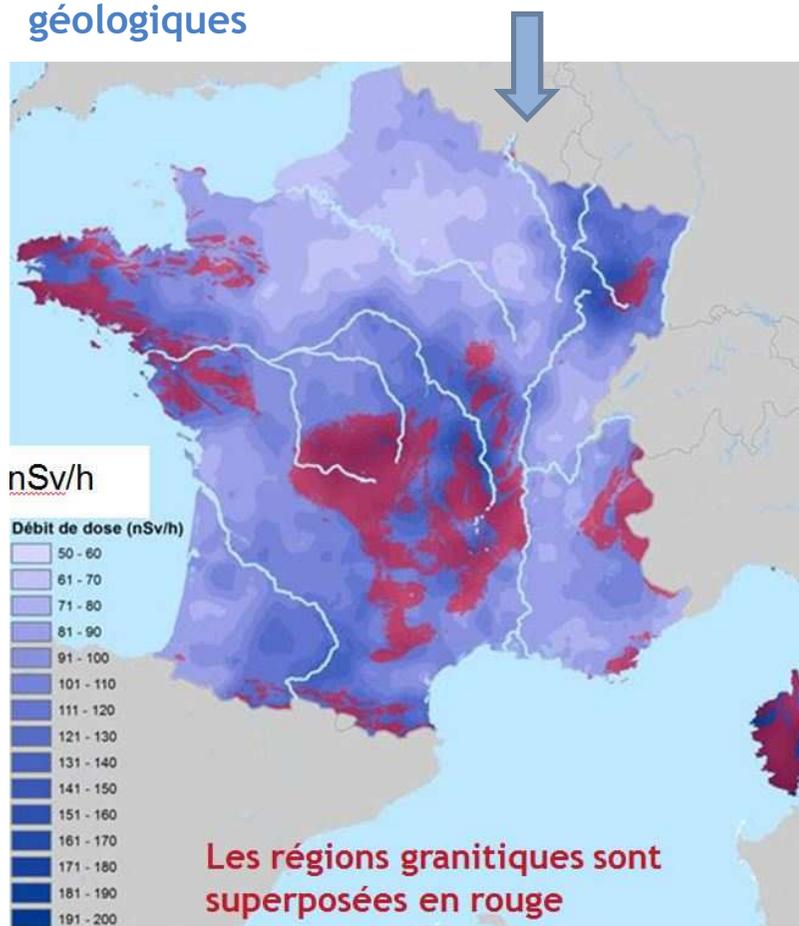
Tous ces radionucléides sont transférés dans la chaîne alimentaire et engendrent une exposition liée à l'ingestion de denrées.

# Le rayonnement tellurique

Le rayonnement tellurique dépend de la richesse du sol/sous-sols en radionucléides telluriques ( $^{40}\text{K}$  et descendants des chaînes de l'uranium et du thorium).

Il est plus important sur les roches granitiques (massifs armoricain, central, vosgien, corse...) que sur les terrains sédimentaires (bassins aquitain et parisien, massifs calcaires des Alpes et du Jura... )

La carte du débit de dose dans l'air en France (cosmique + tellurique), établie sur la base des mesures du réseau Télec de l'IRSN, montre le contraste généré par ces grands ensembles géologiques



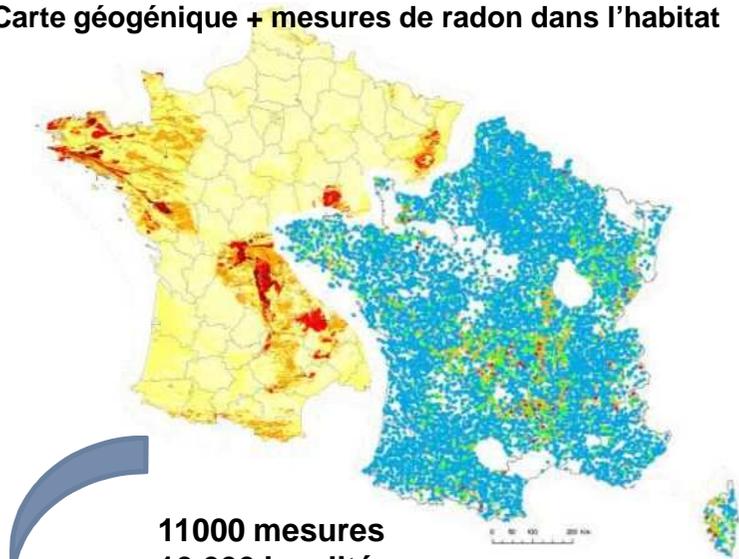
En France la dose moyenne liée au rayonnement tellurique est de 0,62 mSv/an

90% de la population française reçoit une dose comprise entre 0,4 et 1 mSv/an

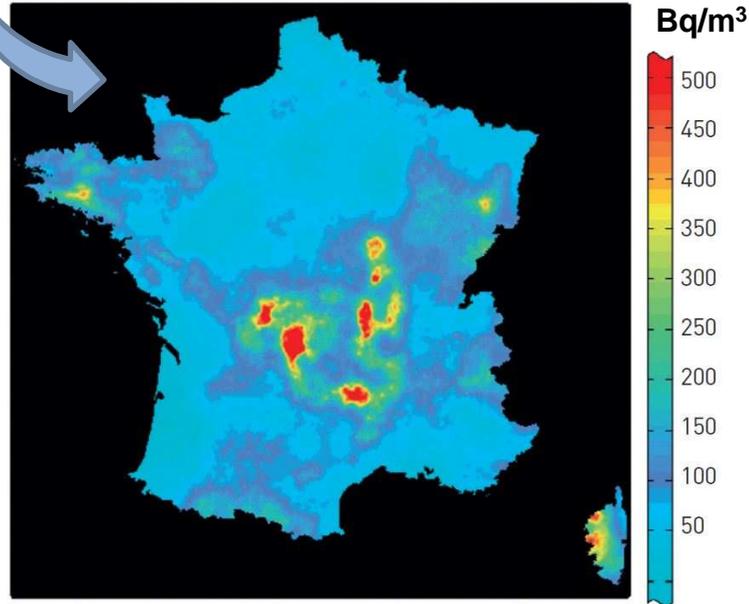
1% de la population reçoit entre 1 et 2 mSv/an

# Exposition au radon

Carte géogénique + mesures de radon dans l'habitat



11000 mesures  
10 000 localités

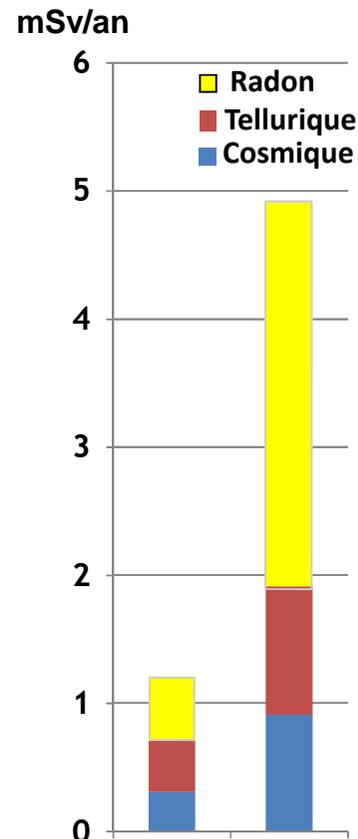


Pas de limite réglementaire en France mais une recommandation internationale de 300 Bq/m<sup>3</sup>

Le potentiel d'émanation du radon est plus important dans les régions granitiques

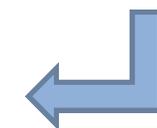
Le radon pénètre dans les habitations par les ouvertures, fissures... l'eau du robinet. Les caves, rez-de-chaussée et locaux peu aérés sont propices à le concentrer

L'exposition des poumons par inhalation est liée aux descendants radioactifs : polonium, bismuth et plomb



La moyenne nationale de l'exposition au radon est de 1,4 mSv/an

90% de la population recevrait une dose comprise entre 0,5 et 3 mSv/an

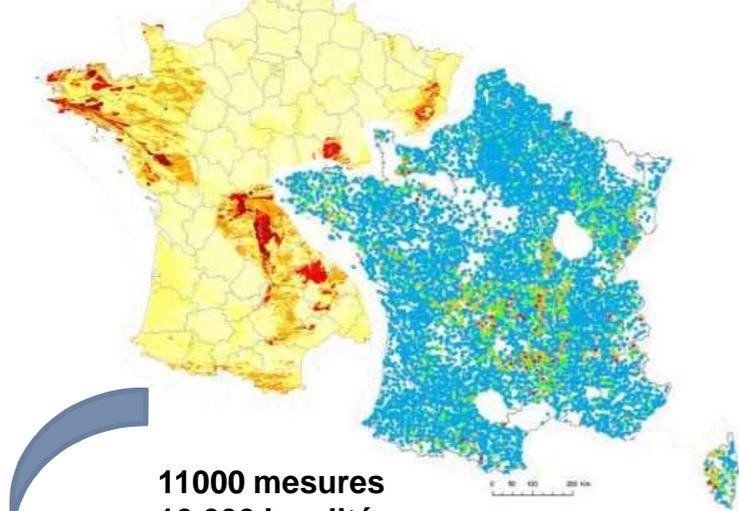


1% atteindrait 19 mSv/an

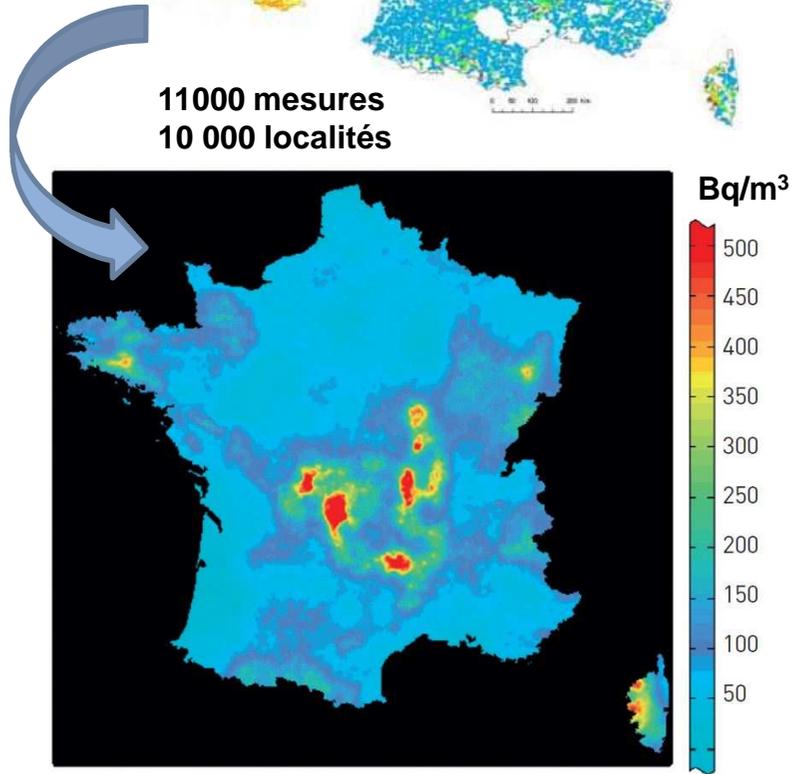
Ces doses vont devoir être prochainement multipliées par 2,7 !

# « Nouvelle » estimation des doses efficaces dues au radon

Carte géogénique + mesures de radon dans l'habitat



11000 mesures  
10 000 localités

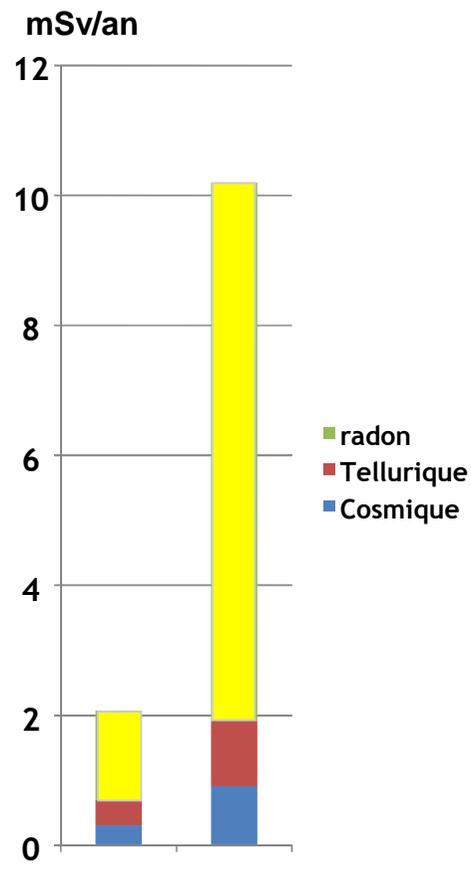


Pas de limite réglementaire en France mais une recommandation internationale de 300 Bq/m³

Le potentiel d'émanation du radon est plus important dans les régions granitiques

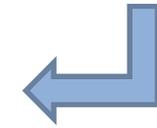
Le radon pénètre dans les habitations par les ouvertures, fissures... l'eau du robinet. Les caves, rez-de-chaussée et locaux peu aérés sont propice à le concentrer

L'exposition des poumons par inhalation est liée à ses 7 descendants radioactifs : polonium, bismuth et plomb



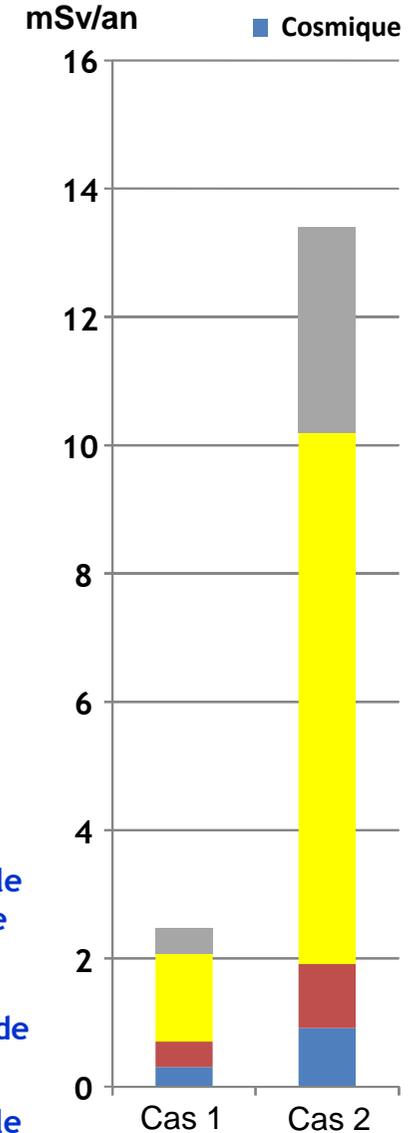
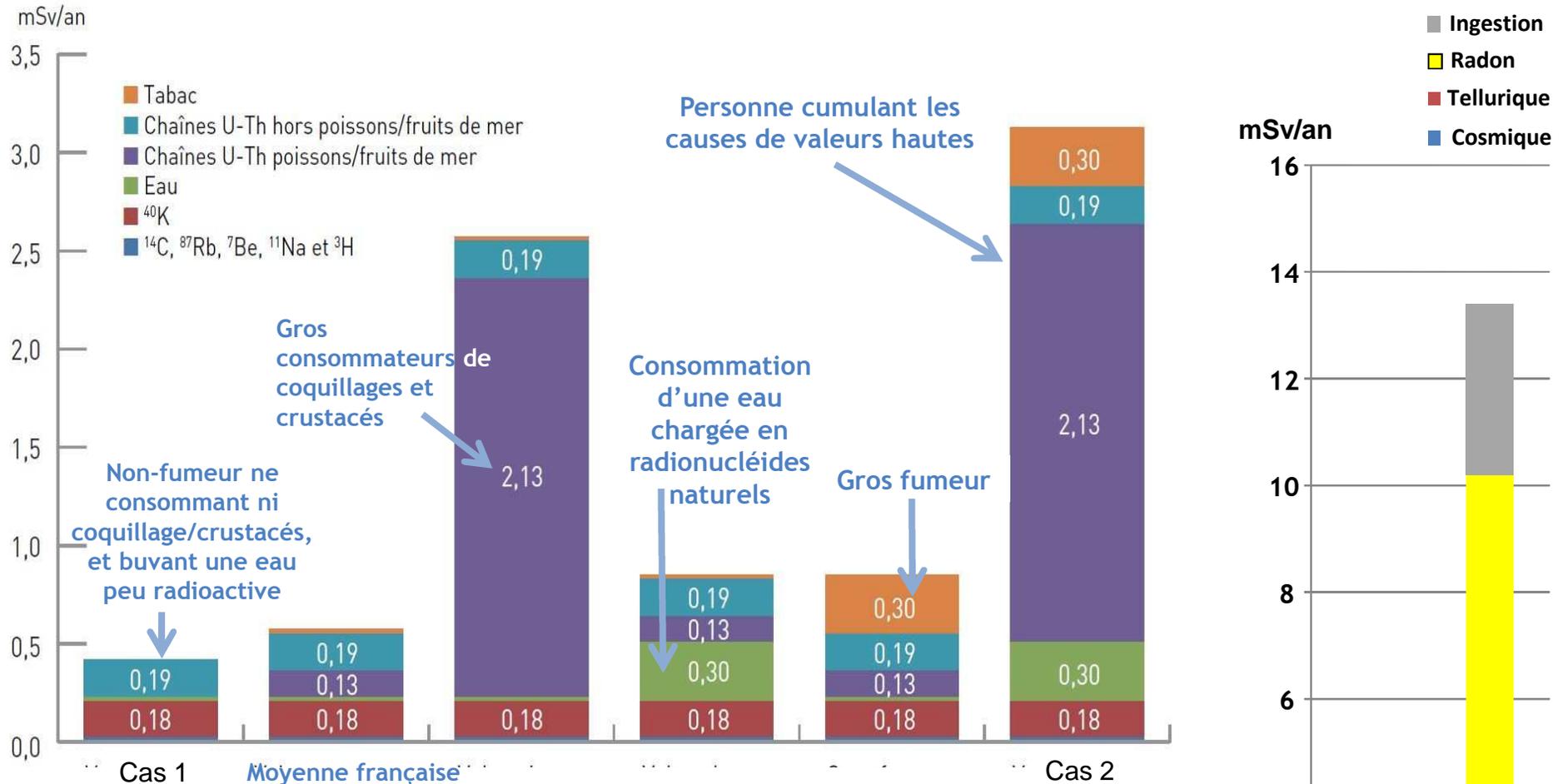
La moyenne nationale de l'exposition au radon est de 3,8 mSv/an

90% de la population recevrait une dose comprise entre 1,4 et 8,3 mSv/an



1% atteindrait 50 mSv/an

# Doses par incorporation de radionucléides naturels



Le concentration en potassium est régulée dans l'organisme (kaliémie). Donc, l'activité corporelle en  $^{40}\text{K}$  est également constante (4 à 5 000 Bq/personne) et conduit à une dose efficace constante

Il en est de même pour  $^{14}\text{C}$  : dose efficace annuelle de l'ordre de 12  $\mu\text{Sv}/\text{an}$

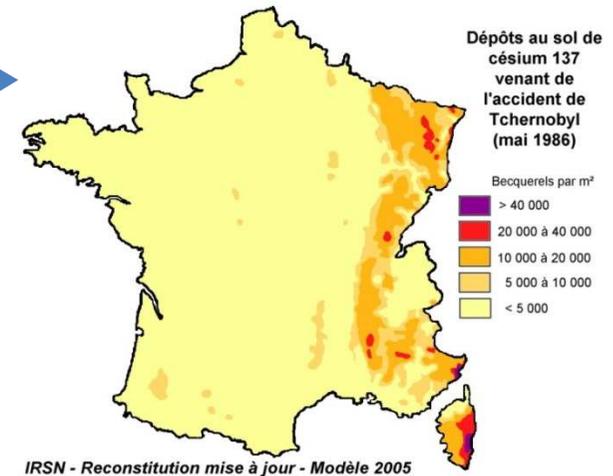
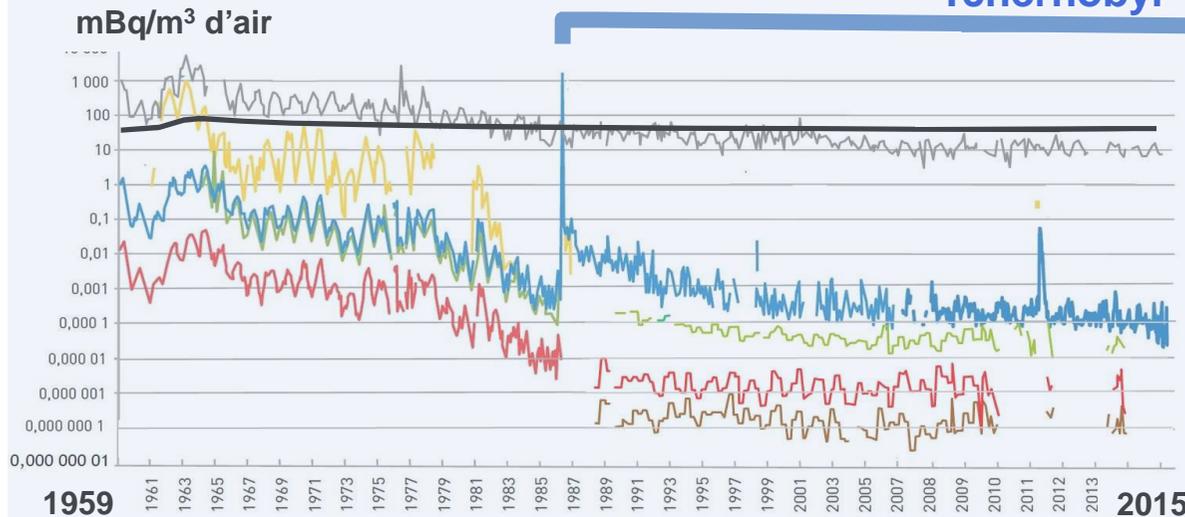
Le  $^{210}\text{Po}$  issu du radon de l'air se dépose sur les feuilles des végétaux et notamment les feuilles de tabac...

En raison de concentrations élevées dans les denrées et d'une forte radio-toxicité, Le  $^{210}\text{Pb}$  est le principal contributeur à l'exposition par incorporation de radionucléides naturels : 60 à 98% de la dose totale

# Les retombées des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl

Des dizaines de milliers de données...

Tchernobyl

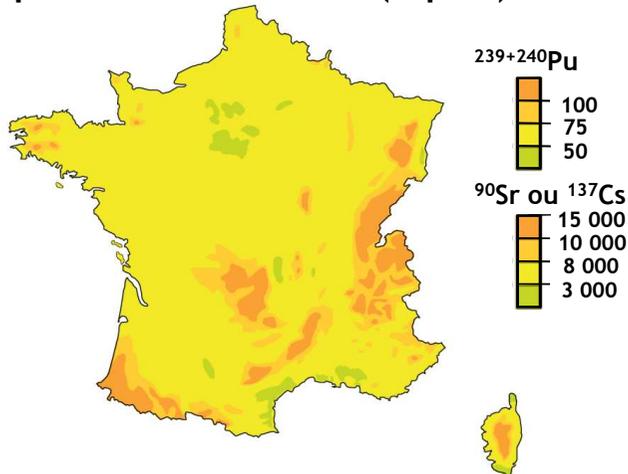


Dose moyenne à la thyroïde

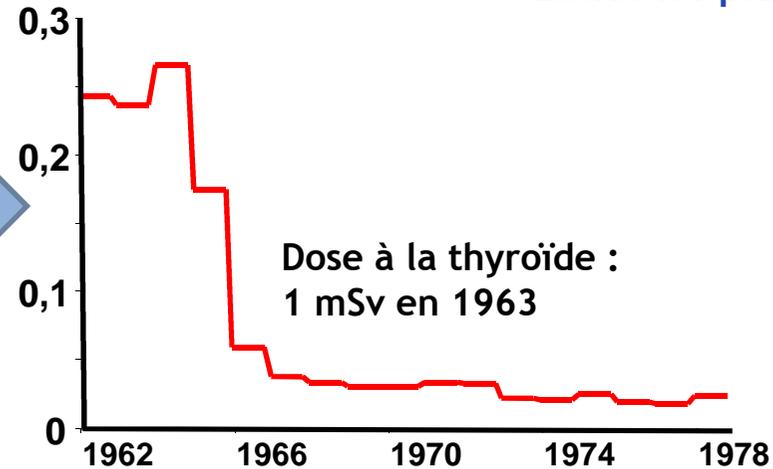
≈ 10 mSv pour les enfants

qq dizaines de mSv, voire 100 mSv, pour des enfants ayant consommé des produits laitiers frais issus des zones les plus touchées du pays.

Dépôts cumulés totaux (Bq/m<sup>2</sup>)



Dose efficace adulte mSv/an



## Évaluation de la dose efficace moyenne actuelle

due à la rémanence des retombées anciennes (essais nucléaires + Tchernobyl)



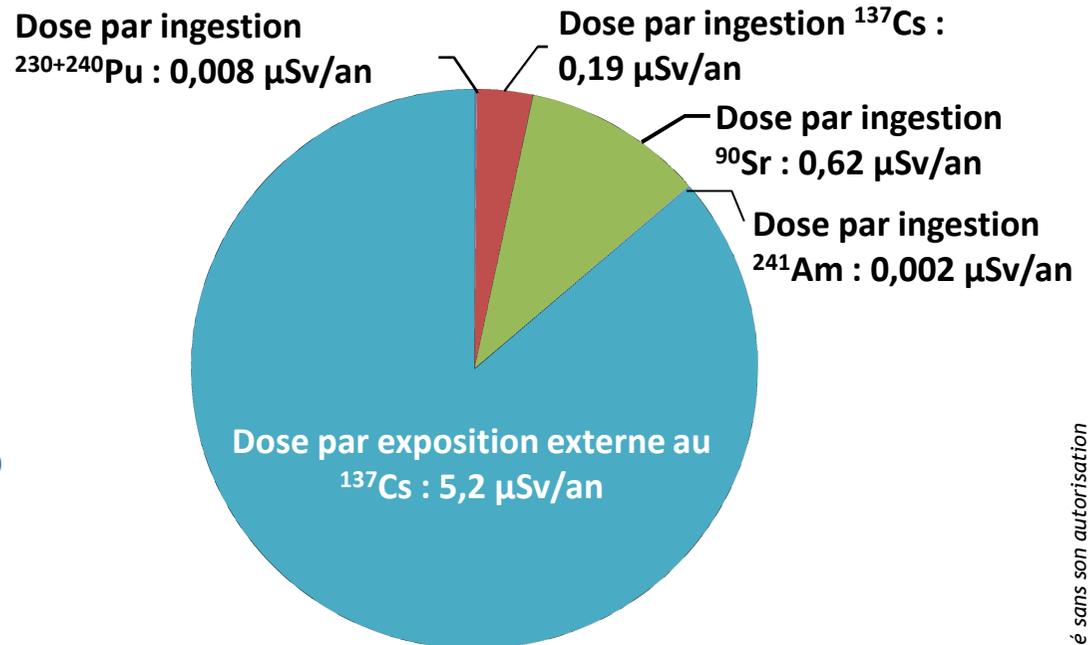
**Changement d'ordre de grandeur : de mSv à  $\mu$ Sv**

Bilan établi par l'IRSN sur les zones les plus touchées par ces retombées : Corse, Alpes du Sud, Ariège, Jura, Vosges et Pyrénées-Atlantiques

350 échantillons pour de  $^{137}\text{Cs}$ .

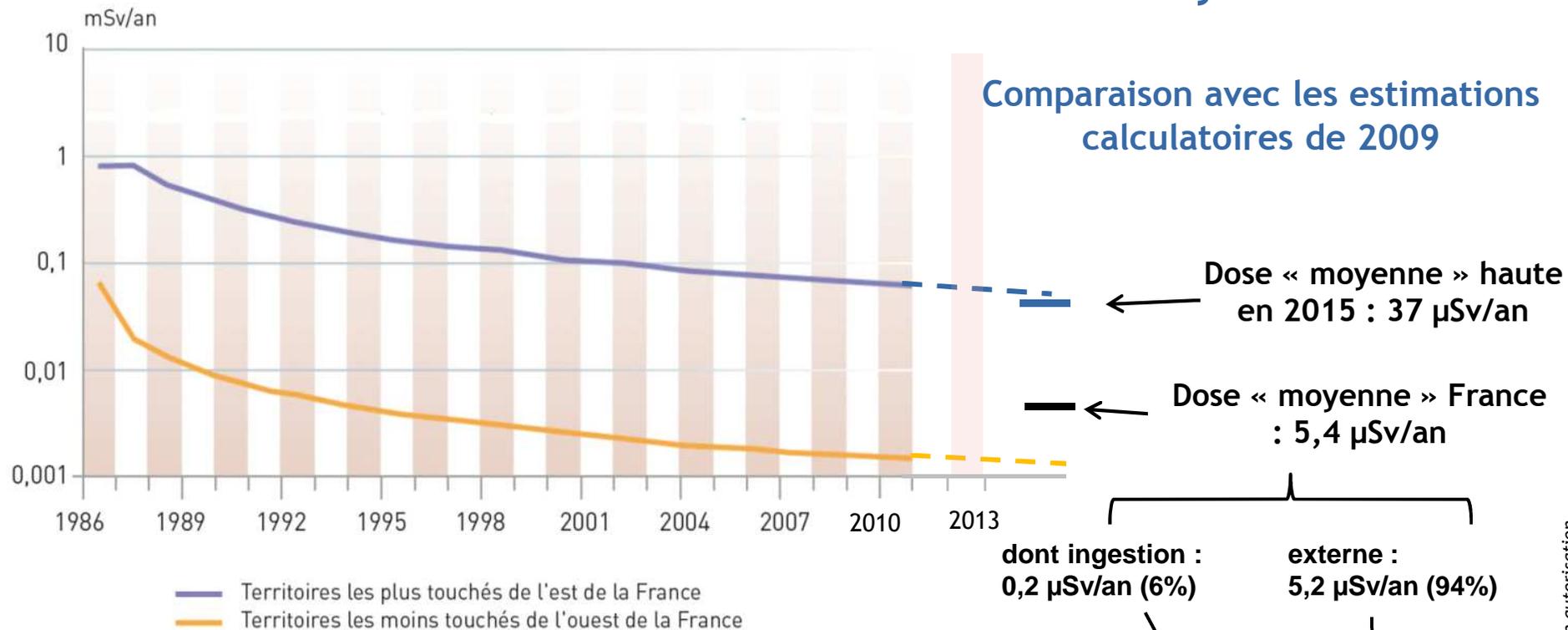
50 analyses complémentaires du  $^{90}\text{Sr}$  et 49 analyses de transuraniens (isotopes du Pu)

+ des mesures du débit de dose dans l'air



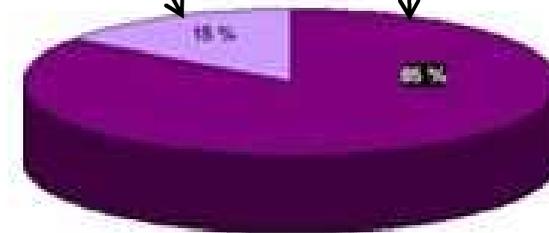
Si l'exposition externe en France, due à la rémanence des retombées anciennes, est presque exclusivement liée au  $^{137}\text{Cs}$  provenant de l'accident de Tchernobyl, l'exposition interne par ingestion de denrées est pour une très large majorité de la population liée aux retombées des essais nucléaires via l'incorporation de  $^{90}\text{Sr}$

# Évaluation des doses efficaces actuelles dues aux retombées de l'accident de Tchernobyl



Une dose calculée sur la base des mesures, conforme aux estimations de 2009

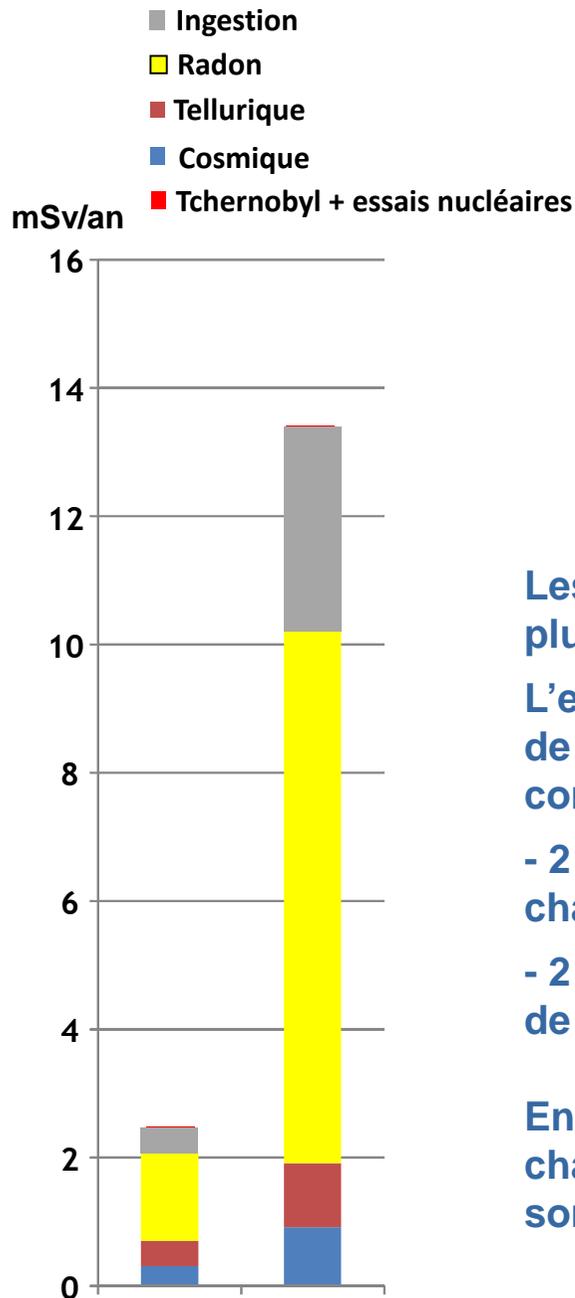
Une diminution de la contribution de l'ingestion dans la dose totale



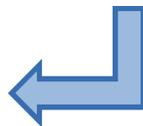
- Exposition aux rayonnements de l'air
- Exposition par inhalation de radionucléides
- Exposition aux rayonnements des dépôts
- Exposition par ingestion de radionucléides

Document IRSN - Ne peut être diffusé sans son autorisation

## Doses actuelles dues aux retombées anciennes : bilan et scénarios extrêmes



De manière générale, aujourd'hui en France, la contribution du  $^{137}\text{Cs}$  au débit de dose total est comprise entre moins de 1% et 15% (reste = cosmique + tellurique)  
La dose liée à la rémanence des retombées anciennes (externe+ ingestion) n'est pas visible sur ce graphique



Sur les « points chauds » d'altitude, cette contribution peut atteindre 40% ( $0,1 \mu\text{Sv/h}$  ; soit quelques dizaines de  $\mu\text{Sv}$  pour un bivouac)

Les activités en  $^{137}\text{Cs}$  des champignons et gibiers sont de loin les plus élevées (100 à 1000 fois supérieures à celle du lait par exemple).  
L'enquête alimentaire menée en 2013 autour du site de Bure, permet de disposer de rations pour des consommateurs réguliers ou de gros consommateurs de ces produits

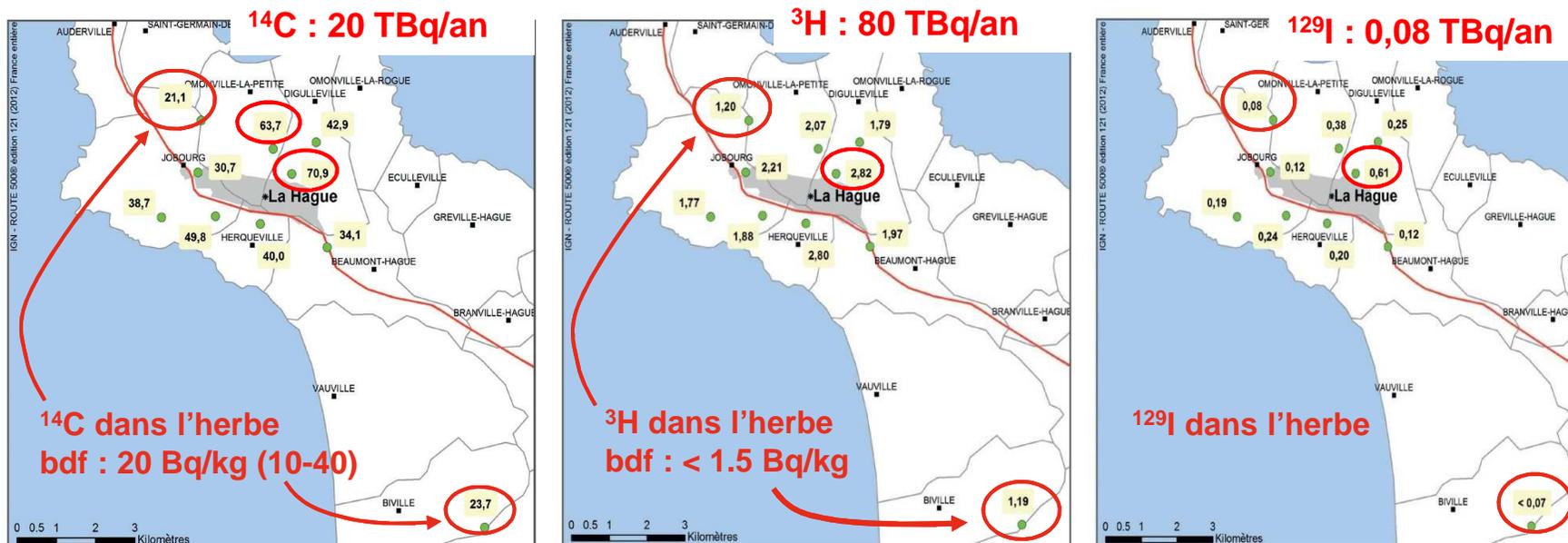
- 2 repas par mois composés chacun de : 200g de gibier et 100g de champignons
- 2 repas par semaine composés chacun de : 300g de gibier et 250g de champignons

En considérant les activités maximales mesurées (600 Bq/kg pour les champignons et 900 Bq/kg pour le gibier), les doses correspondantes sont de  $78 \mu\text{Sv/an}$  et  $570 \mu\text{Sv/an}$  respectivement

# Influence des installations nucléaires : La Hague

Rejets atmosphériques de  $^{14}\text{C}$  and  $^3\text{H}$  : 100 à 200 fois plus qu'un réacteur de 900 Mwe.

L'influence n'est visible que dans un rayon de 3 km autour du site (2-3 fois le Bdf).



Rejets atmosphériques de  $^{85}\text{Kr}$  (200-300 TBq/an) détectables à plusieurs centaines de km

Rejets liquides :  $^3\text{H}$   $\approx$  10 000 TBq/an ;  $^{14}\text{C}$   $\approx$  10 TBq/an  $\approx$  150 fois les rejets du CNPE de Gravelines (6 x 900 Mwe)

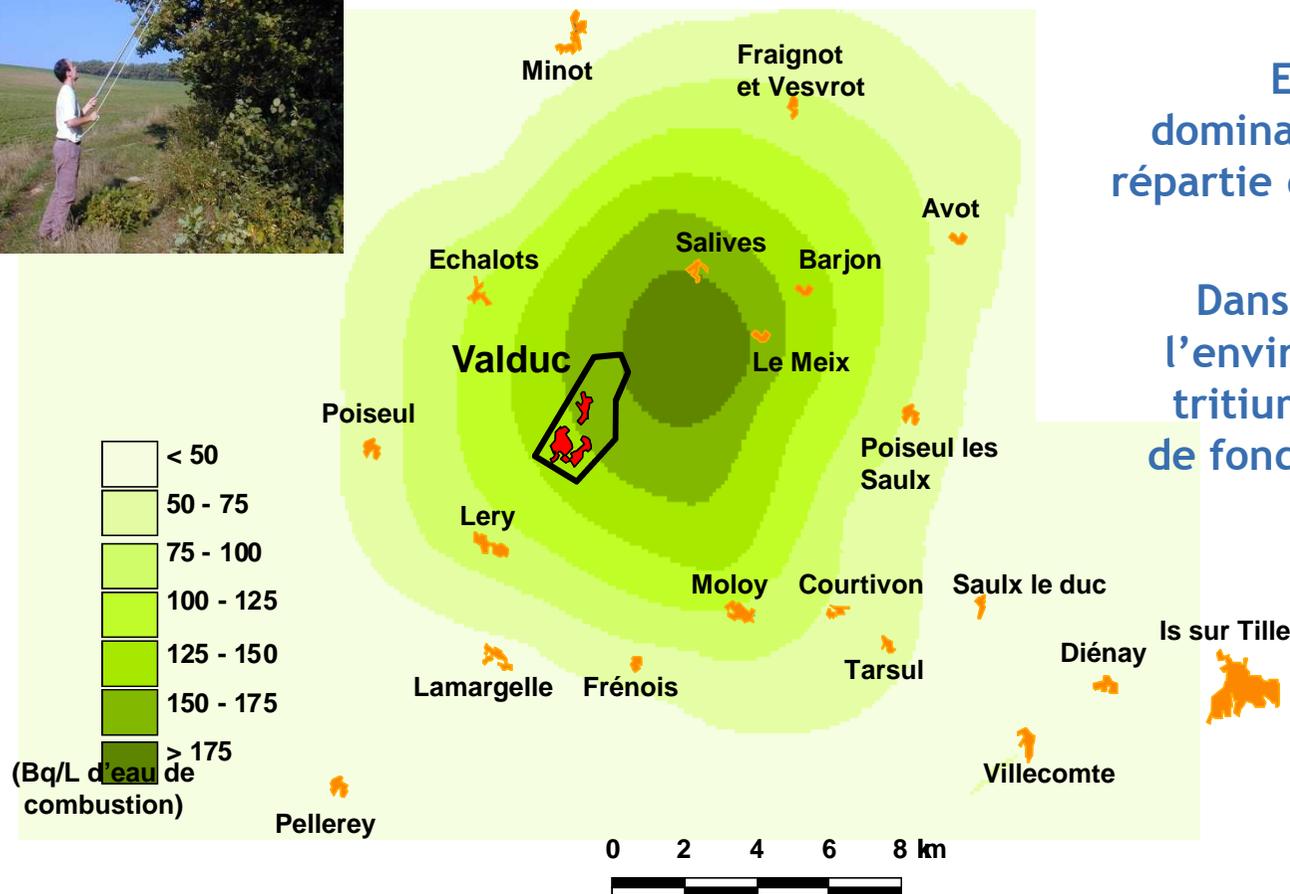
Activités en tritium de l'eau de mer de l'ordre de 10 Bq/L autour du nord-Cotentin et 5 Bq/L au niveau des côtes des Hauts de France

# Influence des installations nucléaires : Valduc

Rejets atmosphériques de tritium  $\approx 300$  TBq/an  $\approx 3,5$  fois La Hague,  
 $\approx 1000$  fois un réacteur de 900 Mwe  
les plus importants de tous les sites nucléaires français



$^3\text{H}$  (TOL) dans les feuilles de chênes



En l'absence de vents (très) dominants, la zone influencée est répartie de manière homogène tout autour du site

Dans toutes les composantes de l'environnement, les activités de tritium sont supérieures au bruit de fond jusqu'à quelques dizaines de km du site

Document IRSN - Ne peut être diffusé sans son autorisation

## Doses efficaces annuelles potentielles sous influence des installations nucléaires

Site	Dose efficace adulte (µSv)	Radionucléide	Voie d'atteinte
La Hague	0,6 - 3,5	<sup>85</sup> Kr	externe panache
	0,7	<sup>14</sup> C	Ingestion de denrées
	1,1	<sup>129</sup> I	ingestion de denrées terrestres
	0,62	<sup>60</sup> Co, Pu, <sup>241</sup> Am	Ingestion de denrées marines)
Valduc	0,39	<sup>3</sup> H	toutes
Marcoule	0,40	<sup>3</sup> H	toutes
Bruyère-le-Châtel	0,14	<sup>3</sup> H	toutes
Grenoble ILL	0,14	<sup>3</sup> H	toutes
Saclay	0,28	<sup>3</sup> H	Eau de boisson
	1,4	<sup>14</sup> C	Ingestion de poissons d'étang

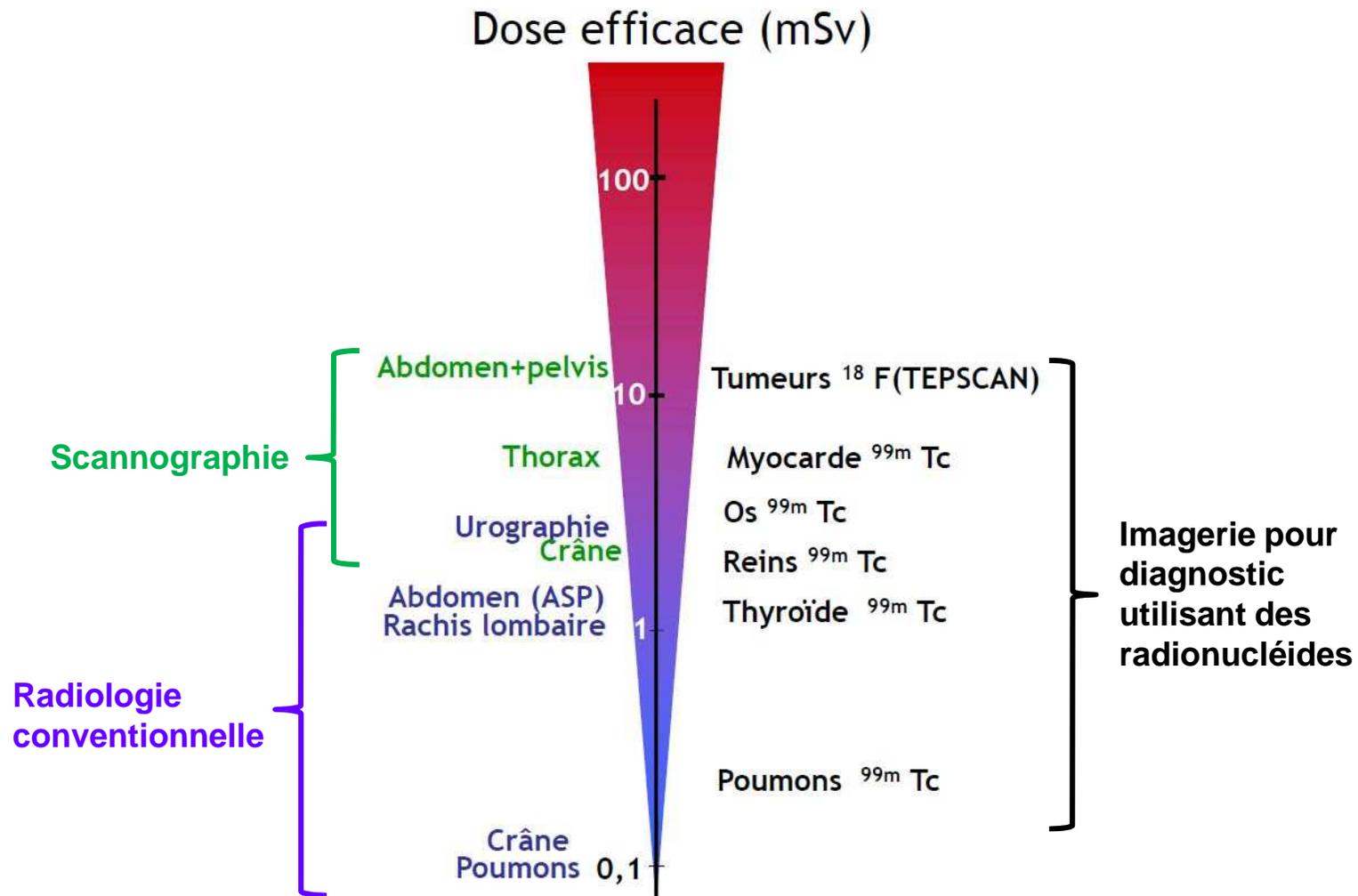
Document IRSN - Ne peut être diffusé sans son autorisation

## Doses efficaces potentielles sous influence des installations nucléaires

Site	Dose efficace adulte (µSv)	Radionucléide	Voie d'atteinte
CNPE	0,1	<sup>14</sup> C	Ingestion de denrées
	0,12	<sup>14</sup> C	ingestion de poissons de rivière
	0,01 à 0,7	<sup>3</sup> H	Ingestion d'eau de rivière
	0,08	<sup>110m</sup> Ag	ingestion de denrées marines
	0,0004	<sup>60</sup> Co, <sup>58</sup> Co, <sup>110m</sup> Ag	Inhalation + exposition externe
Malvésii	2,0	U	Inhalation
	0,4	U	Ingestion de légumes
Tricastin	0,05	U	Inhalation
Romans sur Isère	0,5	U	Inhalation

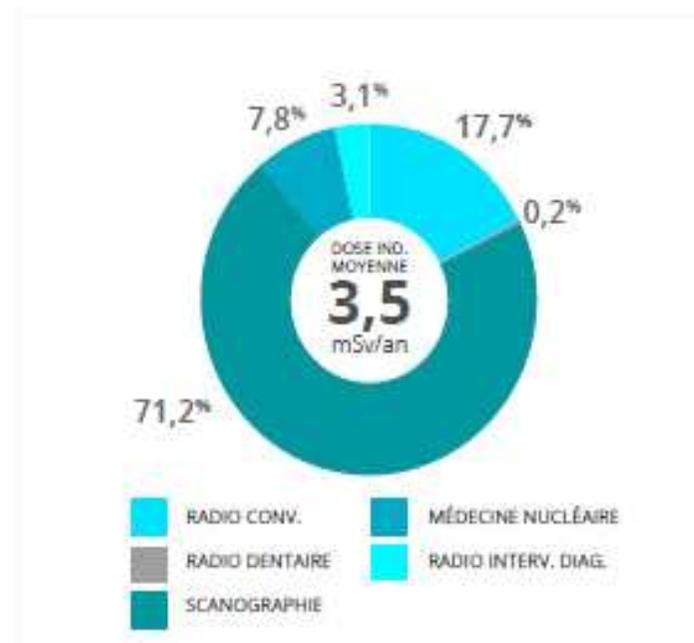
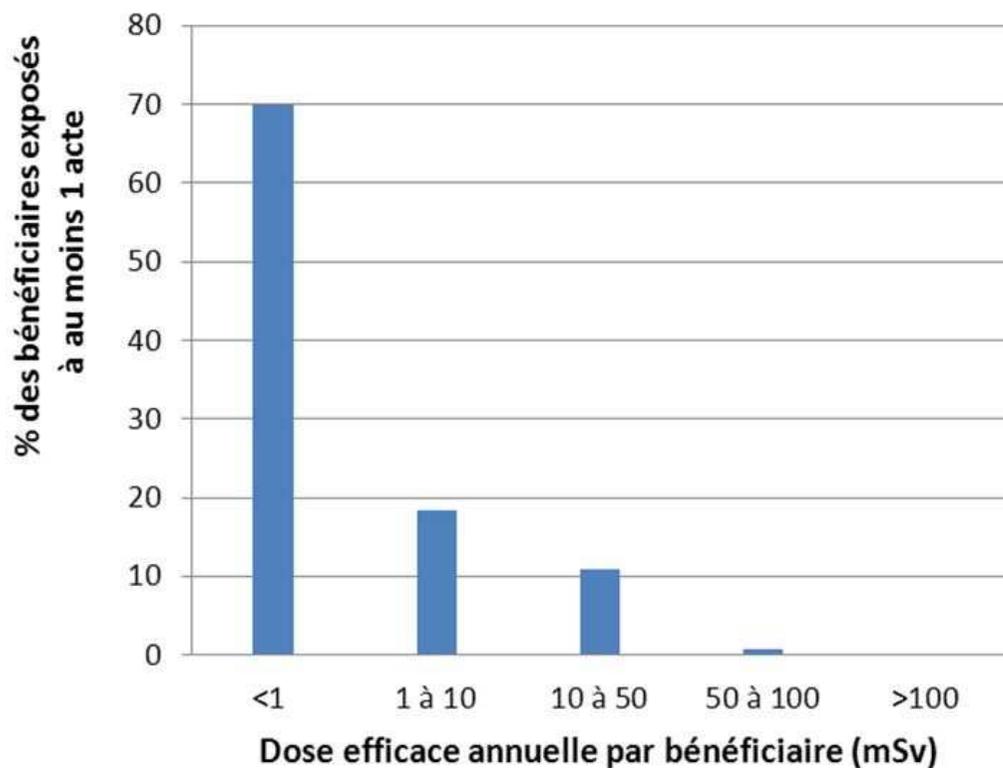
Document IRSN - Ne peut être diffusé sans autorisation

# Ordre de grandeur des doses efficaces liées à l'imagerie médicale à des fins de diagnostic



# Répartition des doses liées au radiodiagnostic médical

## Bilan 2012



56% de la population n'ont pas eu recours à un examen de radiodiagnostic en 2012

Parmi ceux qui en ont fait, 30 % ont reçu plus de 1 mSv/an, 10 % plus de 10 mSv/an (soit  $\approx$  5% de la population)

Commune :

Les caractéristiques de votre commune (altitude, nature des sols) servent pour l'estimation de votre exposition aux rayonnements cosmiques et telluriques et à celle liée au radon

Disposez-vous de données personnelles concernant la concentration en radon dans votre logement ?

Vous habitez ...

Avez-vous bénéficié d'au moins un examen médical diagnostic (radiologie, scannographie, médecine nucléaire) au cours de l'année écoulée ?

Indiquer, pour chaque type d'examen, le nombre d'examens dont vous avez bénéficiés :

<input type="text" value="Scanner"/>	<input type="text" value="Abdomen+pelvis"/>	<input type="text" value="1"/>
--------------------------------------	---	--------------------------------

[Ajouter un autre type d'examen](#)

Avez-vous effectué au moins un transport en avion au cours de l'année écoulée ?

Indiquer, pour chaque destination, le nombre de vols aller-retours effectués :

<input type="text" value="Amérique"/>	<input type="text" value="2"/>	<a href="#">Supprimer</a>
---------------------------------------	--------------------------------	---------------------------

[Ajouter une autre destination](#)

Consommez-vous des coquillages, crustacés ou poissons ?

Vous en consommez ...

Etes-vous fumeur ?

Nombre de cigarettes par jour :

### CALCULETTE

ESTIMEZ VOTRE EXPOSITION ANNUELLE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

**CALCULEZ VOTRE EXPOSITION ANNUELLE**

Estimez votre exposition aux rayonnements ionisants

**ET VOUS ?**

**Vous savez maintenant comment sont utilisées les informations à fournir à la *Calculette IRSN* pour estimer votre exposition personnelle**

**! Cette calculette est appelée à évoluer pour le radon**

*Merci de votre attention*