

Initiation à la radioactivité et à la radioprotection

SOMMAIRE

La radioactivité

Modes d'exposition

Effets biologiques des rayonnements

Panorama des sources

Détection des rayonnements

Notions de réglementation

Gestion des déchets radioactifs

Sources médicales

La radioactivité

Modes d'exposition

Effets biologiques des rayonnements

Panorama des sources

Détection des rayonnements

Notions de réglementation

Gestion des déchets radioactifs

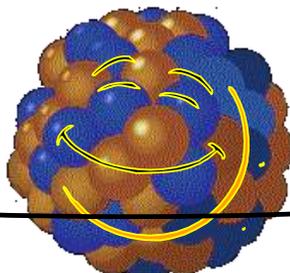
Sources médicales

RADIOACTIVITÉ

STRUCTURE DE L'ATOME

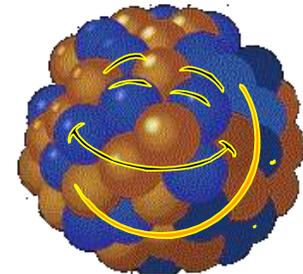
| | Particules | Charge électrique | Masse |
|-------------------------|------------|-------------------|-------|
| NOYAU | PROTON | positive | 2000 |
| | NEUTRON | 0 | 2000 |
| CORTEGE ELECTRONIQUE | ELECTRON | négative | 1 |

Dessin archi faux !



RADIOACTIVITÉ

REPRÉSENTATION DE L'ATOME



X : symbole de l'élément chimique

Z : nombre de protons (**numéro atomique**)

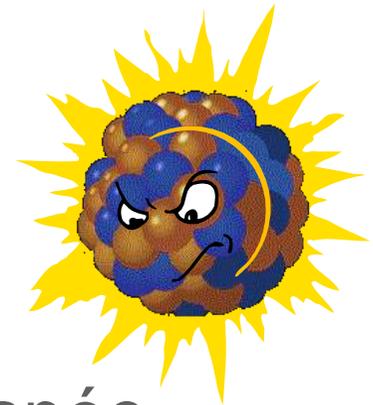
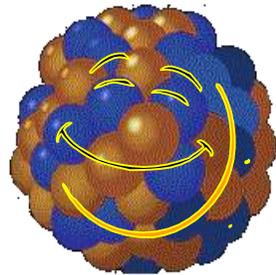
A : nombre de protons + nombre de neutrons
(**nombre de masse**)

Exemples :

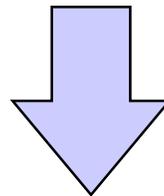
| | | |
|---|----|-----|
| 1 | 12 | 127 |
| H | C | I |
| 1 | 6 | 53 |

RADIOACTIVITÉ

Atomes stables : constitution inchangée sans intervention extérieure



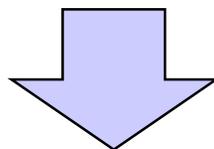
Atomes instables : transformation spontanée



état de stabilité

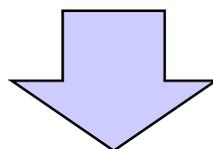
RADIOACTIVITÉ

TRANSFORMATION SPONTANÉE

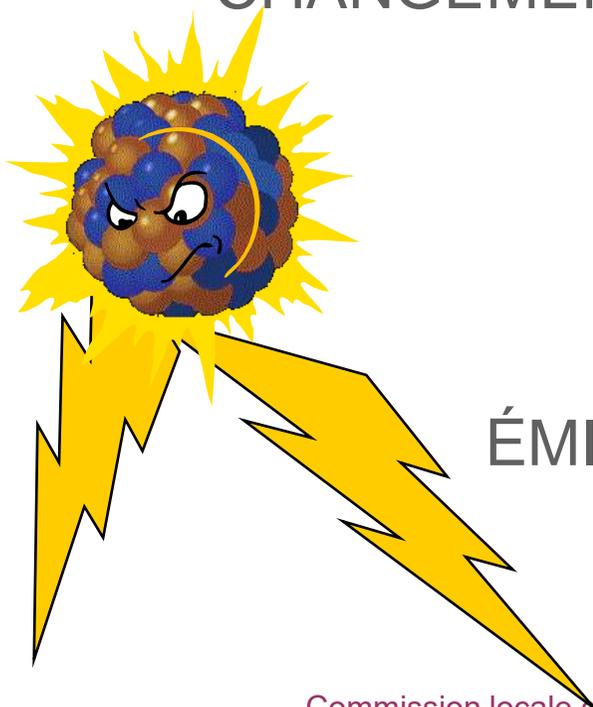


CHANGEMENT DE STRUCTURE DE L'ATOME

DÉSINTÉGRATION



ÉMISSION DE RAYONNEMENTS
ÉNERGETIQUES

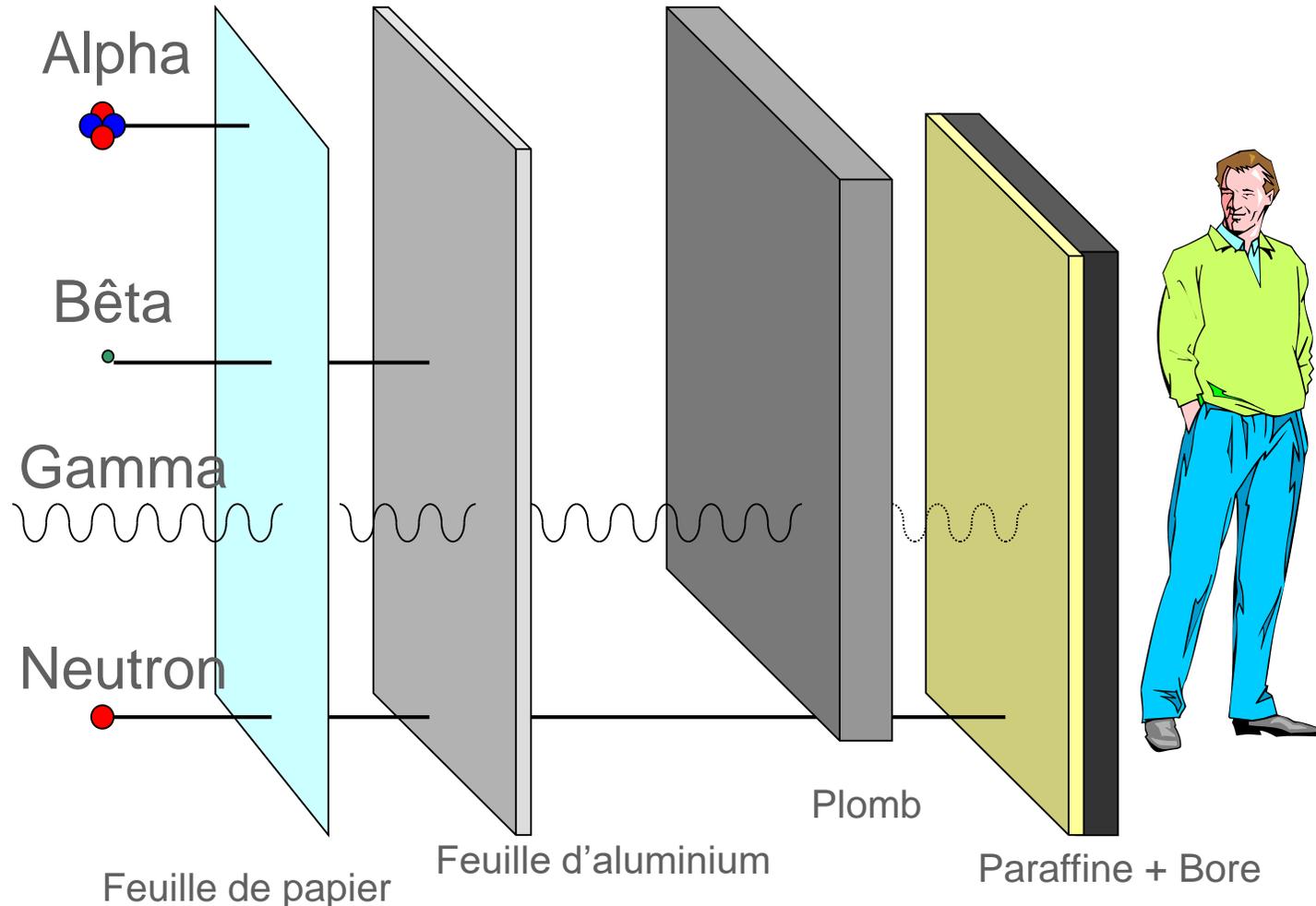


RADIOACTIVITÉ

LES RAYONNEMENTS

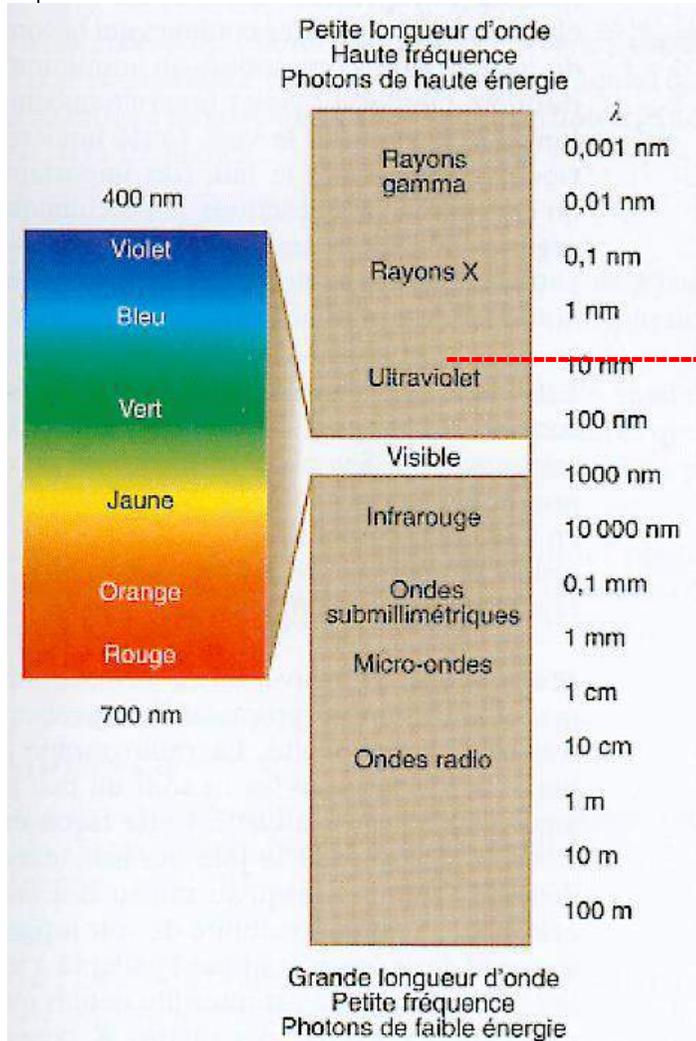
Arrêt

Atténuation



RADIOACTIVITÉ

Échelle des ondes électromagnétiques



1 MeV

1 keV

1 eV

seuil d'ionisation

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

RADIOACTIVITÉ

L 'ACTIVITÉ

Nombre de transformations par unité de temps

Unité légale : **becquerel** (Bq)

1 Bq = 1 désintégration par seconde

1 kBq = 1 000 Bq

1 MBq = 1 000 000 Bq

1 GBq = 1 000 000 000 Bq

Ancienne unité : **curie** (Ci)

1 Ci = 37 milliards de Bq

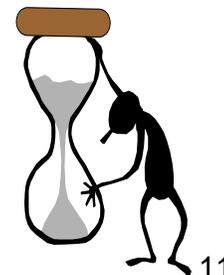
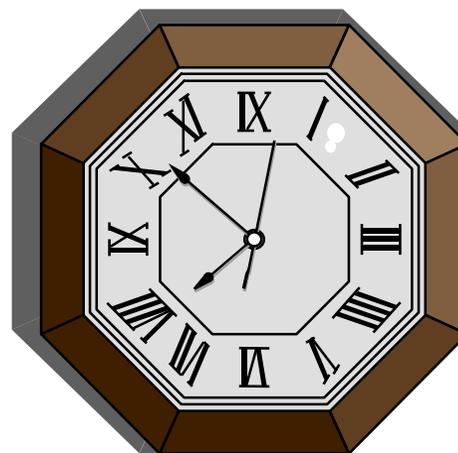
RADIOACTIVITÉ

LA PÉRIODE

On l'appelle demie-vie au lycée.

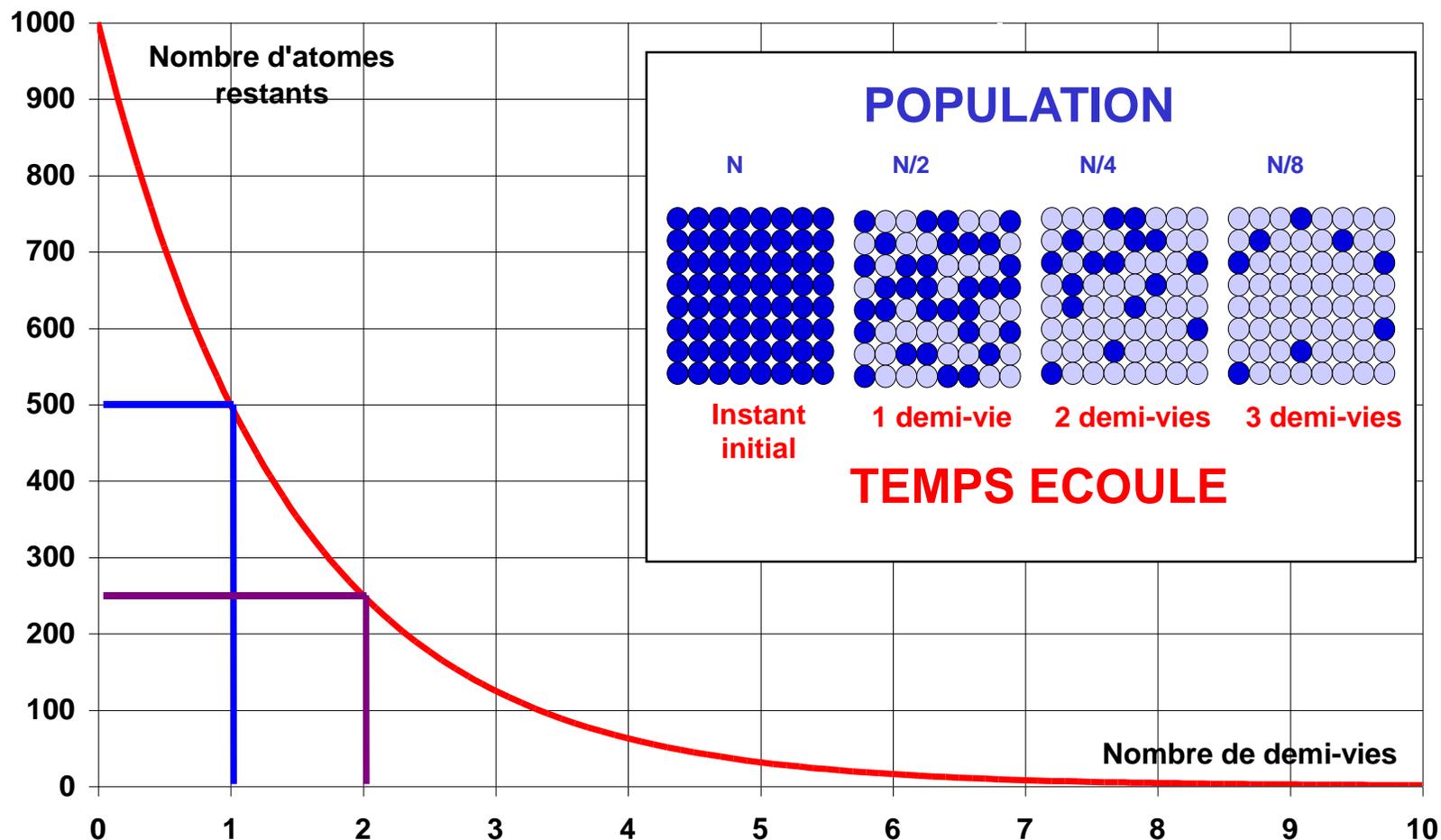
Temps nécessaire pour que l'activité soit divisée par 2
Elle se note : T

| Radionucléide | Période T |
|------------------|------------------------|
| ^{12}B | 0,02 seconde |
| ^{24}Na | 15 heures |
| ^{131}I | 8 jours |
| ^{60}Co | 5,27 ans |
| ^{238}U | 4,5 milliards d'années |



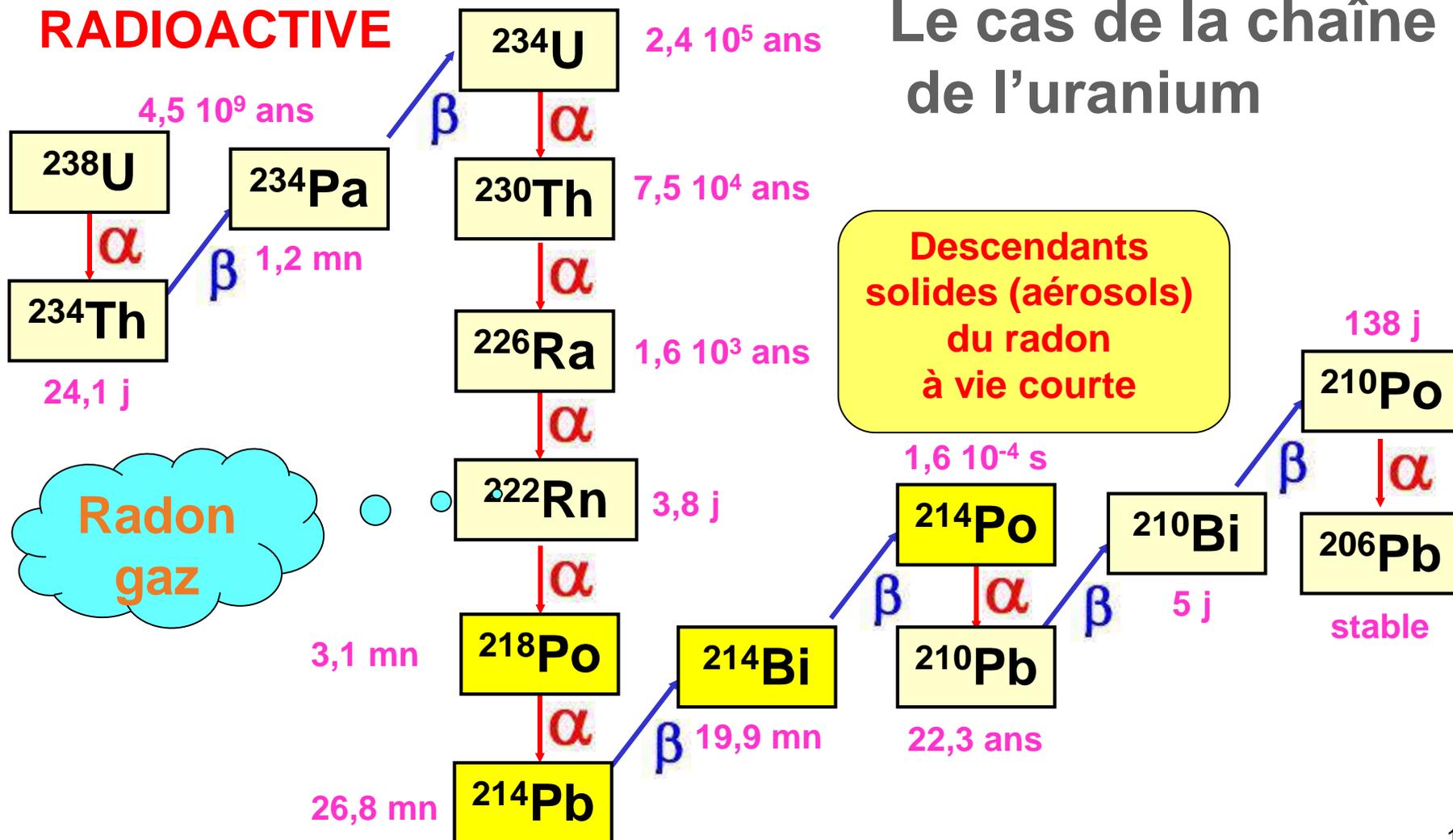
RADIOACTIVITÉ

LA DÉCROISSANCE RADIOACTIVE



RADIOACTIVITÉ

LA FILIATION RADIOACTIVE



RADIOACTIVITÉ

QUELQUES PERIODES

| Noyau | Demi-vie |
|-------------------|-------------------------|
| ^{87}Rb | 48,8 milliards d'années |
| ^{232}Th | 14 milliards d'années |
| ^{238}U | 4,5 milliards d'années |
| ^{40}K | 1,25 milliards d'années |
| ^{235}U | 704 millions d'année |
| ^{239}Pu | 24.000 ans |
| ^{14}C | 5.730 ans |
| ^{226}Ra | 1.600 ans |
| ^{137}Cs | 30 ans |
| ^{60}Co | 5 ans |
| ^{131}I | 8 jours |
| ^{222}Rn | 3,8 jours |
| ^{220}Rn | 1 minute |
| ^{216}Po | 0,16 seconde |
| ^{212}Po | 0,3 microseconde |

La radioactivité

Modes d'exposition

Effets biologiques des rayonnements

Panorama des sources

Détection des rayonnements

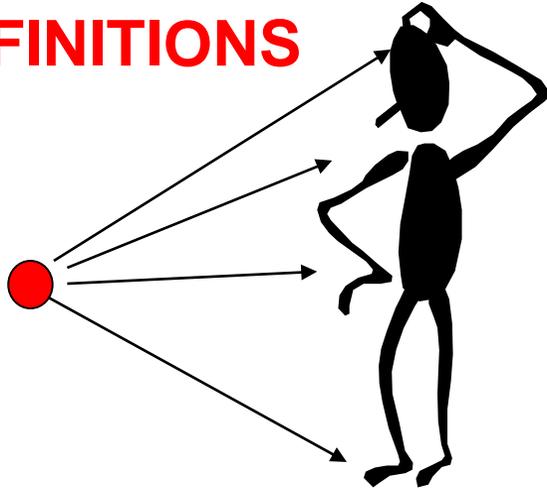
Notions de réglementation

Gestion des déchets radioactifs

Sources médicales

MODES D'EXPOSITION

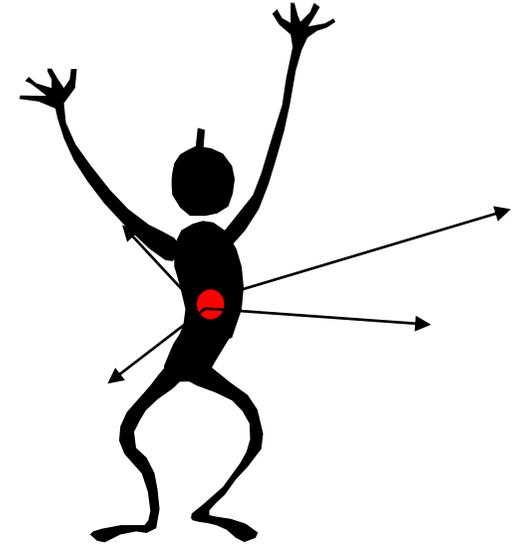
DÉFINITIONS



EXPOSITION

EXTERNE

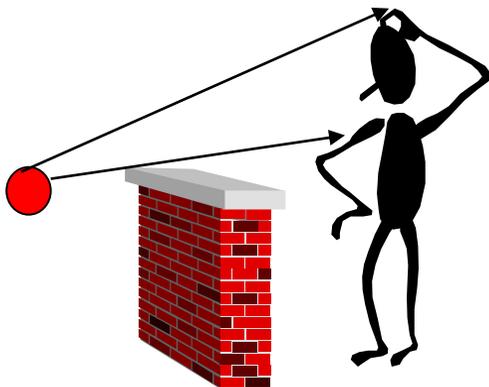
INTERNE



PARTIELLE

GLOBALE

TOTALE



Organisme
entier
fait par
 γ , X, neutron

externe
+interne

MODES D'EXPOSITION

D DOSE ABSORBÉE

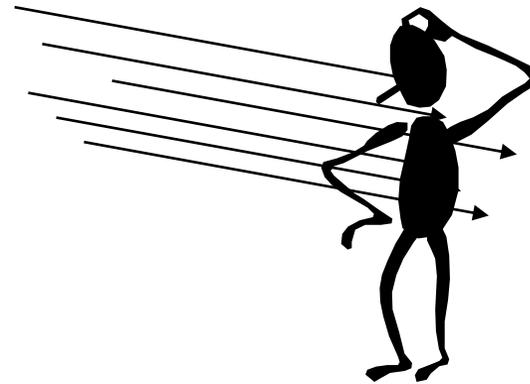
ENERGIE CEDEE A LA MATIERE

Des rayonnements ionisants qui cèdent une énergie de 1 Joule dans 1 kilogramme de matière délivrent une dose de 1 Gray

Unité : le Gray

$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$

Louis Harold Gray



C'est une grandeur mesurable

MODES D'EXPOSITION

○ **D DÉBIT DE DOSE ABSORBÉE**

ÉNERGIE CÉDÉE A LA MATIÈRE PAR UNITÉ DE TEMPS

Unité légale : le Gray par seconde (pas pratique)

Très peu de sources radioactives ou de générateurs de rayonnements ont un tel débit de dose absorbée.

On utilise : **mGy/h** ou **μGy/h**

○
Si D est constant :

$$D = \overset{\circ}{D} \times t$$

MODES D'EXPOSITION

GRANDEURS DE PROTECTION

La dose équivalente à l'organe H

La grandeur de protection, dose équivalente, préconisée par l'ICRP, apporte une solution plus simple à l'estimation du risque. La relation de base s'écrit :

$$H_T = D_{T,R} \cdot W_R$$

H_T : dose équivalente dans le tissu, ou l'organe T

$D_{T,R}$: dose absorbée moyenne dans le tissu ou l'organe T résultant du rayonnement de type R

w_R : facteur de pondération radiologique

MODES D'EXPOSITION

1. Activité (Bq) 

2. Dose (Gy) 

3. Dose équivalente (Sv) 

- Fréquence d'objets lancés
- Énergie déposée par les objets reçus (J/kg)
- Dommages potentiels causés sur les tissus ($Gy \times a_r \times a_o$)



MODES D'EXPOSITION

GRANDEURS DE PROTECTION

La dose efficace E

La dose efficace est la généralisation à l'organisme entier de la notion de dose équivalente. La dose efficace E est en fait une dose, qui peut être une dose fictive, qui administrée de façon homogène au corps entier entraînerait les mêmes dommages tardifs que l'ensemble des doses reçues par le même individu au niveau des différents organes et à des moments différents.

Il s'agit donc bien de prendre en compte uniquement les effets aléatoires qui surviennent à long terme.

MODES D'EXPOSITION

GRANDEURS DE PROTECTION

Elle s'exprime par la relation :

$$E = \sum H_T \cdot W_T$$

E : dose efficace

H_T : dose équivalente relative à l'organe T

w_T : facteur de pondération tissulaire de l'organe.

La dose équivalente et la dose efficace s'expriment en sievert (Sv).

Il conviendra donc de n'utiliser le sievert **QUE** dans le domaine des faibles doses.

Les valeurs numériques des facteurs de pondération tissulaires sont fixées par l'ICRP en fonction de critères biologiques relatifs aux organes critiques.

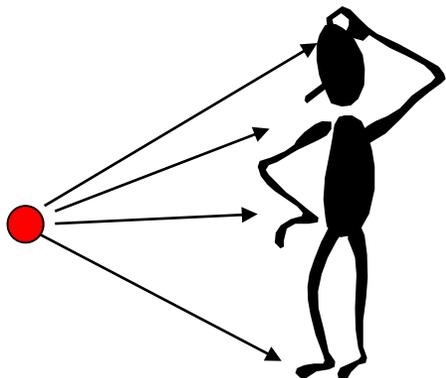
MODES D'EXPOSITION

COMPARAISONS

EXPOSITION EXTERNE

temps, distance, écran

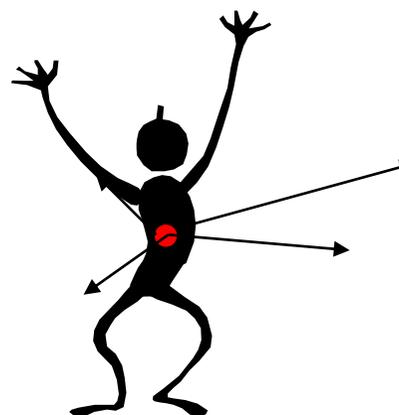
temps pour agir



EXPOSITION INTERNE

permanente 24h/24

agir rapidement
< 24 h (6 h)



MODES D'EXPOSITION

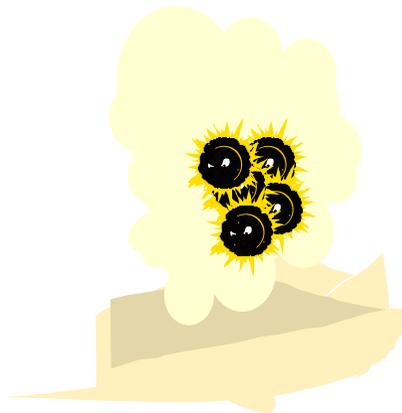
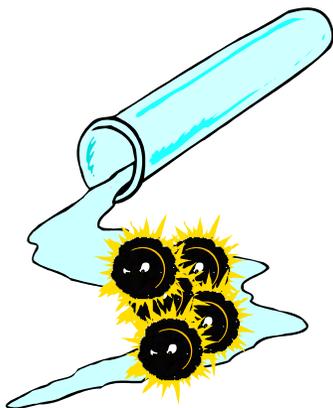
DÉFINITIONS

CONTAMINATION

Présence **indésirable** de substances radioactives à la surface ou à l'intérieur d'un milieu quelconque, y compris le corps humain.

DISSÉMINATION

SOURCE NON SCELLÉE



MODES D'EXPOSITION

DÉFINITIONS

CONTAMINATION CORPORELLE EXTERNE

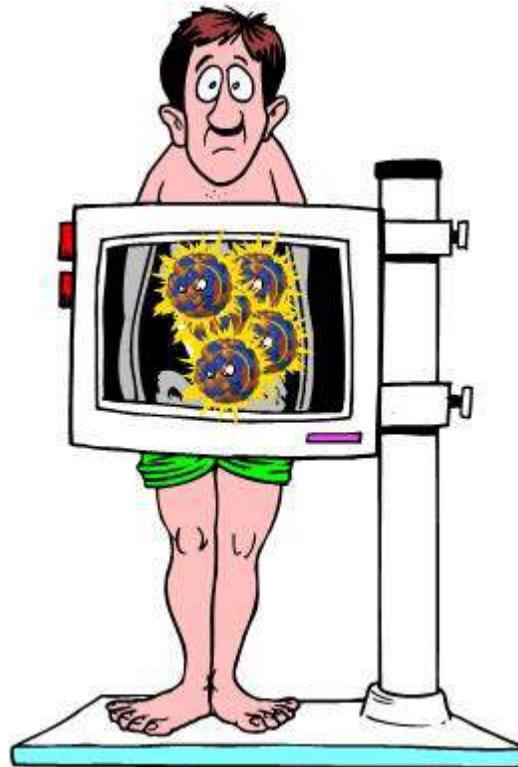


dépôt
de substances
radioactives
sur la peau ou
les cheveux

MODES D'EXPOSITION

DÉFINITIONS

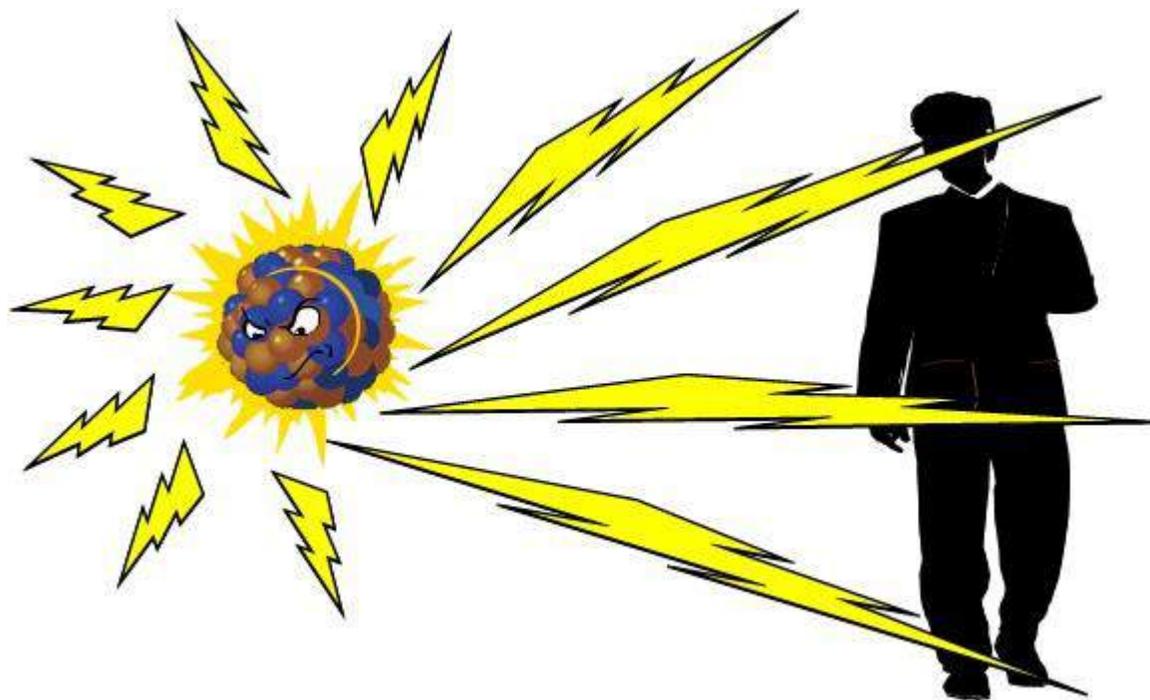
CONTAMINATION CORPORELLE INTERNE



dépôt
de substances
radioactives
à l'intérieur
de l'organisme

MODES D'EXPOSITION

**QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE
EXPOSITION EXTERNE ET CONTAMINATION ?**



**EXPOSITION EXTERNE
OU**

IRRADIATION

MODES D'EXPOSITION

**QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE
EXPOSITION EXTERNE ET CONTAMINATION ?**



CONTAMINATION

MODES D'EXPOSITION

Dans le cas de l'irradiation

Vous avez été traversé par des rayonnements. Ils ne vous ont pas rendus radioactifs et n'ont pas déposé de substances radioactives sur ou à l'intérieur de votre corps.

Dans le cas de la contamination, c'est l'inverse !

Vous êtes porteur de substances radioactives sur vous ou à l'intérieur de votre corps. Et vous pourrez transmettre cette contamination (notamment au niveau des mains), par contact.

MODES D'EXPOSITION

Une contamination externe engendre une exposition externe, en fonction du type de rayonnements émis par les produits radioactifs.

Les bêta et les gamma engendrent une exposition externe. Etant donné que sur la peau, il y a des cellules mortes pour une épaisseur de 100 μm , les alpha n'engendrent pas d'exposition externe.

Vous êtes porteur de radioactivité tant que vous ne l'avez pas éliminé !

MODES D'EXPOSITION

2) QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE EXPOSITION EXTERNE ET CONTAMINATION INTERNE

L'irradiation (ou exposition externe) à distance n'existe que pendant le temps où vous êtes en présence d'une source de rayonnements qui se trouve à l'extérieur du corps.

Une contamination interne engendre une exposition interne. Et là tous les rayonnements ont la capacité à laisser de l'énergie dans les cellules vivantes de votre corps

Vous êtes radioactif !

MODES D'EXPOSITION

Modes de pénétration de la contamination corporelle interne



Inhalation

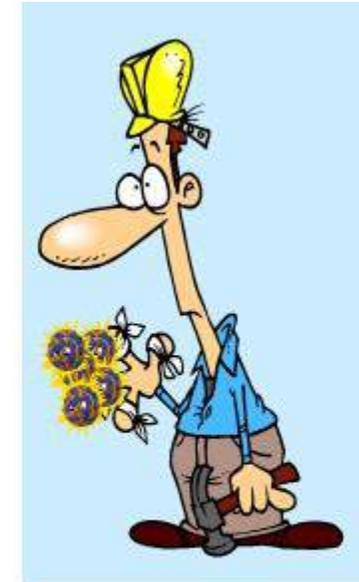


Ingestion



cutanée
 ^3H

Tritium



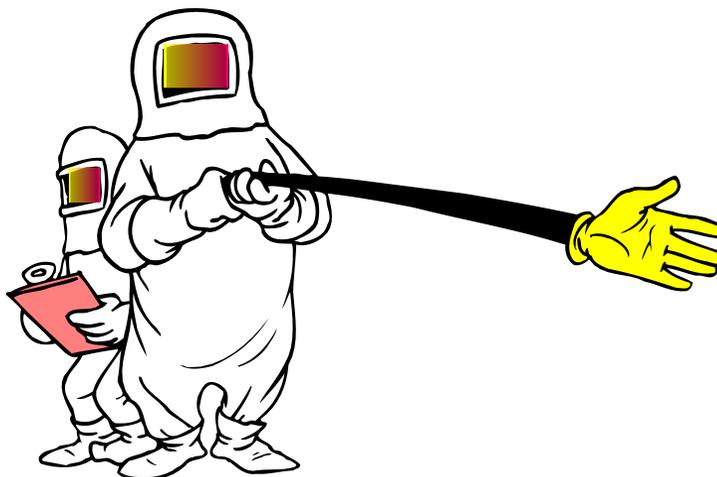
Blessure

MODES D'EXPOSITION

MOYENS DE PROTECTION CONTRE L'EXPOSITION EXTERNE



TEMPS



DISTANCE



ECRAN

MODES D'EXPOSITION

MOYENS DE PROTECTION CONTRE LA CONTAMINATION

Contamination
corporelle externe



Protection individuelle



Blouse



Tenue coton



Tenue tissu
non tissé

OBLIGATOIRE / Source dispersable

MODES D'EXPOSITION

MOYENS DE PROTECTION CONTRE LA CONTAMINATION

Contamination
corporelle interne



Protection individuelle

**Appareil filtrant
cartouche adaptée**

Appareil isolant

MODES D'EXPOSITION

MOYENS DE PROTECTION CONTRE LA CONTAMINATION

Contamination
corporelle
externe et
interne

Les vêtements ventilés



*Tenue MAR 95
(photo INSTN HAGUE)*



*Tenue MURUROA
(Photo DELTA PROTECTION)*

La radioactivité

Modes d'exposition

Effets biologiques des rayonnements

Panorama des sources

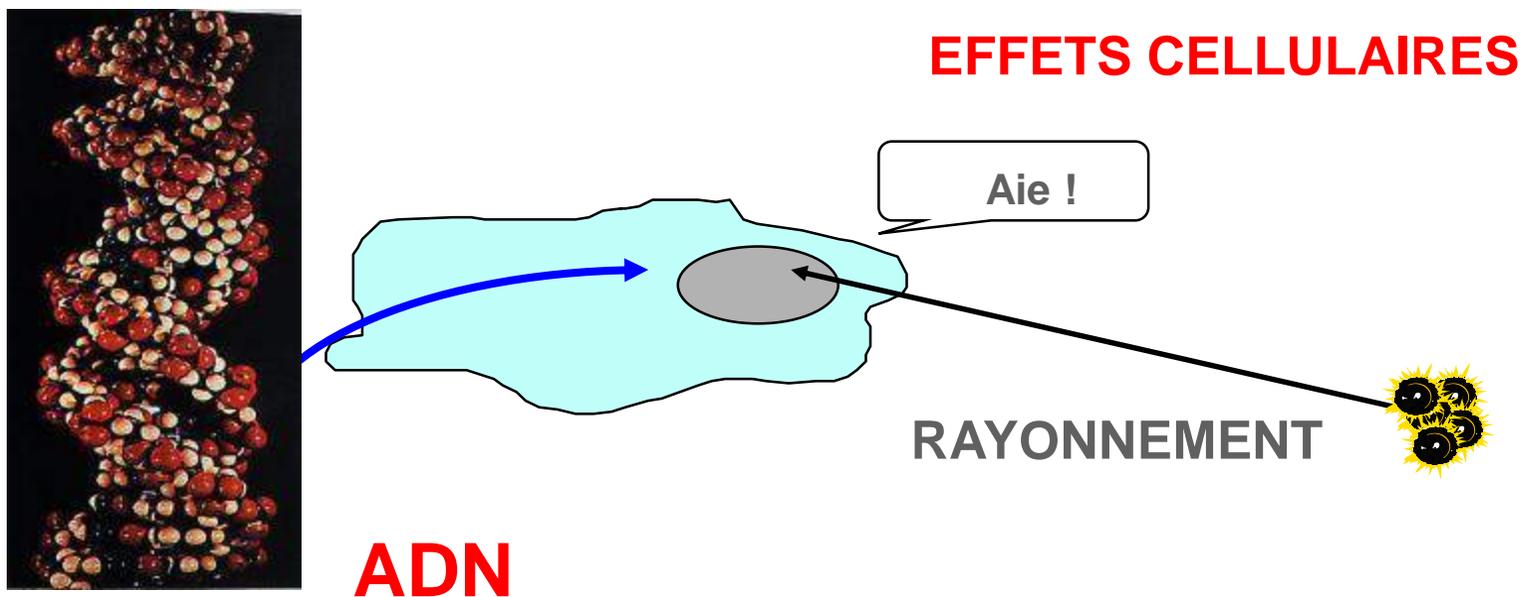
Détection des rayonnements

Notions de réglementation

Gestion des déchets radioactifs

Sources médicales

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS



Altération de l'ADN
effet direct sur la molécule
effet indirect : création de radicaux libres

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

Effets directs

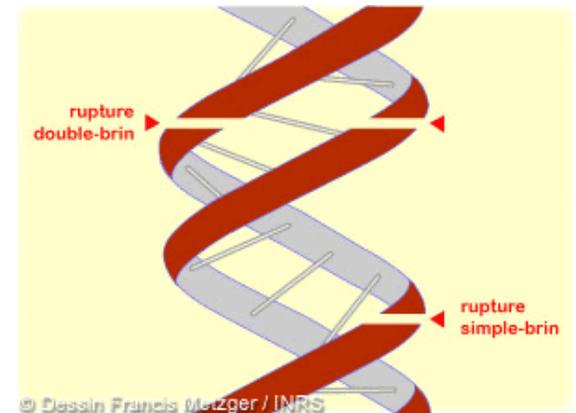
Lésions de L'ADN

- altération des bases Adénine, Guanine, Cytosine, Thymine : substitution, addition (adduits)

- destruction du désoxyribose

- rupture de brins (simple ou double)

- pontages : intrabrin ou interbrins ADN-protéines



© Dessin Francis Metzger / INRS

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

EFFETS CELLULAIRES

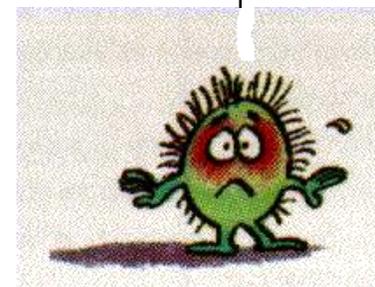
Cellule irradiée



Cellule réparée
effet nul



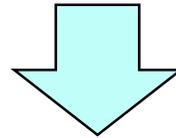
Cellule détruite
effet immédiat



Cellule mutée
effet tardif

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

LESION LÉTALE



EFFETS CELLULAIRES

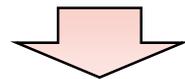
FAVORISÉE À FORTE DOSE
OU PAR UN RAYONNEMENT A FORT T.L.E (α)

LÉSION SUBLÉTALE

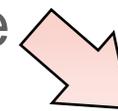
Altération du codage



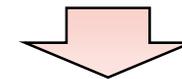
Cellules sexuelles



Effets héréditaires



Autres cellules



Effets somatiques

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

EFFETS DÉTERMINISTES

À SEUIL

PRÉCOCES

(quelques jours à quelques mois)

**GRAVITÉ FONCTION DE LA DOSE
ET DU DÉBIT DE DOSE**

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

Pour différencier les effets biologiques **déterministes** et **aléatoires** Jean-Baptiste FLEUTOT, qui était inspecteur du DSND qui utilisait cette image (quand nécessaire).

Les effets **déterministes** sont comparables aux effets de l'alcool.

L'absorption d'alcool fait qu'un verre, ça va, trois verres, vous connaissez mais dix verres, vingt ou trente c'est un coma éthylique qui vous attend et pire. C'est bien un effet à seuil (le nombre de verres) précoce et la gravité augmente avec la dose .



EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

PERTE DE SOURCE GAMMAGRAPHE



1er mars 1999



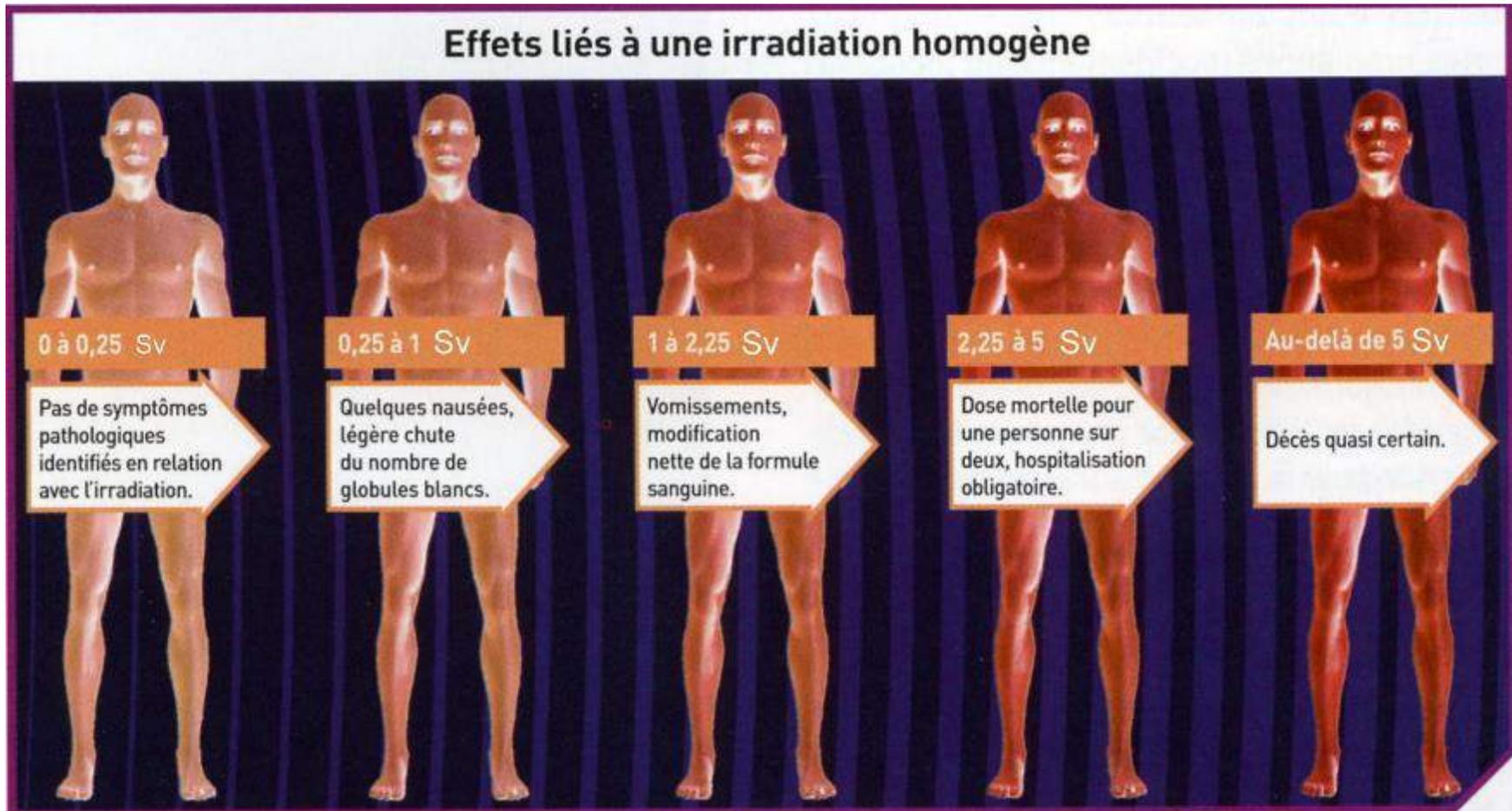
15 mars 1999



19 mars 1999

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

Effets liés à une irradiation homogène



EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

EFFETS ALEATOIRES ou Stochastiques
liés aux faibles doses

SANS SEUIL

TARDIFS
(plusieurs années)

PROBABILITÉ D'APPARITION
FONCTION DE LA DOSE

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

Pour différencier les effets biologiques **déterministes** et **aléatoires** Jean-Baptiste FLEUTOT, qui était inspecteur du DSND qui utilisait cette image (quand nécessaire).

Les effets **aléatoires** c'est le loto.



Le loto : vous achetez un ticket vous avez une chance de gagner. En achetant dix tickets vous augmenter la probabilité de gagner c'est tout. Même avec mille tickets vous n'êtes pas obligé de gagner. Et le gain d'une grille sera le même avec un ou mille tickets. Le côté tardif tient justement à la probabilité de gagner dans ce cas là (une chance sur quatorze millions).

Donc pas de seuil, la probabilité augmente avec la dose, et c'est un effet tardif.

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

EFFETS SOMATIQUES : **CANCERS**
EFFETS GENETIQUES

Les sources

HIROSHIMA NAGASAKI (90 000 personnes)

Patients traités par irradiation

Travailleurs exposés

Exemples :

Mineurs d'uranium

étude INWORKS sur les travailleurs

du nucléaire en Europe

Expérimentation animale

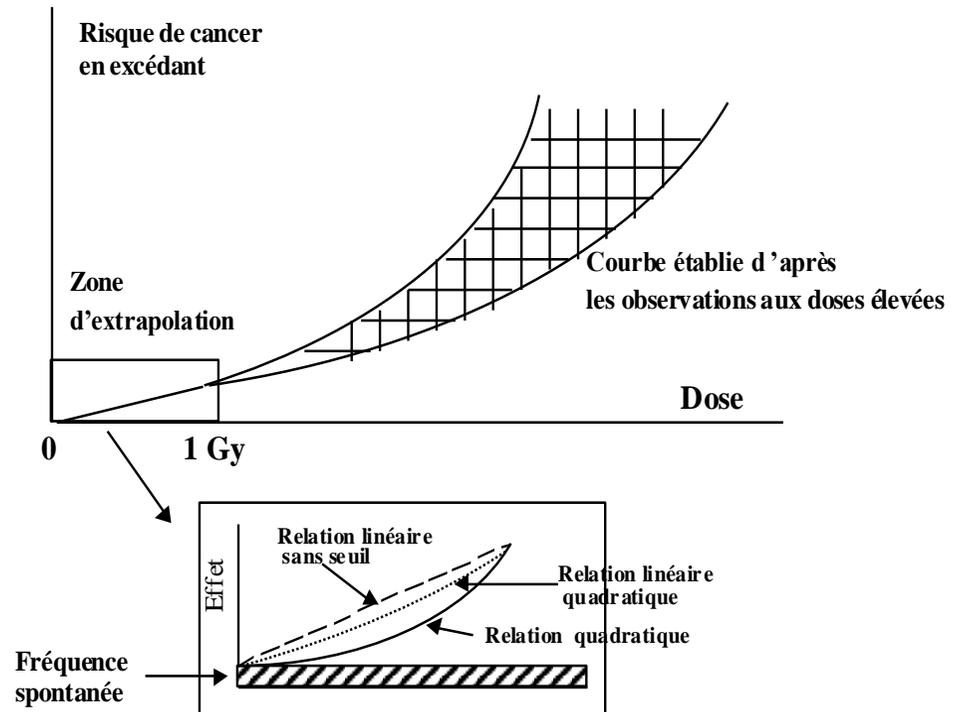


EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

OBSERVATIONS DE LA CIPR

Estimation du risque des faibles doses

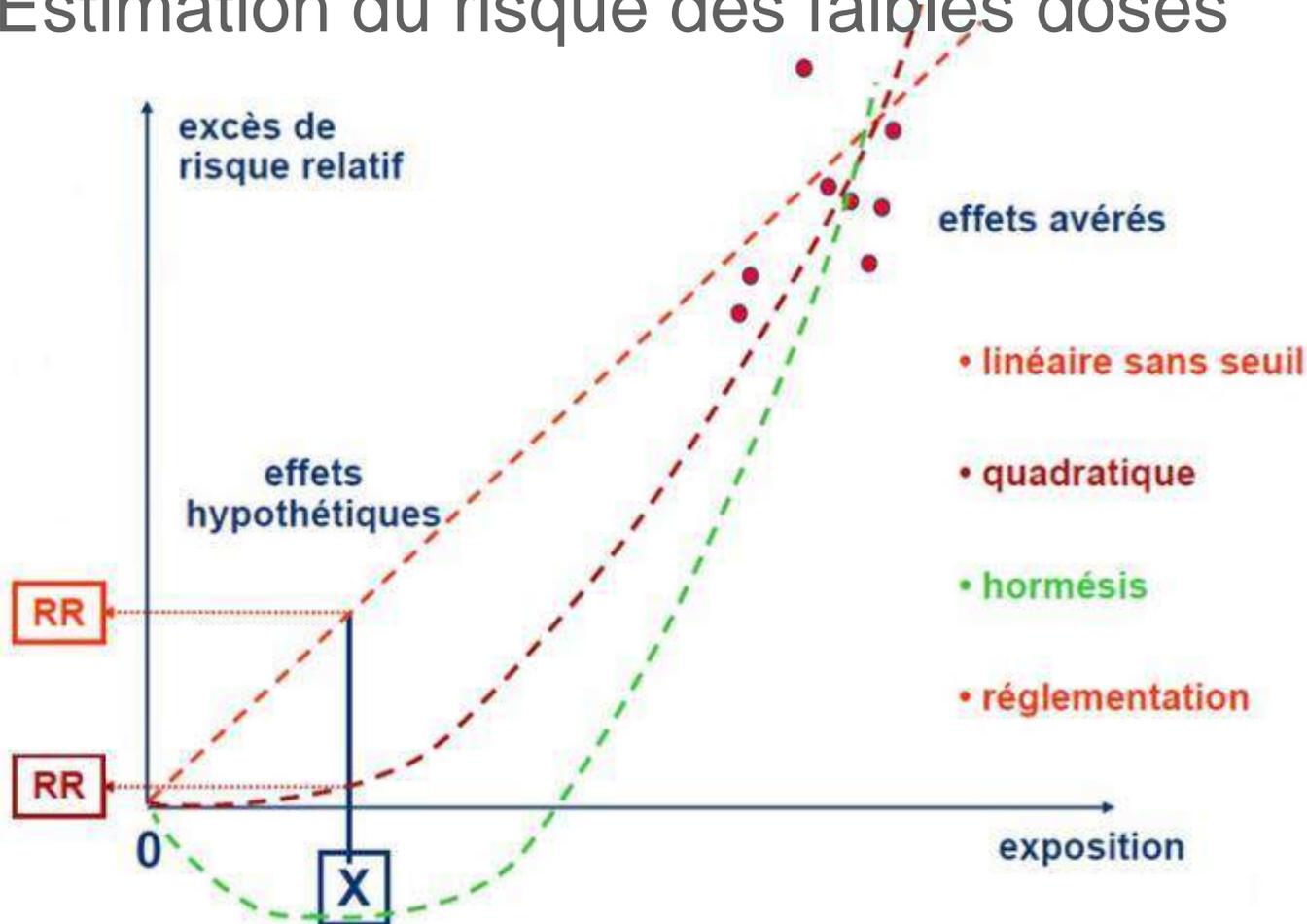
La relation linéaire sans seuil est actuellement utilisée pour gérer le risque radiologique



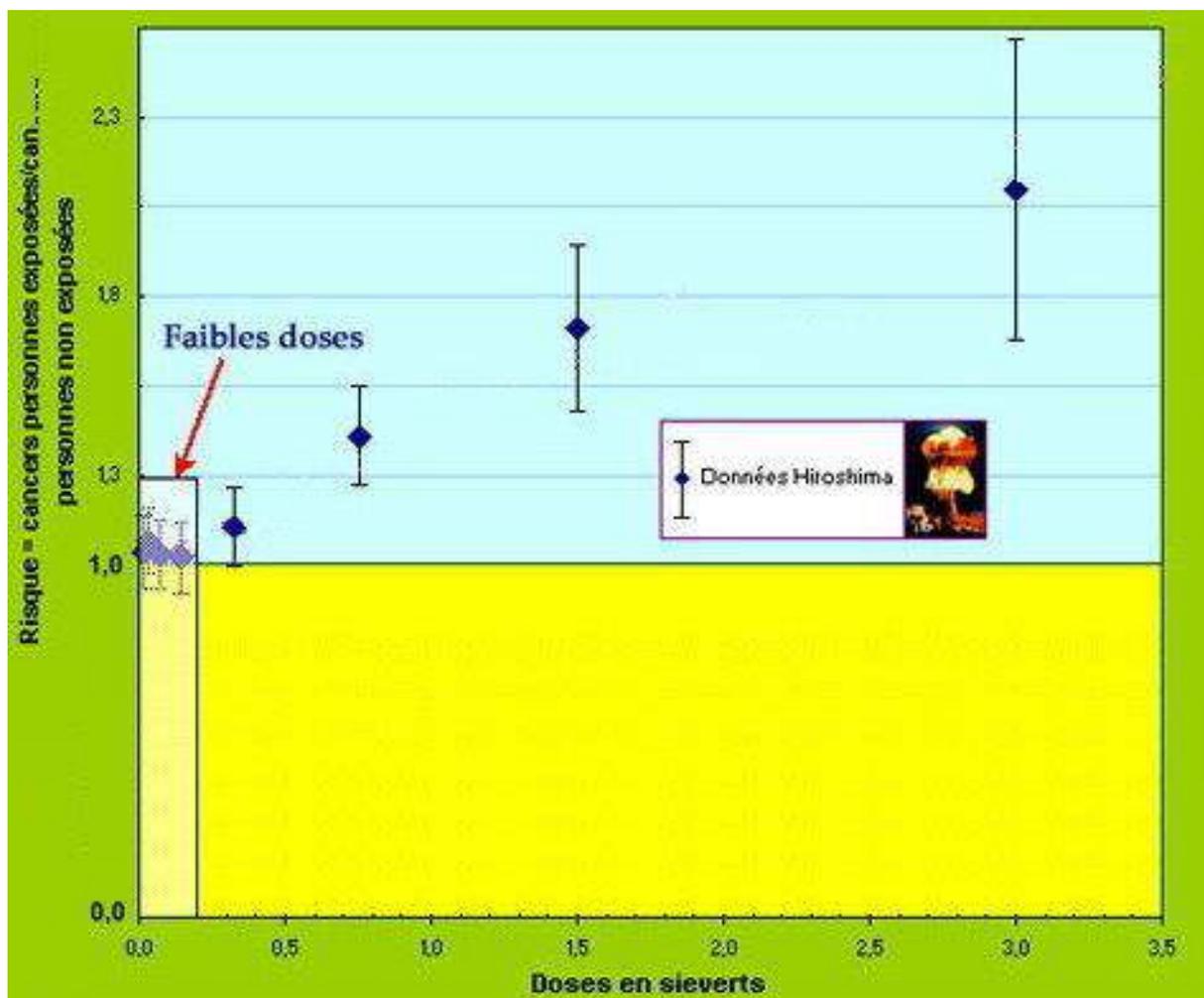
Facteur de risque pour une exposition globale
= pente de la droite

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

Estimation du risque des faibles doses



EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS



Un fumeur régulier multiplie par 10 sa probabilité d'attraper un cancer du poumon

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

A propos de tabac, risque consenti !

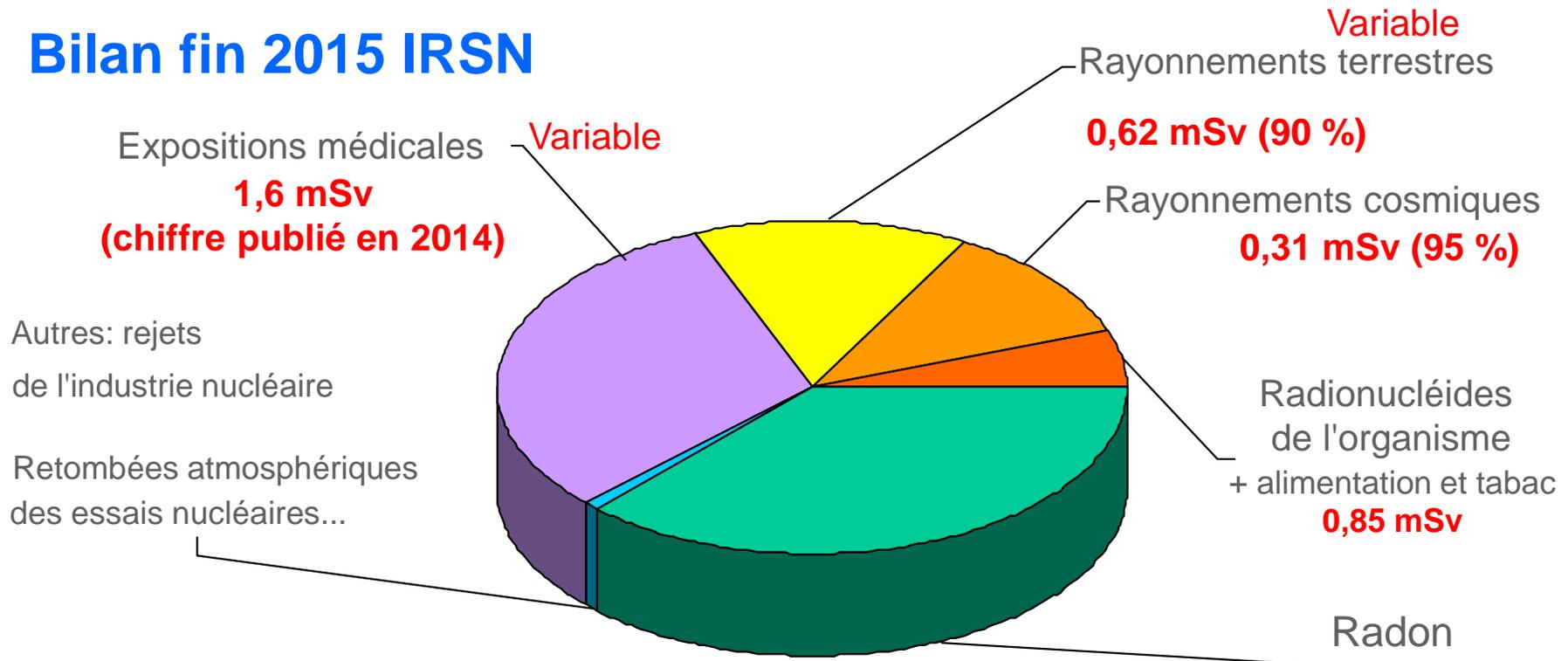
En mars 2007, paraît dans “ Radiation — Protection — Dosimetry ” une étude intitulée “ Radiation dose from cigarette tobacco ”. Elle indique que la consommation de trente cigarettes par jour représente une dose efficace annuelle moyenne estimée à 251,5 μSv , soit, pour faciliter la comparaison avec les données de l’IAEA, environ 0,17 mSv/ an pour vingt cigarettes par jour.

Ce qui donne pour une consommation d’un paquet de cigarettes par jour une « pseudo dose efficace » de 62 mSv par an. **Les dernières publications scientifiques donnent des valeurs dix fois plus faibles soit 6 mSv par an.**

<https://www.youtube.com/watch?v=nSWfyx7pgfk>

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

Bilan fin 2015 IRSN

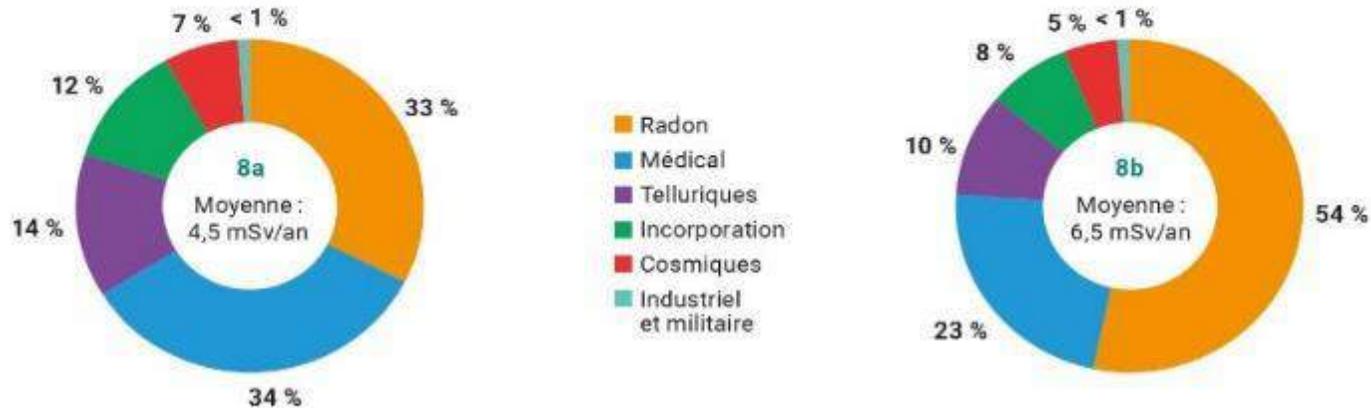


EXPOSITION EN FRANCE : 2,5 à 4,5 mSv

soit 6 à 10 μ Sv/jour

70 % naturelle – 30 % médicale

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS



Bilan de l'exposition moyenne de la population française (p 22 du rapport)

8a. Bilan IRSN 2020 avec prise en compte du coefficient de dose radon réglementaire (arrêté du 1er sept. 2003).

8b. Bilan IRSN 2020 avec prise en compte du coefficient de dose radon CIPR137 (2017).

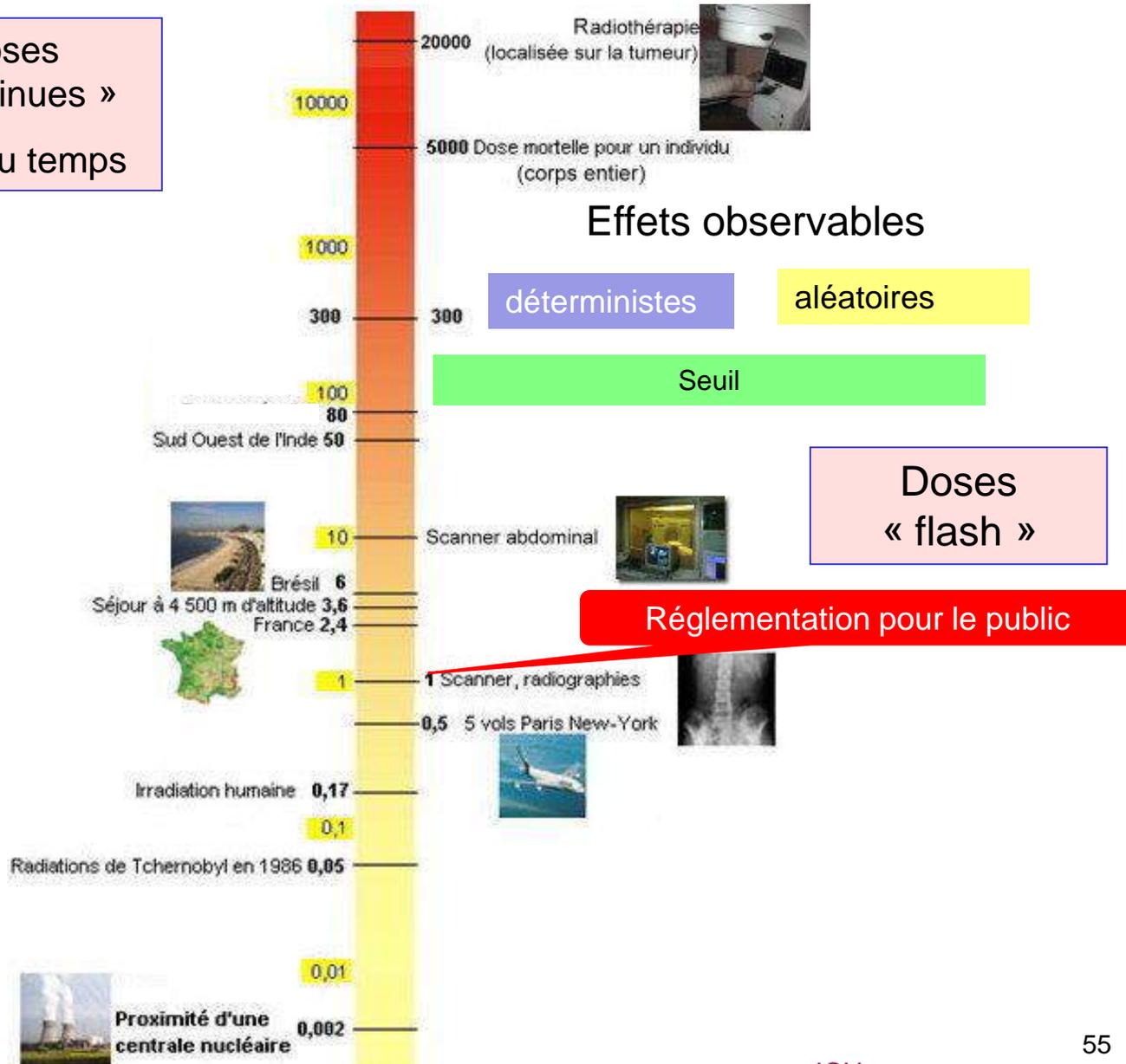
En conclusion : la dose efficace moyenne par habitant reste globalement inchangée à 4,5 mSv par an. Cependant, dans l'hypothèse où seraient pris en compte les nouveaux coefficients de dose pour le radon proposés par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) (cf. encadré) la dose efficace moyenne annuelle estimée par l'IRSN passerait de 4,5 mSv à 6,5 mSv par an.

Doses
« continues »
au fil du temps

Vie dans
l'espace



Échelle de
dose (mSv)



EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

En moyenne, les actes de diagnostic médical conduisent en France à une dose efficace égale à environ

1,53 millisievert (mSv) en moyenne par an et par individu.

médical

Cette valeur se situe dans le tiers supérieur des valeurs moyennes des pays de l'Union Européenne et est très inférieure à celle du pays européen dont la population est la plus exposée, la Belgique (2,7 mSv par an et par habitant). Parmi les patients concernés par au moins un acte en 2012, l'exposition individuelle cumulée sur l'année est très hétérogène et inférieure à 1 mSv pour la grande majorité d'entre eux.

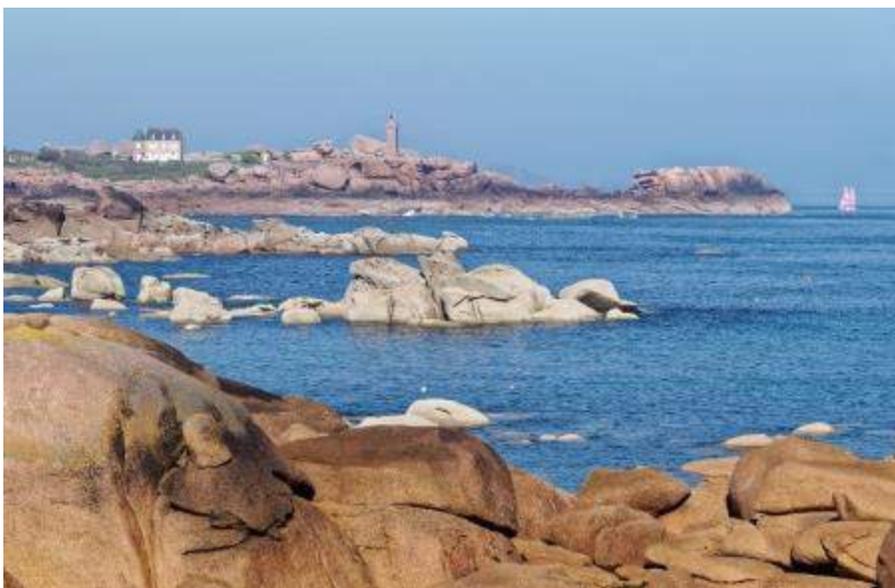
La radioactivité
Modes d'exposition
Effets biologiques des rayonnements
Panorama des sources
Détection des rayonnements
Notions de réglementation
Gestion des déchets radioactifs

Sources médicales

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

ÉMANATIONS GAZEUSES DES FAMILLES RADIOACTIVES
NATURELLES

naturelle



dose moyenne annuelle
1,3 mSv

RADON

venant des milieux
granitiques

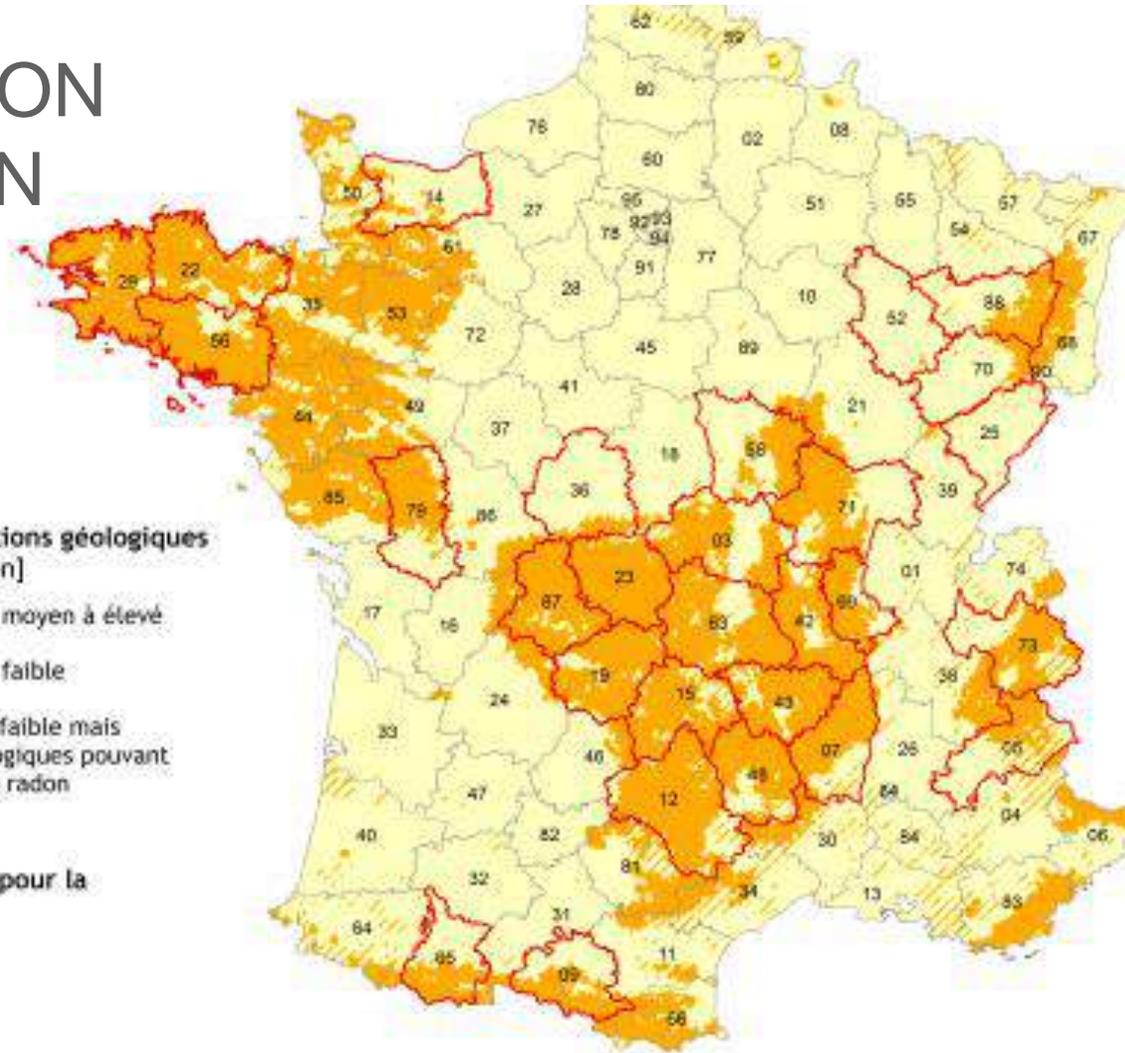
LA RADIOACTIVITE NATURELLE

EXPOSITION AU RADON

Potentiel radon des formations géologiques
[cf. www.irsn.fr/carte-radon]

-  Communes à potentiel moyen à élevé
-  Communes à potentiel faible
-  Communes à potentiel faible mais avec des facteurs géologiques pouvant faciliter le transfert du radon

Départements prioritaires pour la mesure du radon
[arrêté du 22 juillet 2004]



INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Une nouvelle publication de la CIPR – OIR Part 3 datant de janvier 2018 **va modifier notablement les coefficients.**

Coefficient par défaut: 12 mSv/WLM (3.4 mSv per mJ h m³)

Dans les bâtiments: 7.5×10^{-6} mSv/h.Bq.m⁻³ (F équilibre = 0.4)

La dose correspondant à 300 Bq m⁻³ est de:

4,5 mSv pour un temps d'expo de 2000 h (année de travail)

15,8 mSv pour un temps d'expo de 7000 h (année en résidentiel) – Soit un facteur multiplicatif par 3

19,8 mSv pour un temps d'expo de 8760h (année totale)

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Des évolutions réglementaires impactant l'habitat

Transposition de la Directive Euratom en cours de consultation publique avec 4 mesures réglementaires en lien avec l'habitat :

Fixation d'un niveau de référence à **300 Bq/m³** (valable pour tous les bâtiments dont l'habitat)

Information des acquéreurs et locataires lors de transactions immobilières de biens situés dans les zones à potentiel radon (IAL) – code de l'environnement

Collecte des résultats de mesures du radon réalisées dans l'habitat dans le cadre d'initiatives locales de sensibilisation ou directement à l'initiative de particuliers (résultats transmis par les laboratoires d'analyses des appareils de mesure intégrée du radon)

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Outre ces trois familles naturelles radioactives, existent d'autres radionucléides dont la désintégration conduit à des éléments stables : les plus importants d'entre eux sont le potassium-40 (^{40}K) et, dans une moindre mesure, le rubidium-87 (^{87}Rb).

L'ensemble de ces radionucléides sont, en se désintégrant, à l'origine d'une irradiation externe depuis le sol terrestre. Cette irradiation représente l'exposition aux rayonnements telluriques.

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Elle se caractérise par :

des débits de dose variables sur le territoire en fonction de la nature des sols et selon que l'on se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur de bâtiments ;

une dose efficace variant de **0,29 mSv/an à 2 mSv/an** en fonction des communes ;

une dose efficace moyenne pour l'ensemble du territoire évaluée à **0,62 mSv/an**;

La radioactivité naturelle dans des régions sédimentaires comme le bassin parisien ou l'Aquitaine se situe avec un débit de dose (exprimé en sievert) aux alentours de 70 nSv/h soit 0,07 μ Sv/h.

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

dans le monde

Plage de Guarapari au Brésil:



Le sable de la plage a tendance à concentrer les éléments lourds un peu à la façon des batées des prospecteurs d'or.

Le ballottement et le lavage naturels par les vagues retirent tout le limon et l'argile du sol. Ceci concentre les particules plus denses restantes dans le résidu sablonneux.

Puisque la plupart des matières radioactives naturelles ont un grand nombre de masse atomique, ils forment des composés très denses (et donc lourds).



La dose efficace moyenne annuelle reçue par les habitants de Guarapari est de l'ordre de 6,4 mSv/an, principalement due à l'exposition externe. Les mesures ponctuelles font apparaître une variation importante du débit de dose de 1 microGy/h jusqu'à 20 microGy/h en certains points des plages

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Exposition aux rayonnements venant du ciel

1901 : Découverte des rayons cosmiques

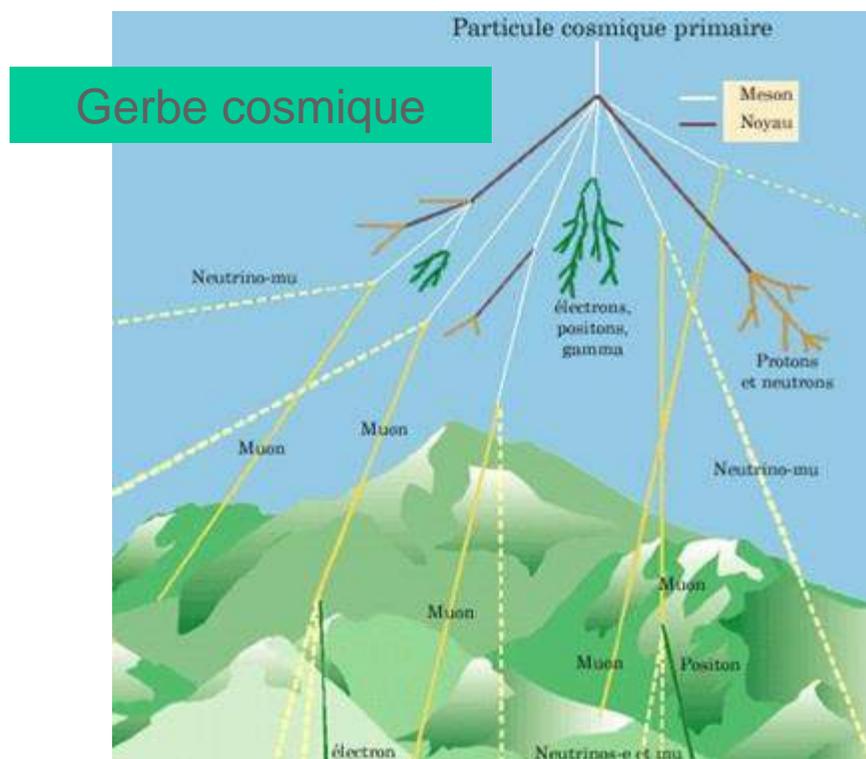
Découverte d'un rayonnement ionisant à la surface de la terre (décharge spontanée des électroscopes, malgré toutes les précautions prises pour les ranger)

- air ionisé par un rayonnement intense ?
- des particules chargées naturellement dans l'air ?
- radioactivité naturelle des roches (Rutherford) ?



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Le rayonnement cosmique
Des gerbes provoquées par les particules primaires
(protons 83% - alpha 13% - électrons 3%...)



Aurore boréale

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Variation des débits de dose dus aux rayonnements cosmiques :



Dans l'espace sur la station spatiale internationale, Thomas Pesquet recevait 1 mSv par jour au niveau de l'organisme entier.

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

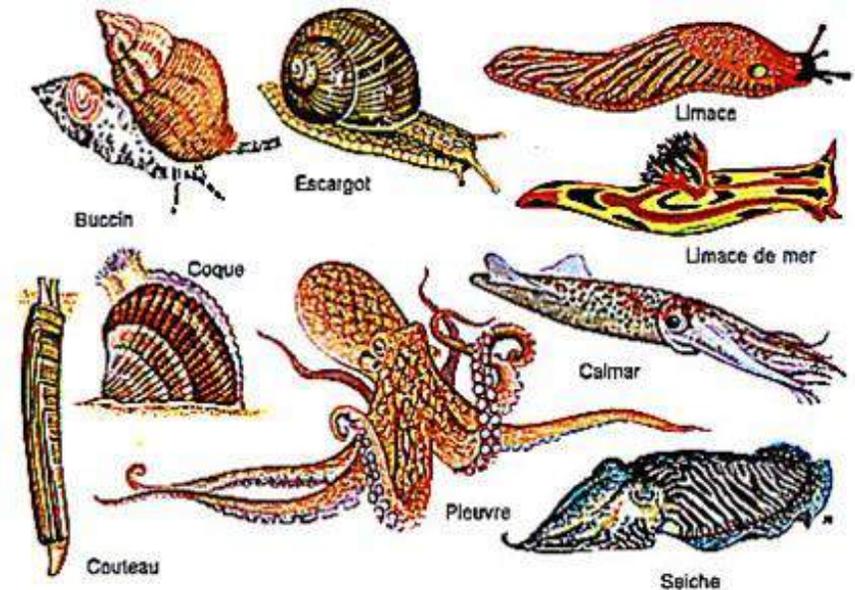
Radioactivité d'origine «naturelle» dans les produits de la mer

Sédiments: 40 à 1000 Bq / kg

Algues : 100 à 450 Bq / kg

Mollusques : 50 à 200 Bq / kg

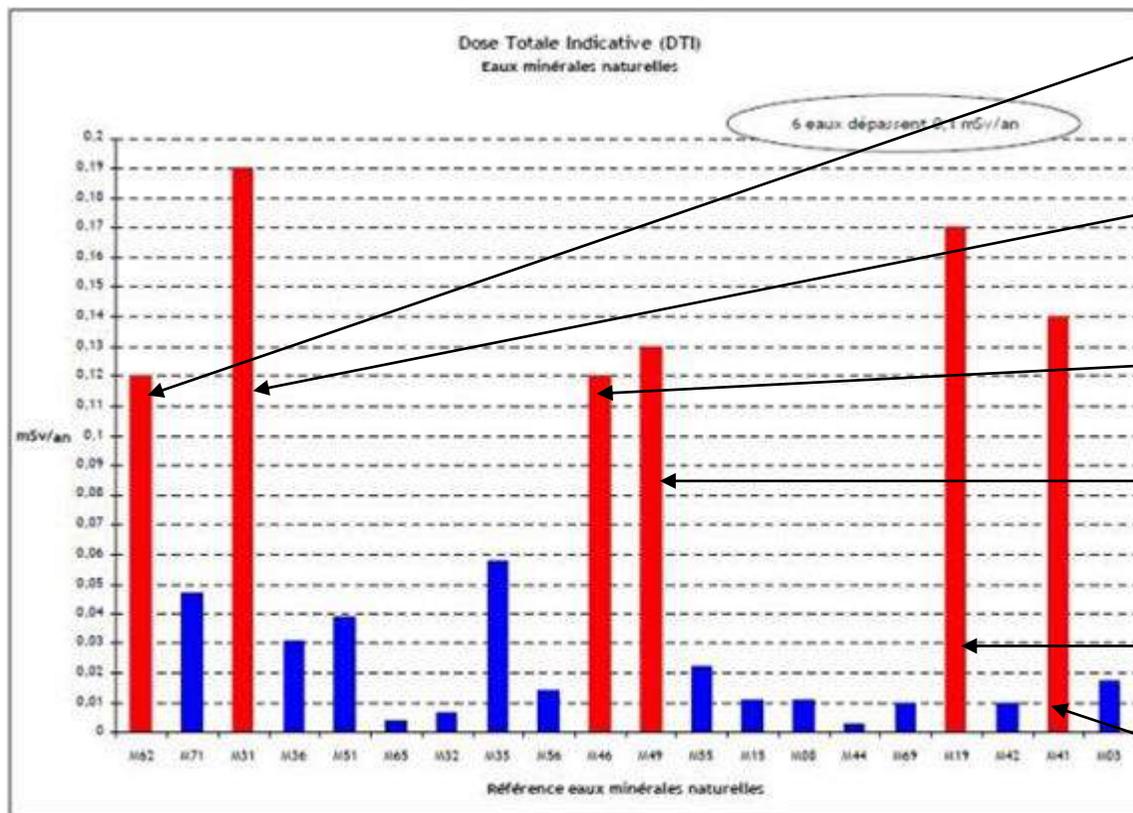
Poissons : 20 à 400 Bq / kg



Radioéléments : potassium⁴⁰, groupe uranium-thorium et leurs descendants.

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Radioactivité d'origine naturelle dans les eaux minérales



M62 : Vichy Saint-Yorre (03)

M31 : L'incomparable (07)

M 46 : Parot (42)

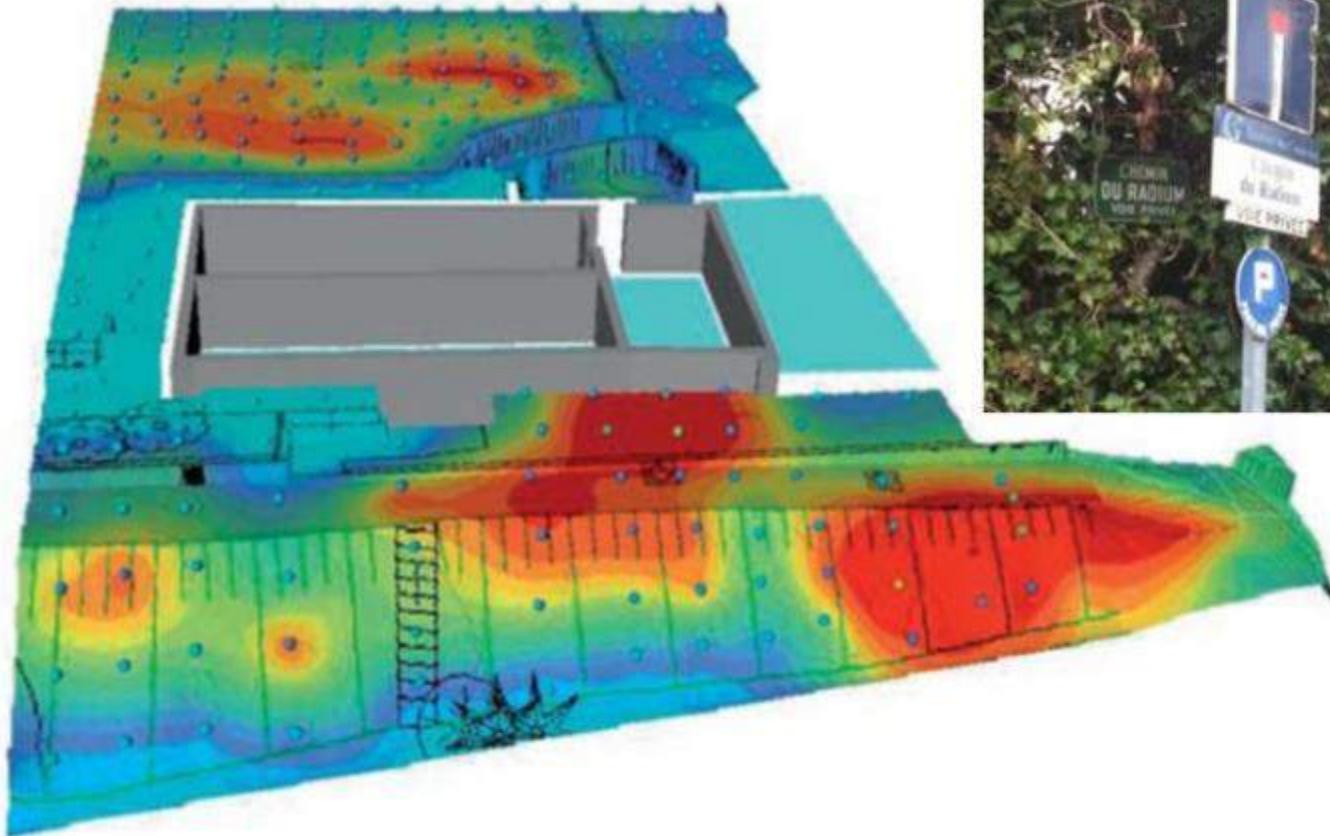
M 49 : Puits Saint Georges (42)

M19 : Chateldon (63)

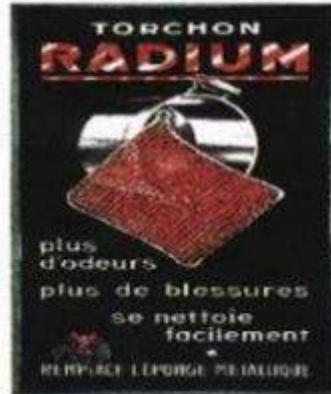
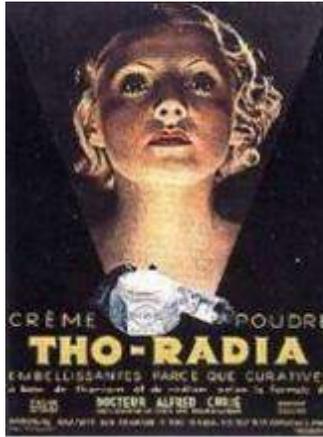
M 41 : Nessel (67)

Fig. 21 : DTI obtenues pour les 20 eaux minérales naturelles ayant fait l'objet d'analyses complémentaires

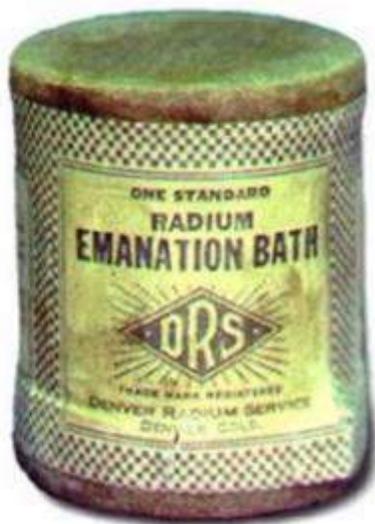
LA RADIOACTIVITE « NATURELLE »



LA RADIOACTIVITE « NATURELLE »



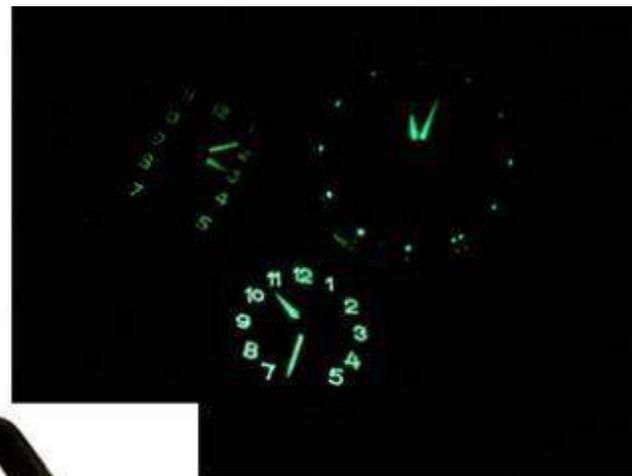
LA RADIOACTIVITE « NATURELLE »



LA RADIOACTIVITE « NATURELLE »



Réveils luminescents.



OMEGA
MONTRE-BRACELET
Verre incassable
avec Cadran radium
lumineux
depuis 80 fr.
avec
Cadran blanc
depuis 68 fr.



*En vente chez
les meilleurs
horlogers.*



LA RADIOACTIVITE « NATURELLE »



LA RADIOACTIVITE « NATURELLE »

Et à propos de radium, impossible de ne pas les évoquer :
MARIE ET PIERRE CURIE

Mariage de Marie et Pierre



Leur cadeau de mariage : deux bicyclettes photo de la maison de Sceaux
Au 13, rue des Sablons (devenu depuis le 9, rue Pierre-Curie)

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Baguettes de soudure au thorium



Sur la notice :
Electrode tungstène thorium à 2%
- diamètre 1,0 mm .
Extrémité peinte en rouge.
Pour le soudage des aciers, inox,
etc...en courant continu.

**Attention : tenir compte du
risque radioactif.**

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Manchons camping gaz



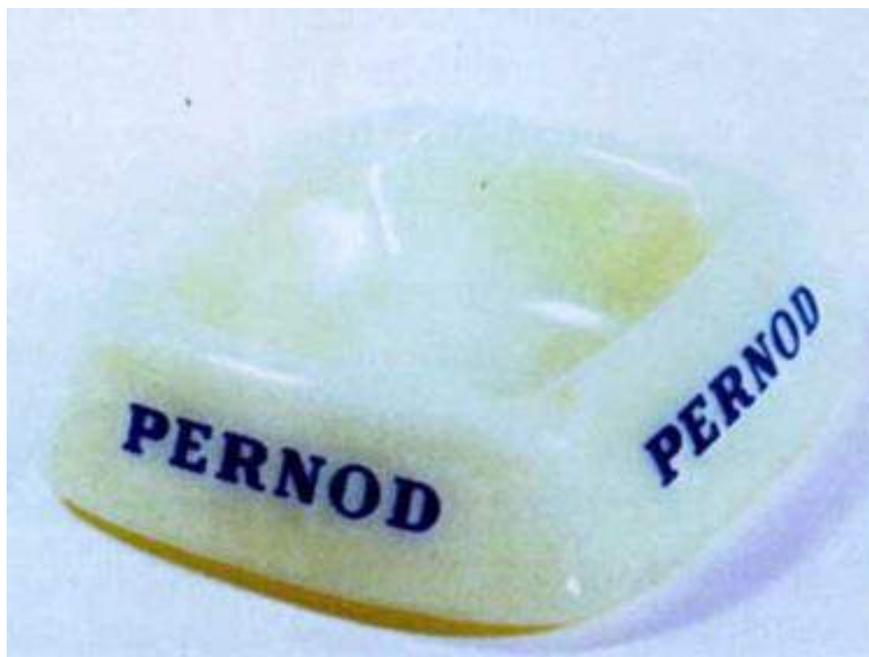
Les nouveaux ne sont plus radioactifs.

Mais les anciens oui.
40 c/s avec une sonde alpha

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Les verres uranifères

Le cendrier publicitaire Pernod illustré ci-dessous, d'une séduisante couleur d'absinthe, provoque la « musique » du compteur Geiger : de sa teneur en uranium résulte en effet son rayonnement ionisant, ainsi que sa vive fluorescence provoquée par les rayons ultraviolets.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Les céramiques radioactives



A la fin des années 90, la CRIIRAD découvrait que des pigments contenant de l'uranium étaient utilisés comme colorants dans des objets du quotidien (émaux, bijoux, carreaux de cuisine, etc.).

Interdiction depuis 2002.

La radioactivité

Modes d'exposition

Effets biologiques des rayonnements

Panorama des sources

Détection des rayonnements

Notions de réglementation

Gestion des déchets radioactifs

Sources médicales

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

APPAREILS DE RADIOPROTECTION

Quelques précautions d'emploi avant toutes choses et pour tous les détecteurs

Il convient de mettre en fonctionnement l'appareil, quelques minutes avant la mesure.

Il faut réaliser une évaluation du bruit de fond, (mesure en l'absence de toute radioactivité).

Et bien entendu faire attention aux chocs.

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure du débit de dose absorbée ou de la dose absorbée

Chambre d'ionisation **Babyline** Babyline 91



Photo : Nardeux

Chambre d'ionisation

Volume : 515 cm^3

Gamme d'énergie : de 10 keV à 2 MeV

Gamme de mesure : 0,1 mGy/h à 100 mGy/h

Estime H^* (10) (3)

Estime H' (0,07)

Estimation de E

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure du débit de dose absorbée ou de la dose absorbée

Les Geiger-Müller compensés
Mesurent les gamma^{ra}

Photo : Saphymo



Photo : Nardeux



Photo : Carmelec



Photo : Rotem



Photo : Safe technologie

Valeurs données
en $\mu\text{Sv/h}$

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure du débit de dose absorbée ou de la dose absorbée

Compteurs proportionnels : FH40



Photo LAURUS Systems

Mesure l'équivalent de dose ambient H* (10)
0.5 μ Sv/h à 100 mSv/h

Réponse de 30 keV à 4 MeV

Existe version bas bruit de fond



DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure du débit de dose absorbée ou de la dose absorbée

Les nouveaux matériels



Photos
Canberra



Photos
APVL



Photo
ROTEM



Photo Berthold

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure de la contamination

Les électroniques utilisées

ECM 21

Échelle de Comptage

maîtrise du temps de
comptage

MIP 10

Mini Ictomètre Portatif

mesure un taux de
comptage

associés à différentes sondes



Photos : Nardeux

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure de la contamination

Détecteurs à scintillations

Photo
Nardeux



Sonde alpha

Scintillateur : SZn

Surface utile de détection : 30 cm²

Bruit de fond : 0,05 i.s⁻¹

Opacité : film alu 3 μm

Rendement : ≈ 44 % ²³⁹Pu

Conseils d'utilisation

Avoir une source de contrôle (*à cause du faible bruit de fond*).

Contrôle à moins de 5 cm sans toucher, car la fenêtre est fragile.

Ne pas protéger la sonde avec un film mince.

Attention à l'humidité

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure de la contamination

Détecteurs à scintillations



Photo
Nardeux

Sonde X

Scintillateur : NaI

Diamètre : 32 mm

Épaisseur : 3 mm

Bruit de fond : 10 à 20 i.s⁻¹

Rendement : 30 % ⁵⁵Fe

Détection $E_{\min} > 5$ keV

Détection E_{\max} : 150 keV

Conseils d'utilisation

Sensible à d'autres rayonnements

Détection de sources émettant des gamma à distance

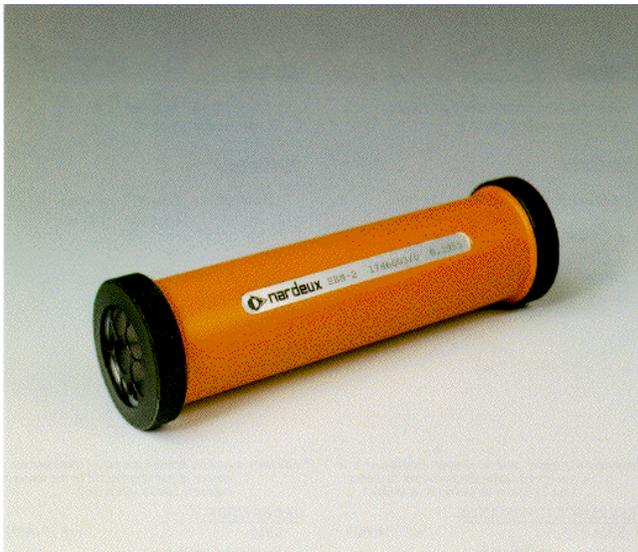
Utile pour les **transuraniens**, l'iode-125, le technétium-99m,...

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure de la contamination

Détecteurs à gaz

Photo
Nardeux



Le compteur Geiger-Müller
sonde bêta GM

dite **sonde bêta mous**

Surface de détection : 6cm^2

Bruit de fond : 1 à 2 i.s⁻¹

Fenêtre : mica 2mg.cm^{-2}

Rendement : $\approx 15\%$ ^{14}C

Détection $E_{\beta_{\text{max}}} > 30\text{keV}$

Conseils d'utilisation

Sensible à TOUS les autres rayonnements (sonde à tout faire)
Attention aux forts taux de comptage (temps mort) pouvant
aussi diminuer la durée de vie.

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure de la contamination

Détecteurs à gaz – Geiger Müller – Radeye B20 - APVL



Photo : APVL

Les RadEye B20 / B20-ER permettent de faire une mesure de la contamination alpha et bêta, ainsi que la mesure d'irradiation gamma et X. Ils ont la particularité de mesure $H^*(10)$ et $H'(0,07)$ avec des filtres.

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure de la contamination

Compteurs proportionnels

FHT 111 M

Compteurs pour alpha, bêta, gamma
(surface active de 100 ou 166 cm²)

Mode compteur

Changement du compteur à l'aide d'un
bouton-poussoir

Valeurs affichées en cps, Bq ou Bq / cm²

Configuration de radionucléide

Alarmes séparées alpha et bêta / gamma



Photo
APVL

DÉTECTION DES RAYONNEMENTS

Mesure de la contamination atmosphérique

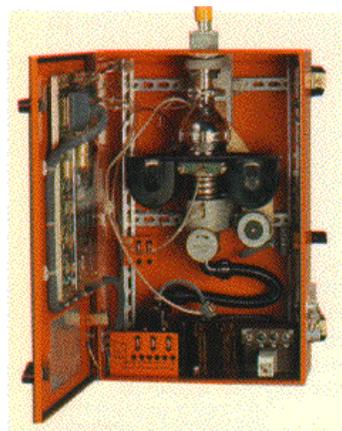
Mesure des aérosols et des gaz



Photo
MGPI

APA1

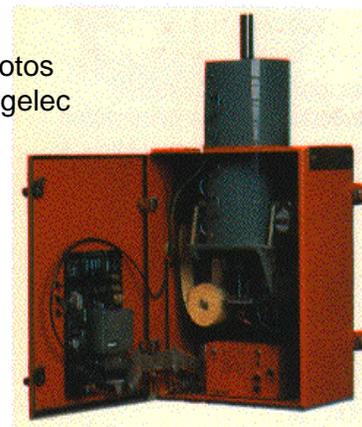
Prélèvement
sur filtre



BFSA

Moniteurs de
contamination
atmosphérique

Photos
Cegelec



BFSB



C/CAG

Chambre
différentielle

La radioactivité
Modes d'exposition
Effets biologiques des rayonnements
Panorama des sources
Détection des rayonnements
Notions de réglementation
Gestion des déchets radioactifs

Sources médicales

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

La Commission Internationale de Protection Radiologique
CIPR créé en 1928

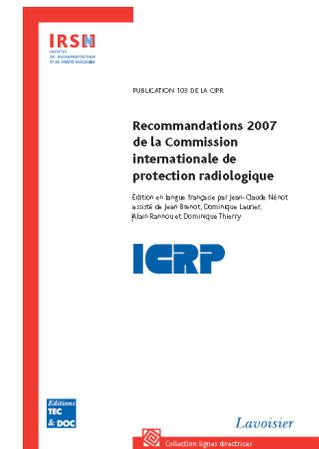
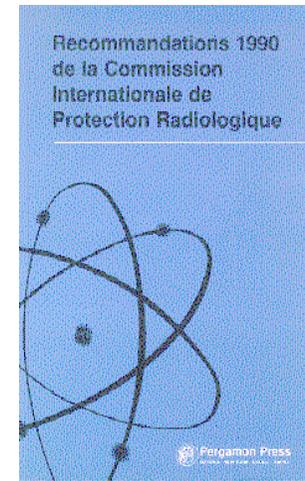
Organisation non gouvernementale
Constituée par des experts cooptés

6 représentants français

ASN - IRSN - CEPN

Publie des Recommandations

À partir des travaux de comités scientifiques
Comité Scientifique des Nations Unies pour l'étude des
Effets des Rayonnements Ionisants (UNSCEAR)
Comité sur les Effets Biologiques des Rayonnements
Ionisants (BEIR)



NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

L'union européenne

UE

Règlements (directement obligatoire pour les états)

Directives (résultats à atteindre dans chaque état)

Décisions (obligatoire pour les destinataires)



**Directive Euratom 2013-59
du 5 décembre 2013**

Publication le 17 janvier 2014



NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

LE CONTRÔLE DE LA RADIOPROTECTION EN FRANCE

Loi sur la transparence et la sécurité en matière nucléaire



Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006
Dite Loi TSN

Création d'une autorité indépendante ASN
Décret de nomination des 5 représentants
Bernard DOROSCZUK président
Depuis novembre 2018

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

LE CONTRÔLE DE LA RADIOPROTECTION EN FRANCE

Expert technique de l'ASN

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
EPIC – ancien institut du CEA

Création en 2002

IRSN : Décret n° 2016-2283 du 10 février 2016

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Ordonnance 2016-128 du 11 février 2016

LE CHAMP D'APPLICATION

Application aux activités comportant un risque d'exposition avec des sources de rayonnements artificielles ou naturelles

Application aux actions pour réduire un risque d'exposition : situation d'urgence, protéger les personnes de la contamination, réduire l'exposition d'une source naturelle (ce qui correspond soit à une situation d'incident ou la découverte de présence de radioactivité).

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

JUSTIFICATION

OPTIMISATION

LIMITATION

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

INTERDICTION

Addition de substances radioactives



NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Loi n°2006-686 du 13 juin 2006

Transparence et sécurité en matière nucléaire

Création ASN autorité indépendante

**Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme
relative à la gestion durable des matières et
déchets radioactifs**

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

LES AUTRES TEXTES RÉGLEMENTAIRES

Décrets en conseil d'état

Textes codifiés dans le **CODE DE LA SANTE PUBLIQUE**
Protection du public modifié par le
Décret 2018- 434 du 4 juin 2018

Texte codifié dans le **CODE DU TRAVAIL**
Protection des travailleurs modifié par les
Décrets 2017- 437 et 438 du 4 juin 2018

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

PUBLIC

(12 MOIS CONSÉCUTIFS)

DOSE EFFICACE
EXPOSITION GLOBALE

$$E_{12} = 1 \text{ mSv}$$

Limitation

EXPOSITION PARTIELLE

$$\text{PEAU } H_{12} = 50 \text{ mSv}$$

$$\text{CRISTALLIN } H_{12} = 15 \text{ mSv}$$



Pas de justification scientifique

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Valeurs limites d'exposition pour les travailleurs

Article R. 4451-6

L'exposition d'un travailleur aux rayonnements ionisants ne dépasse pas les valeurs limites d'exposition suivantes :

« 1° Pour l'organisme entier, la valeur limite est de **20 millisieverts** sur 12 mois consécutifs, évaluée à partir de la dose efficace ;

« 2° Pour les organes ou les tissus, les valeurs limites, évaluées à partir des doses équivalentes correspondantes, sont de :

« a) **500 millisieverts** sur 12 mois consécutifs, pour les mains, les avant-bras, les pieds, les chevilles et la peau. Pour la peau, cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1 cm², quelle que soit la surface exposée ;

« b) **20 millisieverts** sur 12 mois consécutifs, pour le cristallin.

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Article R. 4451-7

En cas de grossesse, l'exposition de l'enfant à naître, pendant le temps qui s'écoule entre la déclaration de la grossesse et le moment de l'accouchement, est maintenue aussi faible que raisonnablement possible et, en tout état de cause, la dose équivalente reçue par l'enfant demeure inférieure à **1 millisievert**.

Article R. 4451-8

L'exposition des jeunes âgés de quinze ans au moins et de moins de dix-huit ans aux rayonnements ionisants ne dépasse pas:

1°) Pour l'organisme entier, **6 millisieverts** sur 12 mois consécutifs, évaluée à partir de la dose efficace:

2°) Pour les organes ou les tissus, évalués à partir des doses équivalentes correspondantes, suivantes:

«a) **150 millisieverts** sur 12 mois consécutifs, pour les extrémités et la peau. Pour la peau, cette limite s'applique à la dose moyenne sur toute surface de 1 cm², quelle que soit la surface exposée;

«b) **15 millisieverts** sur 12 mois consécutifs, pour le cristallin.

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

SYNTHESE

$E < 1 \text{ mSv}$

$E < 6 \text{ mSv}$

$E < 20 \text{ mSv}$

PUBLIC

Jeunes
Travailleurs

Travailleurs
Exposés



$H_{\text{peau}} < 50 \text{ mSv}$

$H_{\text{peau}} < 150 \text{ mSv}$

$H_{\text{peau}} < 500 \text{ mSv}$

$H_{\text{crist}} < 15 \text{ mSv}$

$H_{\text{crist}} < 15 \text{ mSv}$

$H_{\text{ext}} < 500 \text{ mSv}$

$H_{\text{crist}} < 20 \text{ mSv}$

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Article R. 4451-23

I. – Ces zones sont désignées:

1° Au titre de la dose efficace :

«a) «Zone surveillée bleue», lorsqu'elle est inférieure à **1,25 millisieverts intégrée sur un mois** ;

«b) «Zone contrôlée verte», lorsqu'elle est inférieure à **4 millisieverts intégrée sur un mois** ;

«c) «Zone contrôlée jaune», lorsqu'elle est inférieure à **2 millisieverts intégrée sur une heure** ;

«d) «Zone contrôlée orange», lorsqu'elle est inférieure à **100 millisieverts intégrée sur une heure** et inférieure à **100 millisieverts moyennés sur une seconde**;

«e) «Zone contrôlée rouge», lorsqu'elle est supérieure à **100 millisieverts intégrée sur une heure** ou supérieure à **100 millisieverts moyennée sur une seconde**;

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Zone attenante
80 μ Sv par mois
Ou 0,5 μ Sv sur 1 h



1,25 mSv par mois
Ou 7,5 μ Sv sur 1 h

1,25 mSv par mois
Ou 7,5 μ Sv sur 1 h



4 mSv par mois
Ou 25 μ Sv sur 1 h sur
la base de 160 h

4 mSv par mois
Ou 25 μ Sv sur 1 h
sur la base de 160 h



2 mSv sur 1 h



100 mSv sur 1 h

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

ZONE INTERDITE

100 mSv sur 1 h



ZONE RADON

L'employeur identifie toute zone où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à **6 millisieverts par an** en moyenne annuelle, évalués à partir de la concentration d'activité dans l'air du radon.



NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Classement des travailleurs

Article R. 4451-57

I. – Au regard de la dose évaluée en application du 4° de l'article R. 4451-53, l'employeur classe:

1°) En **catégorie A**, tout travailleur susceptible de recevoir, au cours de douze mois consécutifs, une dose efficace supérieure à 6 millisieverts ou une dose équivalente supérieure à 150 millisieverts pour la peau et les extrémités;

2°) En **catégorie B**, tout autre travailleur susceptible de recevoir:

«a) Une dose efficace supérieure à 1 millisievert;

«b) Une dose équivalente supérieure à 15 millisieverts pour le cristallin ou à 50 millisieverts pour la peau et les extrémités.

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Information et Formation des travailleurs

Article R. 4451-58

I. – L'employeur veille à ce que reçoive une information appropriée chaque travailleur:

1°) Accédant à des zones délimitées au titre des articles R. 4451-24 et R. 4451-28;

2°) Intervenant lors d'opérations de transport de substances radioactives;

3°) Membre d'équipage à bord d'aéronefs et d'engins spatiaux;

4°) Intervenant en situation d'exposition durable résultant d'une situation d'urgence radiologique.

«II. – Les travailleurs classés au sens de l'article R. 4451-57 reçoivent une formation en rapport avec les résultats de l'évaluation des risques réalisée conformément à la section 4 du présent chapitre.

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Désignation du conseiller en radioprotection

Article R. 4451-112

L'employeur désigne au moins un conseiller en radioprotection pour la mise en œuvre des mesures et moyens de prévention prévus au présent chapitre. Ce conseiller est:

- «1°) Soit une personne physique, dénommée «**personne compétente en radioprotection**», salariée de l'établissement ou à défaut de l'entreprise;
- «2°) Soit une personne morale, dénommée «**organisme compétent en radioprotection**».

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Article R. 4451-113

I. – Dans un établissement comprenant une installation nucléaire de base, l'employeur constitue un **pôle de compétences en radioprotection** chargé de le conseiller en matière de radioprotection.

Ne sont pas concernées par les dispositions du premier alinéa:

«1°) Les installations mettant en œuvre uniquement des sources radioactives scellées et celles comprenant un accélérateur tel que défini à l'article 3 du décret no 2007-830 du 11 mai 2007 modifié relatif aux installations nucléaires de base;

«2°) Les entreprises extérieures intervenant dans les établissements mentionnés au premier alinéa.

«II. – Dans les établissements mentionnés au I, l'employeur peut confier au pôle qu'il a constitué les missions de conseiller en radioprotection au titre d'autres activités nucléaires exercées dans le même établissement.

«III. – Le pôle de compétence en radioprotection peut accomplir les vérifications initiales.

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Missions du conseiller en radioprotection

Article R. 4451-122

Sous la responsabilité de l'employeur, le conseiller en radioprotection participe, dans un objectif de prévention, à la préservation de la santé et de la sécurité des travailleurs.

«Il exerce ses missions en lien avec le médecin du travail, le salarié mentionné au I de l'article L. 4644-1 et le comité social et économique.

Article R. 4451-123

Le conseiller en radioprotection:

1°) Donne des conseils en ce qui concerne:

«a) La conception, la modification ou l'aménagement des lieux de travail et des dispositifs de sécurité destinés à prévenir les risques liés aux rayonnements ionisants;

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

- «b) Les programmes des vérifications des équipements de travail et des lieux de travail prévues à la section 6 au présent chapitre ainsi que les modalités de suivi de l'exposition individuelle des travailleurs;
- «c) L'instrumentation appropriée aux vérifications mentionnées au b) et les dosimètres opérationnels;
- «d) Les modalités de classement des travailleurs prévu à l'article R. 4451-57;
- «e) Les modalités de délimitation et conditions d'accès aux zones mentionnées aux articles R. 4451-24 et R. 4451-28;
- «f) La préparation et l'intervention en situations d'urgence radiologique prévues à la section 12 du présent chapitre;

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

2°) Apporte son concours en ce qui concerne :

- «a) L'évaluation des risques prévue à l'article R. 4451-13 et suivants;
- «b) La définition et à la mise en œuvre des dispositions relatives aux mesures et moyens de prévention, notamment celles concernant la définition des contraintes de dose et l'identification et la délimitation des zones ;
- «c) La définition et à la mise en œuvre des dispositions relatives aux conditions d'emploi des travailleurs, notamment celles concernant l'évaluation individuelle du risque lié aux rayonnements ionisants, les mesures de protection individuelle et l'information et la formation à la sécurité des travailleurs ;
- «d) La définition et à la mise en œuvre des dispositions relatives à la surveillance de l'exposition individuelle des travailleurs en liaison avec le médecin du travail ;

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

- «e) La coordination des mesures de prévention relatives à la radioprotection pour les entreprises extérieures ;
- «f) L'élaboration des procédures et moyens pour la décontamination des lieux de travail susceptibles de l'être ;
- «g) L'enquête et l'analyse des événements significatifs ;

3°) Exécute ou supervise:

- «a) Les mesurages prévus à l'article R. 4451-15;
- «b) Les vérifications de l'efficacité des moyens de prévention à l'exception de des vérifications initiales.

NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Modalités spécifiques du suivi individuel renforcé

Article R. 4451-82

Le suivi individuel renforcé des travailleurs classés au sens de l'article R. 4451-57 ou des travailleurs faisant l'objet d'un suivi individuel de l'exposition au radon prévu à l'article R. 4451-65 est assuré dans les conditions prévues aux articles R. 4624-22 à R. 4624-28.

«Pour un travailleur classé en catégorie A, la visite médicale mentionnée à l'article R. 4624-28 est renouvelée chaque année. La visite intermédiaire mentionnée au même article n'est pas requise.



NOTIONS DE RÉGLEMENTATION

Article R. 4451-83

I. – Le dossier médical en santé au travail mentionné à l'article R. 4624-26 de chaque travailleur est complété par:

«1°) L'évaluation individuelle de l'exposition aux rayonnements ionisants transmise par l'employeur au titre de l'article R. 4451-53;

«2°) Les résultats du suivi dosimétrique individuel, ainsi que la dose efficace;

«3°) Le cas échéant, les expositions ayant conduit à un dépassement des valeurs limites ainsi que la dose reçue au cours de ces expositions;

«4°) Les résultats des examens complémentaires prescrits par le médecin du travail dans les conditions prévues aux articles R. 4624-35 à R. 4624-38.

«II. – Le dossier médical en santé au travail de chaque travailleur est conservé jusqu'au moment où il a ou aurait atteint **l'âge de soixante-quinze ans** et, en tout état de cause, pendant une **période d'au moins cinquante ans à compter de la fin de l'activité professionnelle** impliquant une exposition aux rayonnements ionisants.

La radioactivité
Modes d'exposition
Effets biologiques des rayonnements
Panorama des sources
Détection des rayonnements
Notions de réglementation
Gestion des déchets radioactifs

Sources médicales

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Trois idées à retenir

Les quantités

Bien inférieures à celles des déchets « classiques »

Le tri sélectif

Chaque type de déchet a son traitement approprié

La vision de l'avenir

Modélisation à 300 ans, à 200 000 ans...

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Voici les quantités annuelles de déchets produits en France, par habitant :

Industriels : 2 500 kg dont 100 kg de déchets toxiques

Ménagers : 360 kg (hors encombrants, matières recyclables et autres) dont 4 kg de déchets toxiques

Nucléaires : 2 kg environ
dont 20 g de déchets dits « haute activité et vie longue » (15 g de MAVL 5 g de HA)

soit 3 pièces de 1 euro



GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

L'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA).

Crée au sein du  le 7/11/79. Actuellement Établissement Public Industriel et Commercial depuis 1991.

L'ANDRA gère les centres de stockage existant et mène des recherches pour l'implantation de nouveaux sites (en particulier le stockage longue durée).

L'ANDRA ne stocke que les déchets français..

EDF - CEA - ORANO = 95 % des déchets

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

L'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs définit les méthodes de conditionnement en accord avec les autorités.

Méthodes de conditionnement

Résidus effluents : Ciment

Déchets bêta-gamma : Ciment

Résines : Enrobage résines

Déchets Haute Activité : Vitrification

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Classification des déchets

| | Déchets à vie courte (période des principaux éléments < 30 ans) | Déchets à vie longue |
|----------------------|--|---|
| Très faible activité | En exploitation Centre de Morvilliers (Résidus miniers) | |
| Faible activité | En exploitation A Centre de l'Aube | Filières à l'étude (subsurface) (graphite, radifères) |
| Moyenne activité | | B |
| Haute activité | C Filières à l'étude Loi du 30/12/91 (revue 2006) | |

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

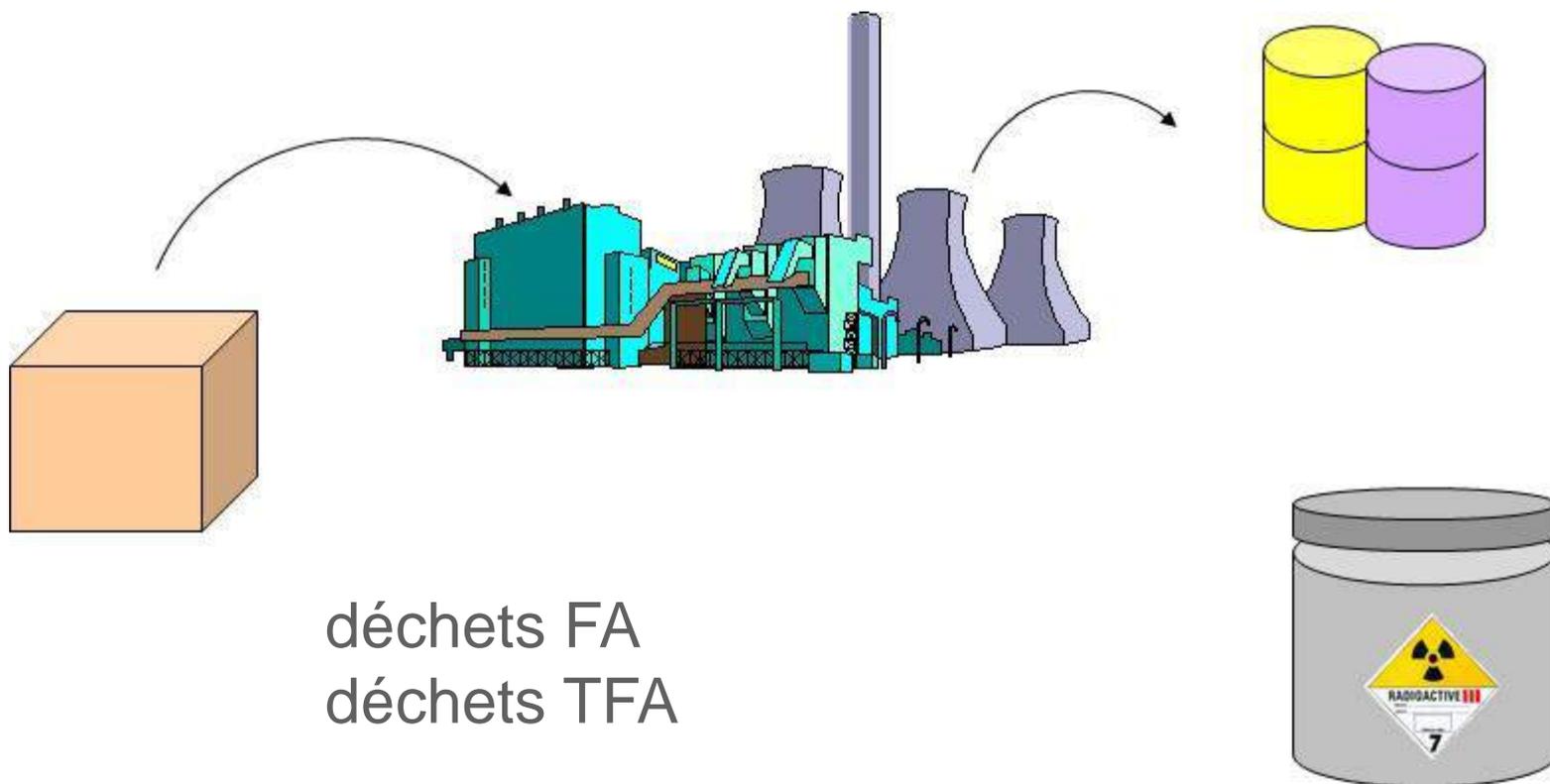
Chez les grands exploitants nucléaires, on évite de faire entrer les éléments inutiles dans des zones à risque de contamination.

Comme il n'y a pas de seuil de libération en France (contrairement à certains de nos voisins européens, dont un qui a stoppé le nucléaire récemment...) tout est conditionné en déchets TFA ou FAMA.

Mise en place d'un zonage déchets

Arrêté 31/12/99 puis révisé le 07/02/2012

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



déchets FA
déchets TFA

Pas de seuil de libération

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Quelques conditionnements



Très faible activité (TFA)



Faible et moyenne
activité (FA-VC et MA-VC)



Moyenne activité (MA-VL)

Haute activité (HA)

1ère barrière : le colis

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Stockage des déchets FAMA

CSA



En exploitation

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Capacité de stockage : 1 million de mètres cube



2^{ème} barrière : l'ouvrage

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



Vue du stockage des déchets au CSA – 2021

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Stockage des déchets TFA

Ces déchets sont entreposés en surface, à même la terre, compte tenu de la très faible radioactivité, qu'ils contiennent.

Leur niveau de radioactivité est en général inférieur à 100 becquerels par gramme, c'est-à-dire inférieur à la radioactivité naturelle.

Ce centre s'appelle le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires)

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Stockage des déchets TFA Le CIRES



GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

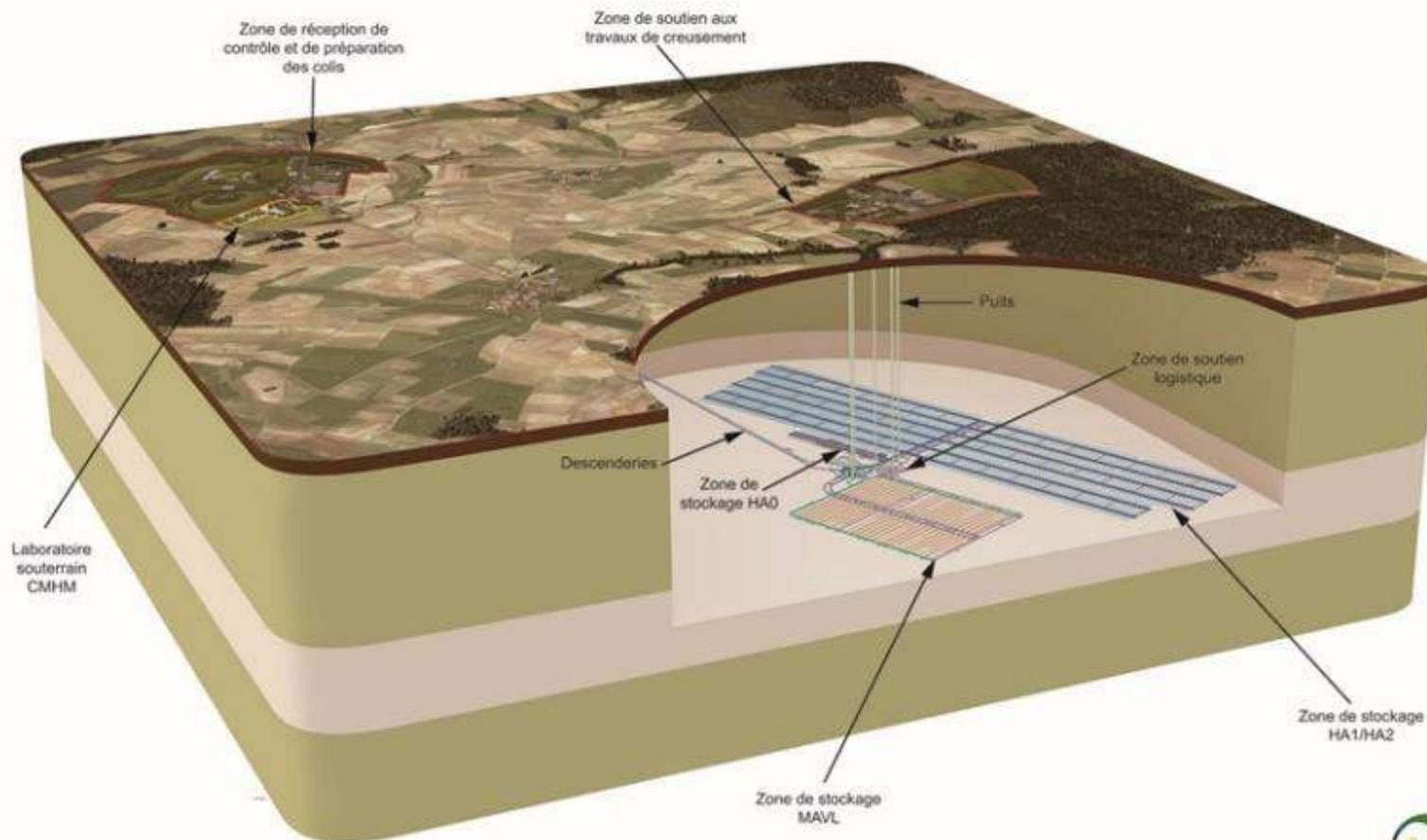
Projet CIGEO

Cigéo (acronyme de centre industriel de stockage géologique) est un projet français de centre de stockage des déchets radioactifs en couche géologique profonde, aussi appelé enfouissement des déchets nucléaires.

Il est conçu pour enfouir (stocker) les déchets radioactifs de haute activité et à vie longue produits par l'ensemble des installations nucléaires françaises, jusqu'à leur démantèlement, et par le traitement des combustibles usés utilisés dans les centrales nucléaires.

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Bloc diagramme 3D Cigéo



C.IM.0EKS.15.0005.C

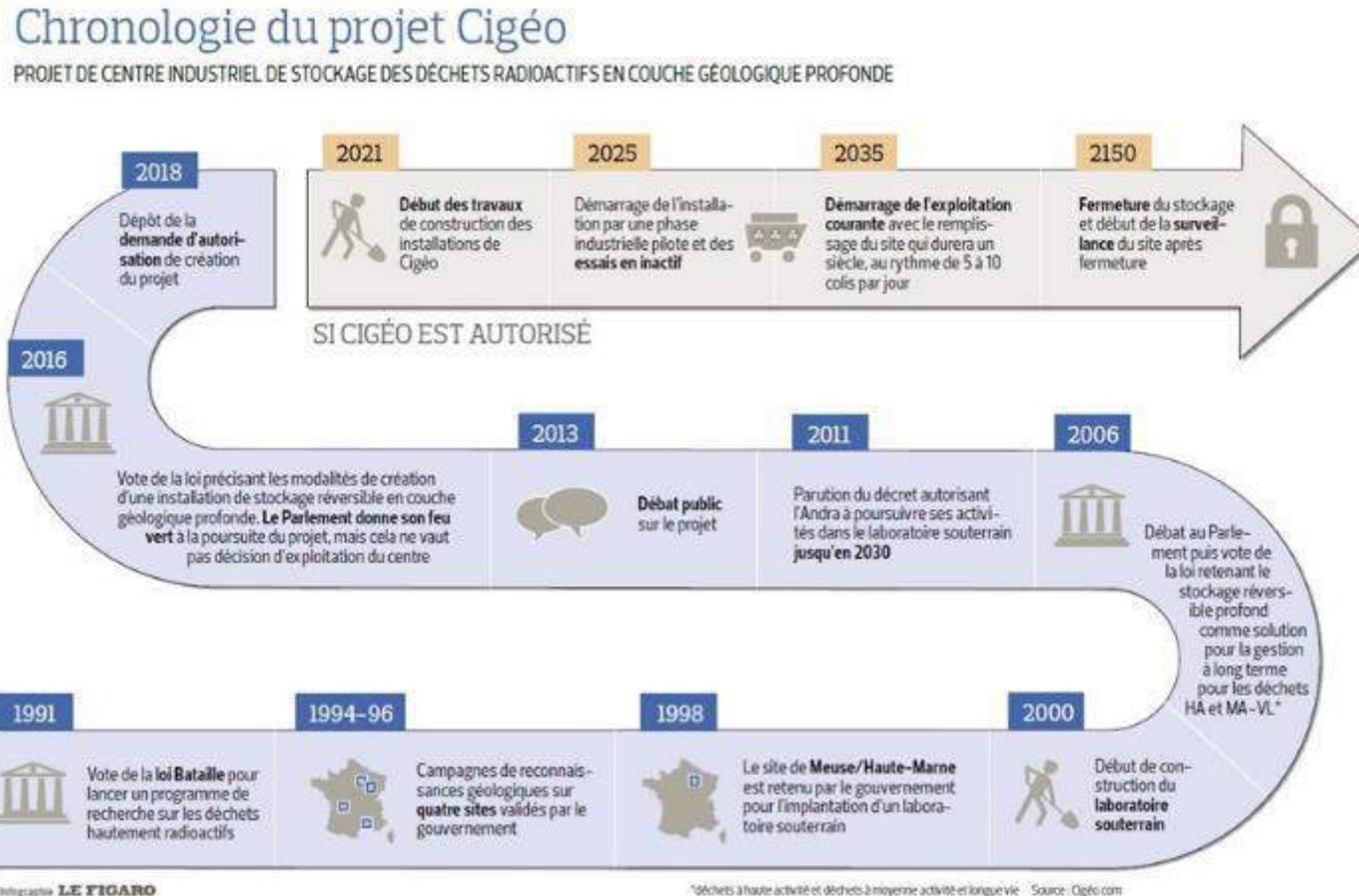
Echelle des ouvrages non respectée.
Pendage des formations géologiques non représenté.



3^{ème} barrière : la couche géologique

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Echéancier actuel concernant CIGEO



GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Chez les petits producteurs, la gestion des déchets est encadrée par l'arrêté du 23 juillet 2008 (homologation de la décision n° 2008-DC-0095 de l'ASN du 29 janvier 2008)

Ce texte donne les règles techniques sur l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides, hors INB.

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

CLASSIFICATION

Basée sur la période
des radionucléides

Type I : $T < 6$ jours

Type II : $T < 100$ jours

Type III : $T > 100$ jours

ANDRA collecte type III



Guide d'enlèvement
des déchets radioactifs

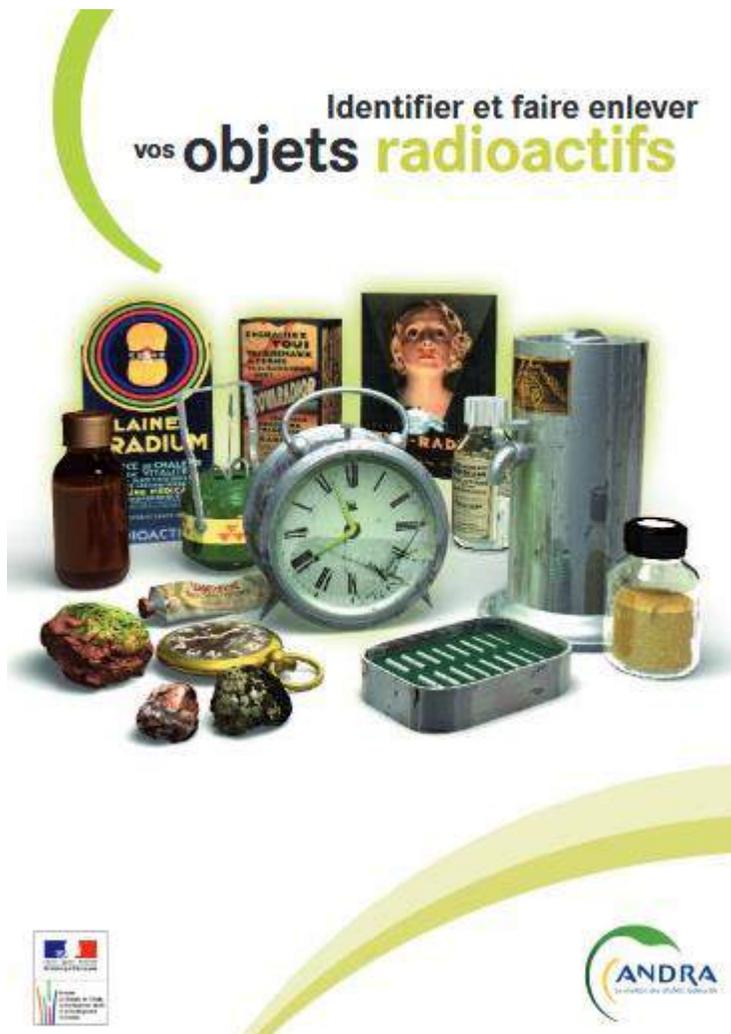
De la collecte au stockage



GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Pour les particuliers

L'ANDRA récupère les
objets au radium



La radioactivité
Modes d'exposition
Effets biologiques des rayonnements
Panorama des sources
Détection des rayonnements
Notions de réglementation
Gestion des déchets radioactifs

Sources médicales

LES SOURCES MÉDICALES

Principes complémentaires et non contradictoires

La règle la plus élémentaire =

ne pas faire d'examen inutile

principe de justification

principe d'optimisation

principe de responsabilité

principe de substitution

principe de participation

Le principe de limitation individuelle des expositions ne s'applique pas aux patients

LES SOURCES MÉDICALES



Le matériel fixe



RADIODIAGNOSTIC

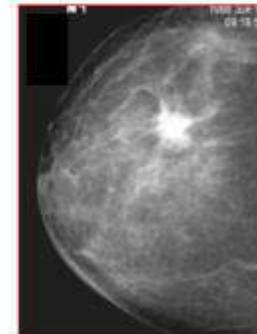


Le matériel mobile

Les générateurs X

LES SOURCES MÉDICALES

Radiologie Conventionnelle



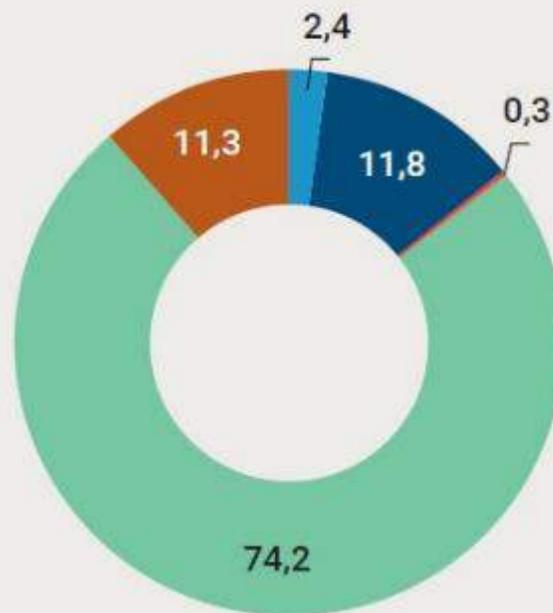
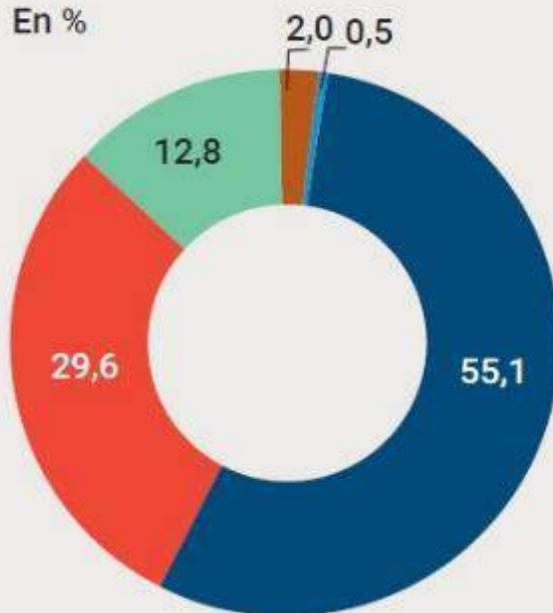
LES SOURCES MÉDICALES

Répartition par modalité d'imagerie des actes diagnostiques et de la dose efficace collective.

a) Nombre d'actes diagnostiques.

b) Dose efficace collective

En %



■ Radiologie conventionnelle

■ Radiologie dentaire

■ Scanographie

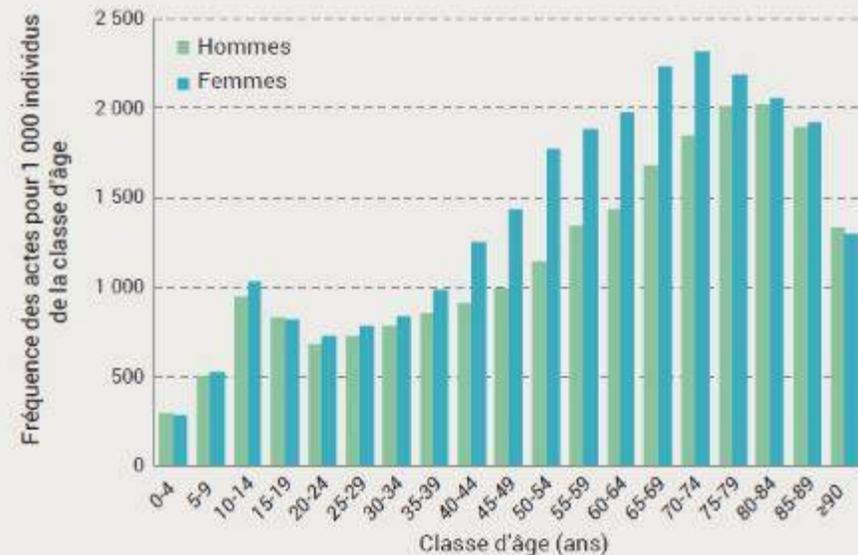
■ Médecine nucléaire

■ Radiographie interventionnelle diag.

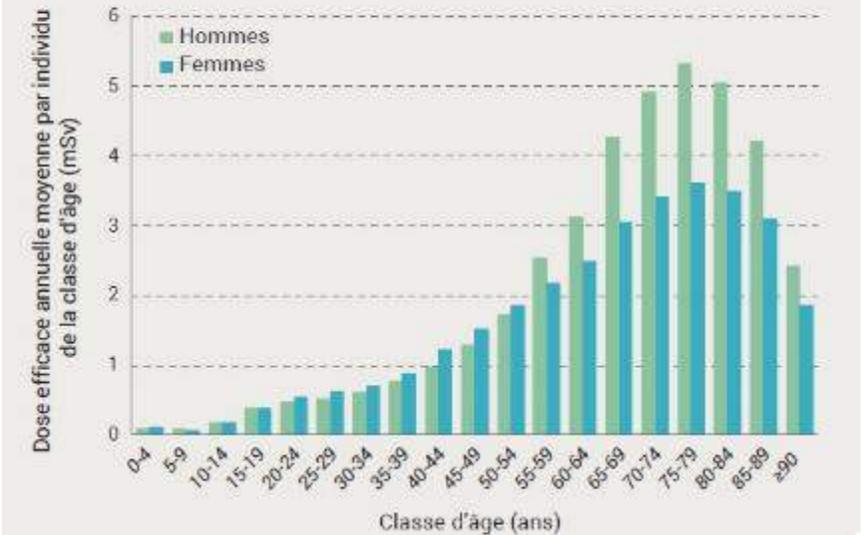
LES SOURCES MÉDICALES

Fréquence de réalisation des actes (toutes modalités)
selon la classe d'âge et le sexe.

exprimée en nombre d'actes pour 1000 individus.

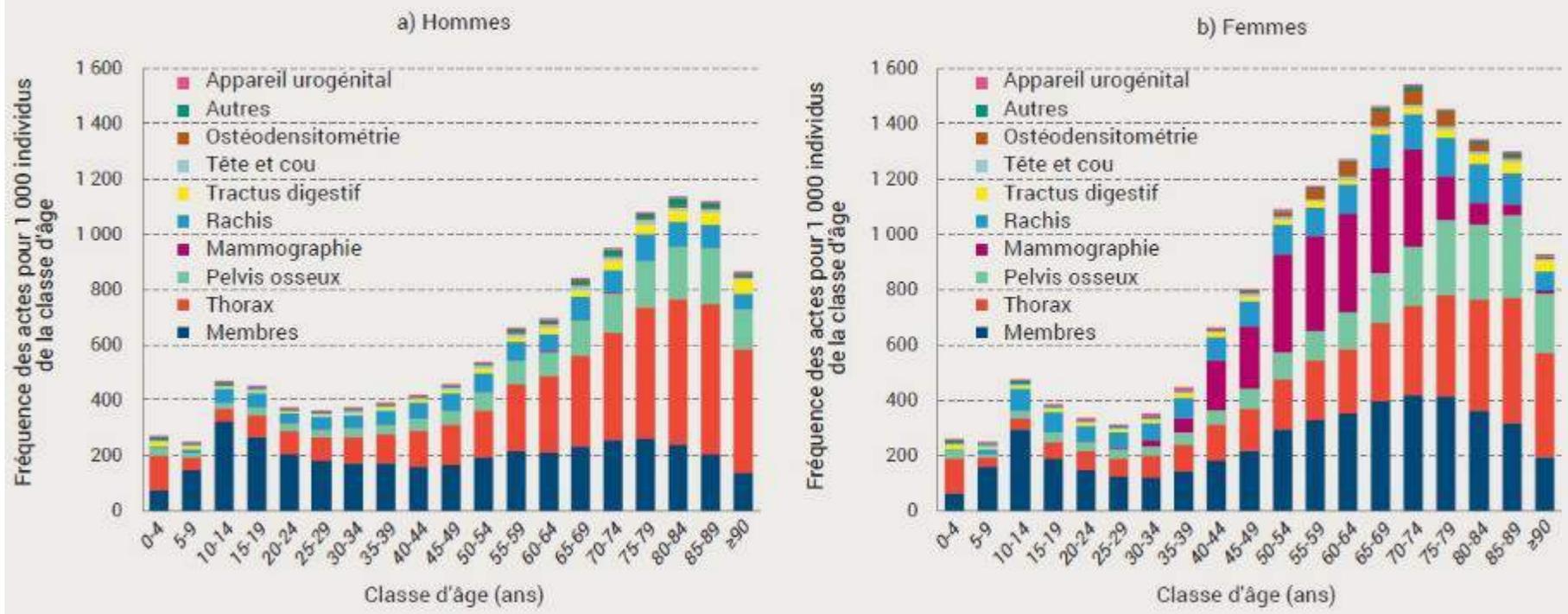


Dose efficace annuelle moyenne par individu selon la classe d'âge et le sexe.



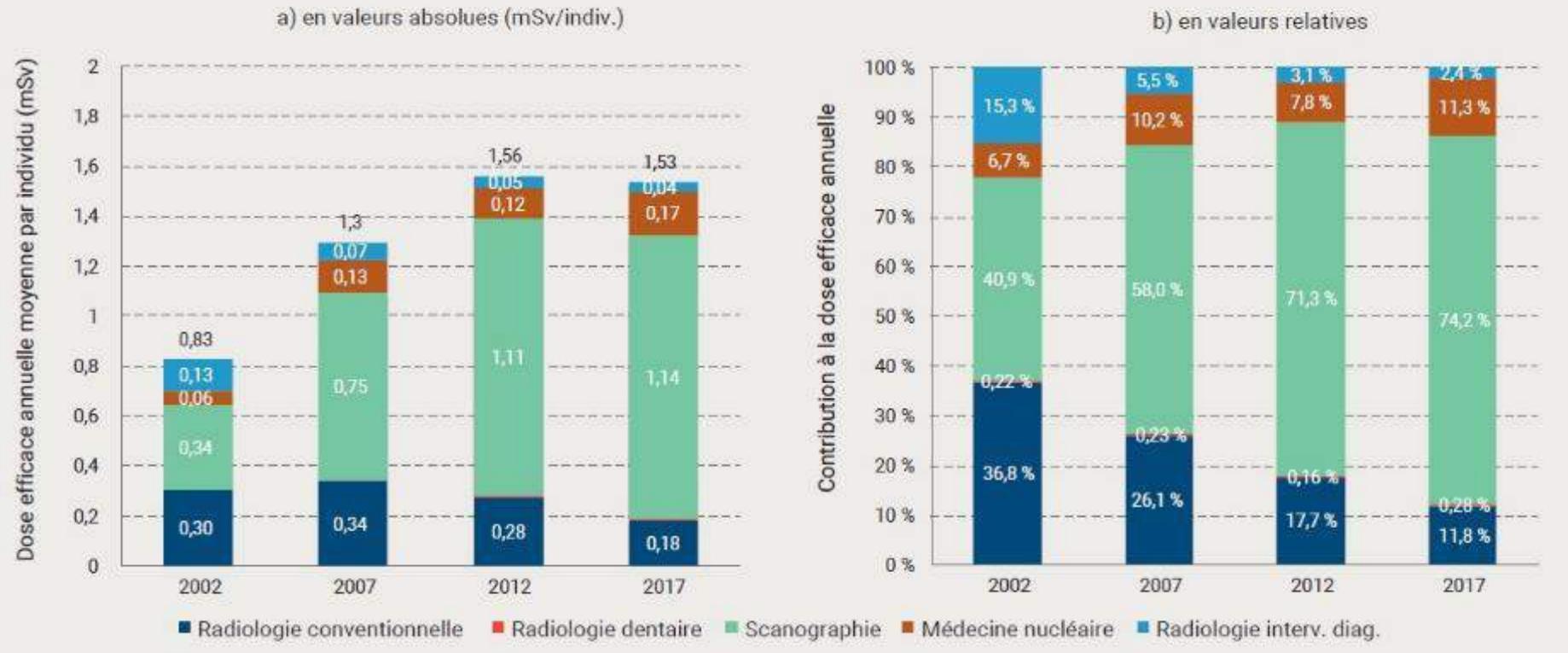
LES SOURCES MÉDICALES

Comparaison des fréquences d'actes de radiologie conventionnelle par catégorie d'examen et par classe d'âge dans la population masculine et dans la population féminine.

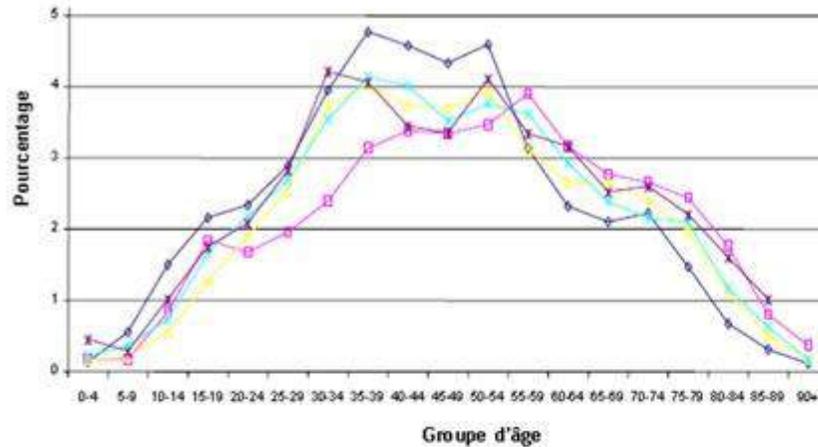


LES SOURCES MÉDICALES

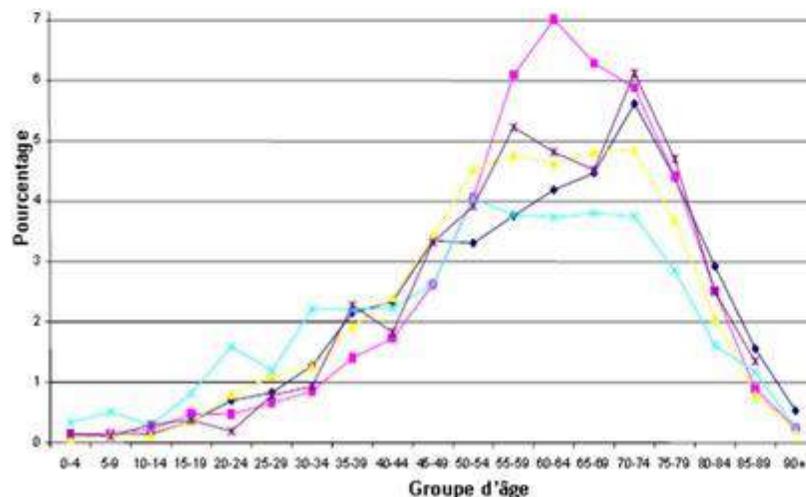
Évolution de la dose efficace annuelle moyenne par individu entre 2002 et 2017, selon la modalité d'imagerie.



LES SOURCES MÉDICALES



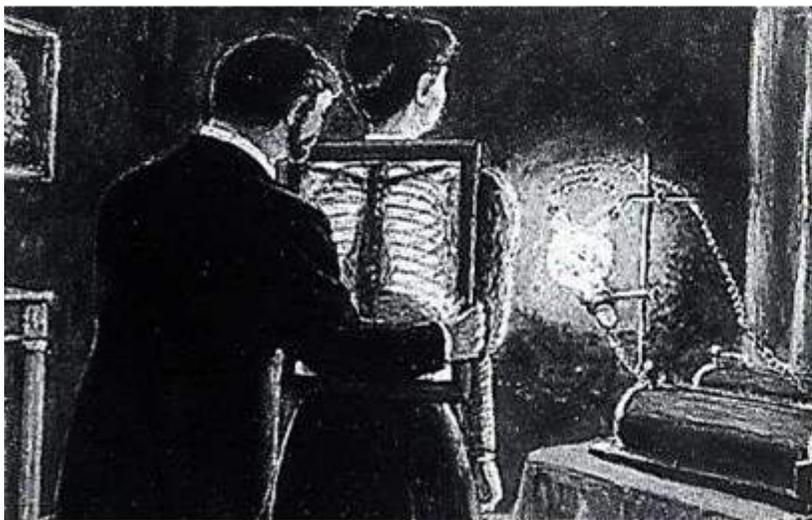
Répartition en fonction de l'âge des examens du rachis lombaire chez l'homme pour 5 pays.



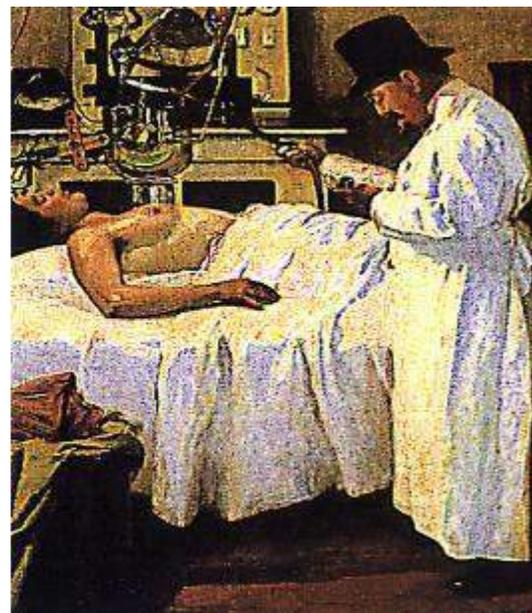
Répartition en fonction de l'âge des examens CT thorax chez la femme pour 5 pays.

LES SOURCES MÉDICALES

UN PEU D'HISTOIRE



LES DÉBUTS DE
LA RADIOLOGIE



LES DÉBUTS DE
LA RADIOTHÉRAPIE

Un des premiers traitements
du cancer du sein par rayons X

LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC



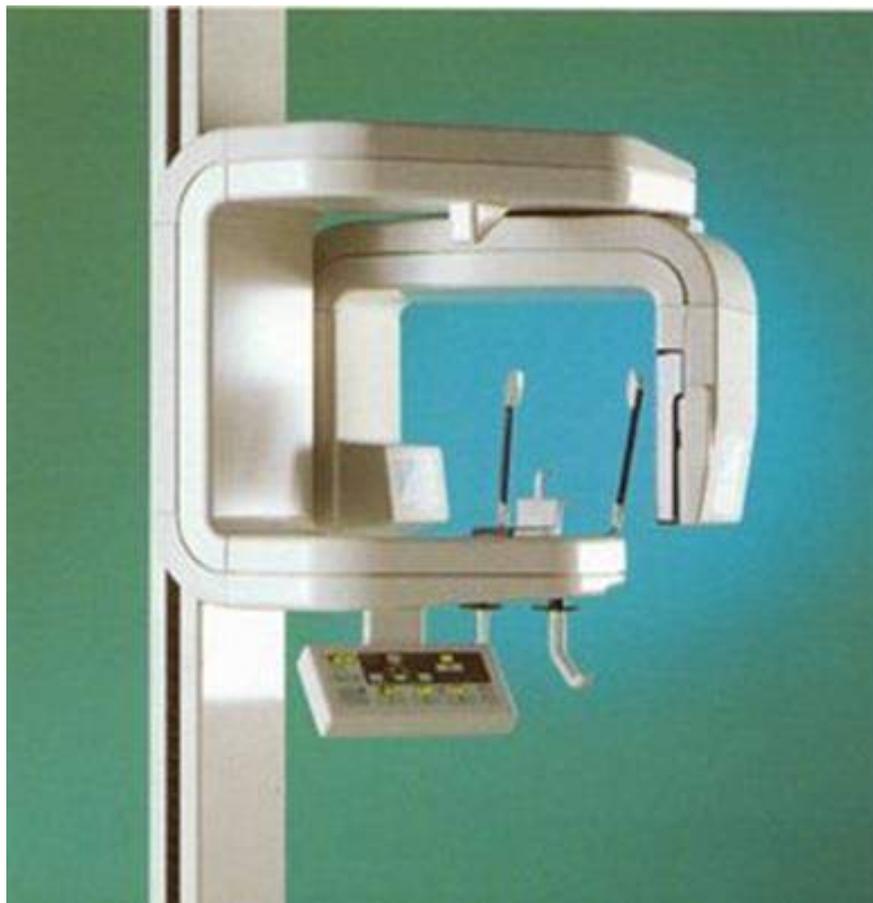
La mammographie



Radiographie des seins : mammographie

LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC

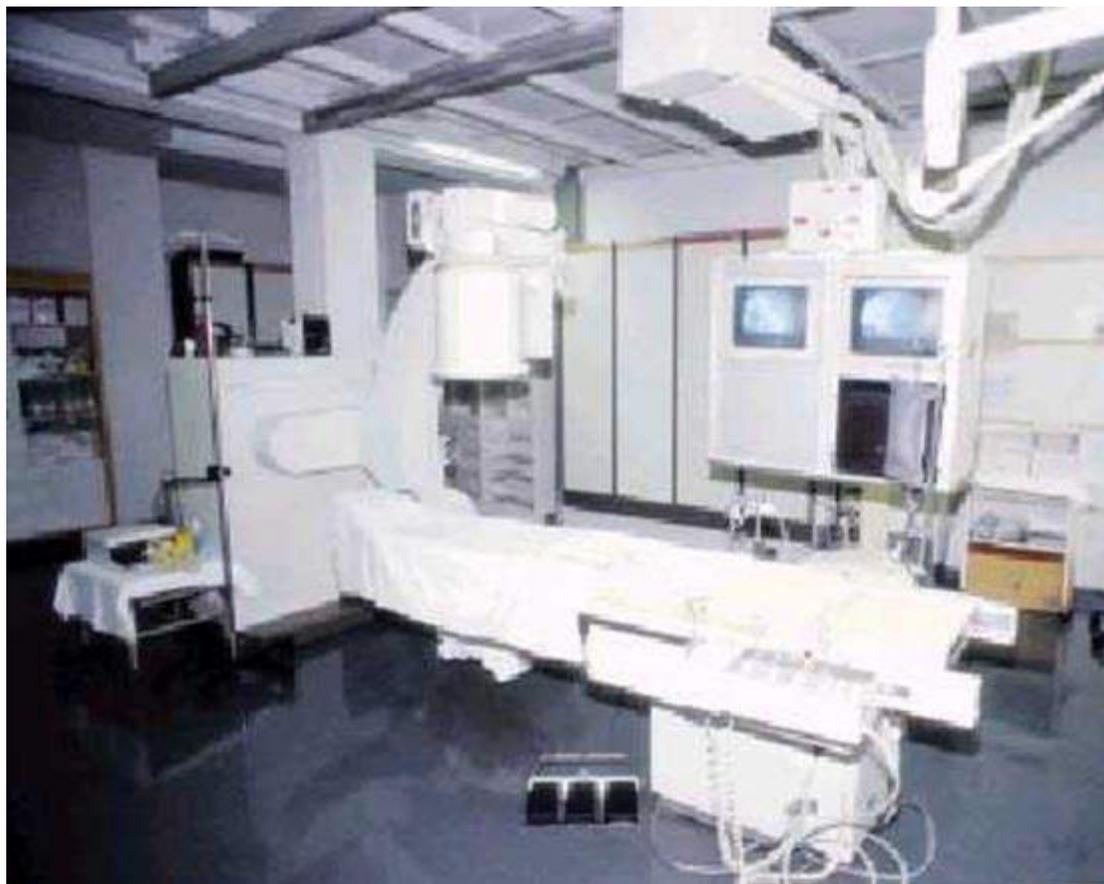


Pour les panoramiques
dentaires

environ 20 mSv à la peau

LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC



Poste de chirurgie interventionnelle

LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC

Chirurgie interventionnelle



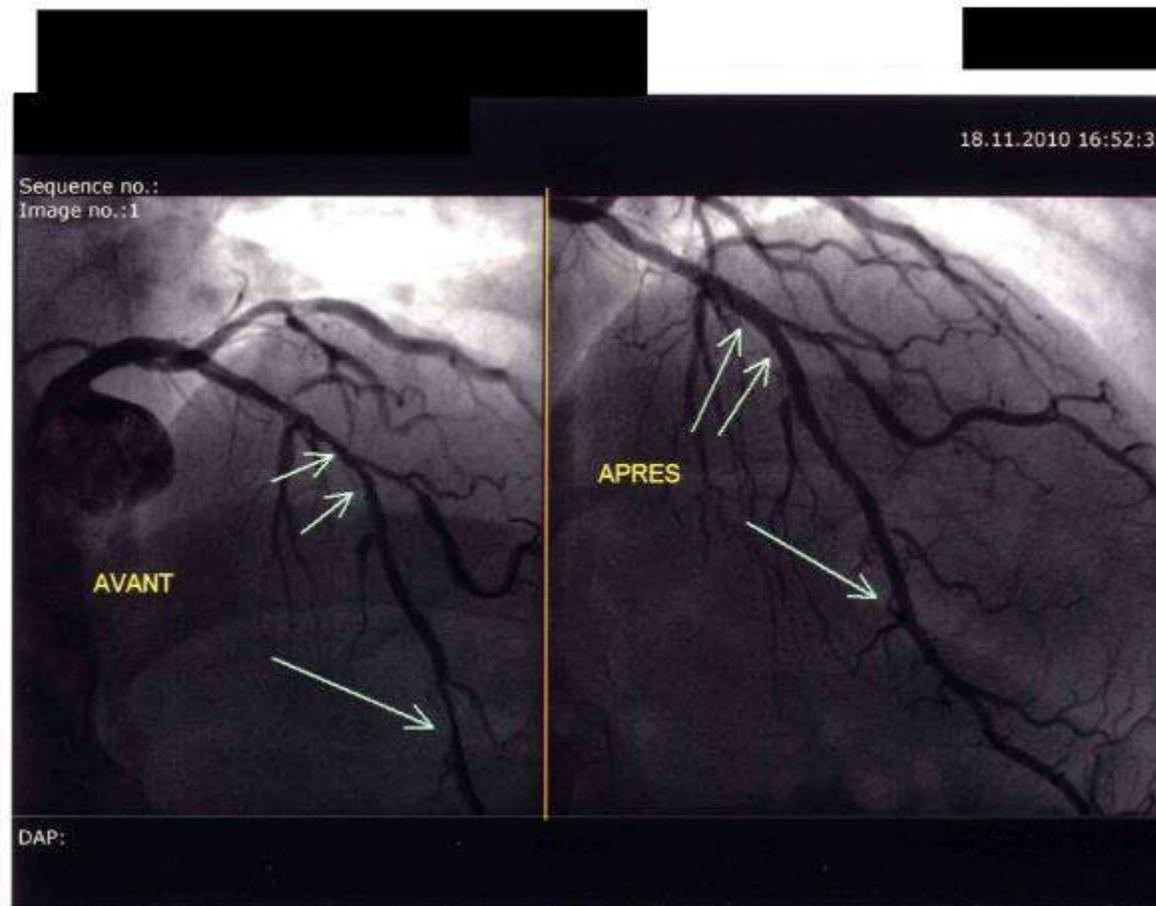
Effet déterministe possible : Radio nécrose
Si trop d'émission de rayons x

LES SOURCES MÉDICALES

Chirurgie interventionnelle

RADIODIAGNOSTIC

Mais ça
sauve la
Vie des
gens !



LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC

Cela concerne la radiographie et AUSSI la tomodynamométrie (scannographie)



Photo SIEMENS



3 à 5 mSv par coupe ($x = 5 \text{ mm}$)
fonction de l'épaisseur

LES SOURCES MÉDICALES

Le scanner est un des examens radiologiques qui délivre une dose importante sur la partie exposée.

Les informations communiquées aux patients sont rarement compréhensibles. On parle de dose multipliée par une unité de longueur ou de surface.

Même si vous êtes professionnel dans le domaine vous avez du mal à faire le lien avec les valeurs de dose que vous connaissez.

Pour un scanner abdominal, on considère que la dose reçue varie de 10 à 20 mSv (sur la partie exposée). On trouve sur des sites internet d'autres valeurs : scanner tête 2 mSv, scanner thorax 8 mSv, etc...

LES SOURCES MÉDICALES

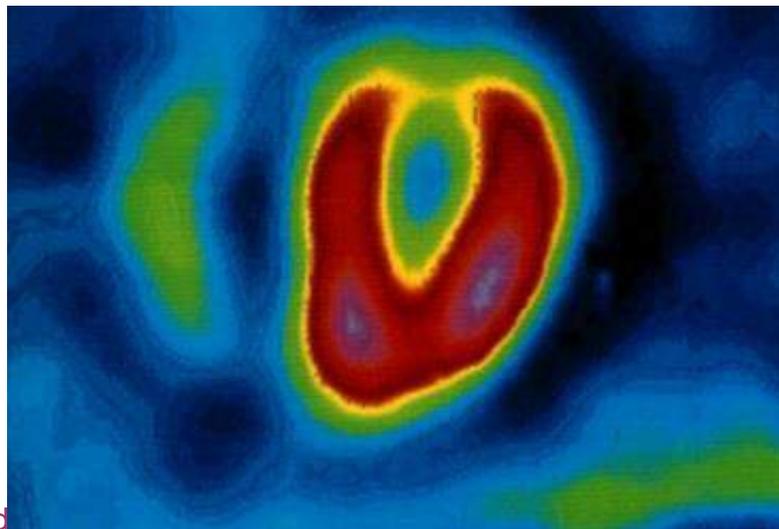
LA MÉDECINE NUCLÉAIRE

La médecine nucléaire (imagerie médicale et thérapie)

- utilisation de radionucléides à vie courte
- faibles doses en diagnostic, fortes en thérapie
- durée de l'hospitalisation des patients
- problème des déchets à éliminer par décroissance radioactive

Scintigraphie
cardiaque

Thallium 201



LES SOURCES MÉDICALES

LA MÉDECINE NUCLÉAIRE

Détection du radionucléides avec une gamma caméra



Photo GE

La gamma caméra est, en fait, un détecteur à scintillations calé sur l'énergie du gamma à mesurer.

LES SOURCES MÉDICALES

LA MÉDECINE NUCLÉAIRE



Radiopharmaceutique

Photos CEA



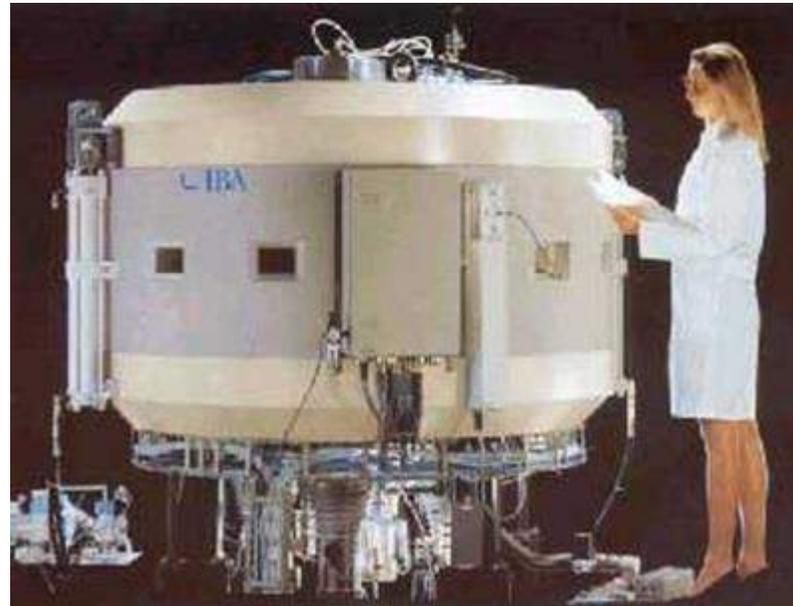
Générateur de Tc-99m

LES SOURCES MÉDICALES

LA MEDECINE NUCLEAIRE

Nouvelle technique : Caméra à positon ou équipement de tomographie à positon TEP

Fabrication en cyclotron



Photos IBA

Radionucléide de très courte période produit par un cyclotron
Exemple : **Fluor-18** Période : **110 minutes**

LES SOURCES MÉDICALES

LA RADIOTHÉRAPIE

On utilise aujourd'hui en radiothérapie les accélérateurs de particules au détriment des appareils de cobaltothérapie (anciennement « bombe au cobalt ») – cas particuliers : gamma knife

On délivre, au maximum des doses de **80 Gy en 15 séances** exposition sur la tumeur solide



Photo Siemens

LES SOURCES MÉDICALES

LA RADIOTHÉRAPIE



Photo
ELEKTRA

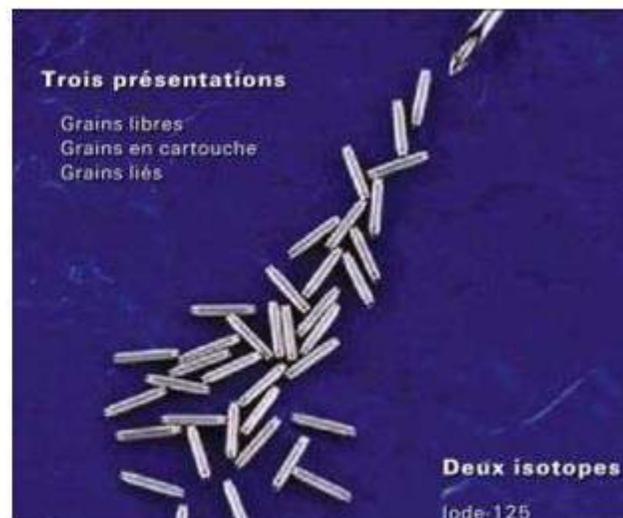
LES SOURCES MÉDICALES

LA CURIETHÉRAPIE

On implante des sources sous formes d'aiguilles ou de petits grains dans la tumeur du patient.



Sources d'iridium 192
Exemple : traitement de cancer
gynécologique



Sources d'iode 125
Exemple : traitement de cancer
de la prostate