

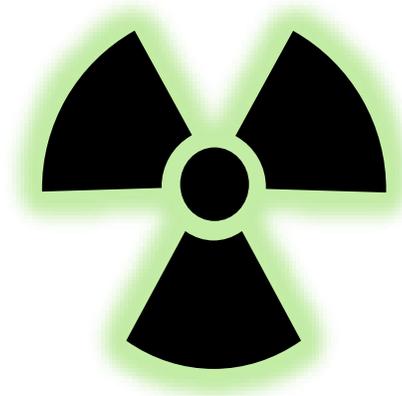
L'énergie nucléaire ne laisse personne indifférent !

Pour les étudiants, une chimie
pleine de mystère...
Déjà...les alchimistes...

Un véritable danger!
La folie de l'homme qui joue à
l'apprenti sorcier avec des forces
qui le dépasse.

Une énergie qui ne produit pas
ou peu de CO_2 (respect des
engagements Kyoto)

Energie inépuisable et pas chère
(Sécurité de l'approvisionnement)



Une énergie qui produit des déchets
radioactifs dont on ne sait que faire!

Dans le milieu médical, un moyen de produire
des radionucléides pour diagnostiquer
ou traiter des cancers

Pour la population, c'est évoquer
des radiations mystérieuses
qui viennent frapper de cancers les individus!

Parler de radioactivité, c'est évoquer des radiations mystérieuses et dangereuses !

La principale conséquence sanitaire du nucléaire dont souffre le public :
la peur !

- Elle n'est pas spécifique au nucléaire.
- Elle existe face à ce que l'on ne maîtrise pas, à la science, au progrès et ses conséquences.
- **Elle est primaire, pas très toujours rationnelle, émotionnelle face à la petite et à la grande histoire du nucléaire !**



Comment peut-on reprocher à celui qui ne connaît pas d'être inquiet ?

7 réacteurs nucléaires exploités en Belgique

- 4 réacteurs à la centrale nucléaire de Doel



- 3 réacteurs à la centrale nucléaire de Tihange

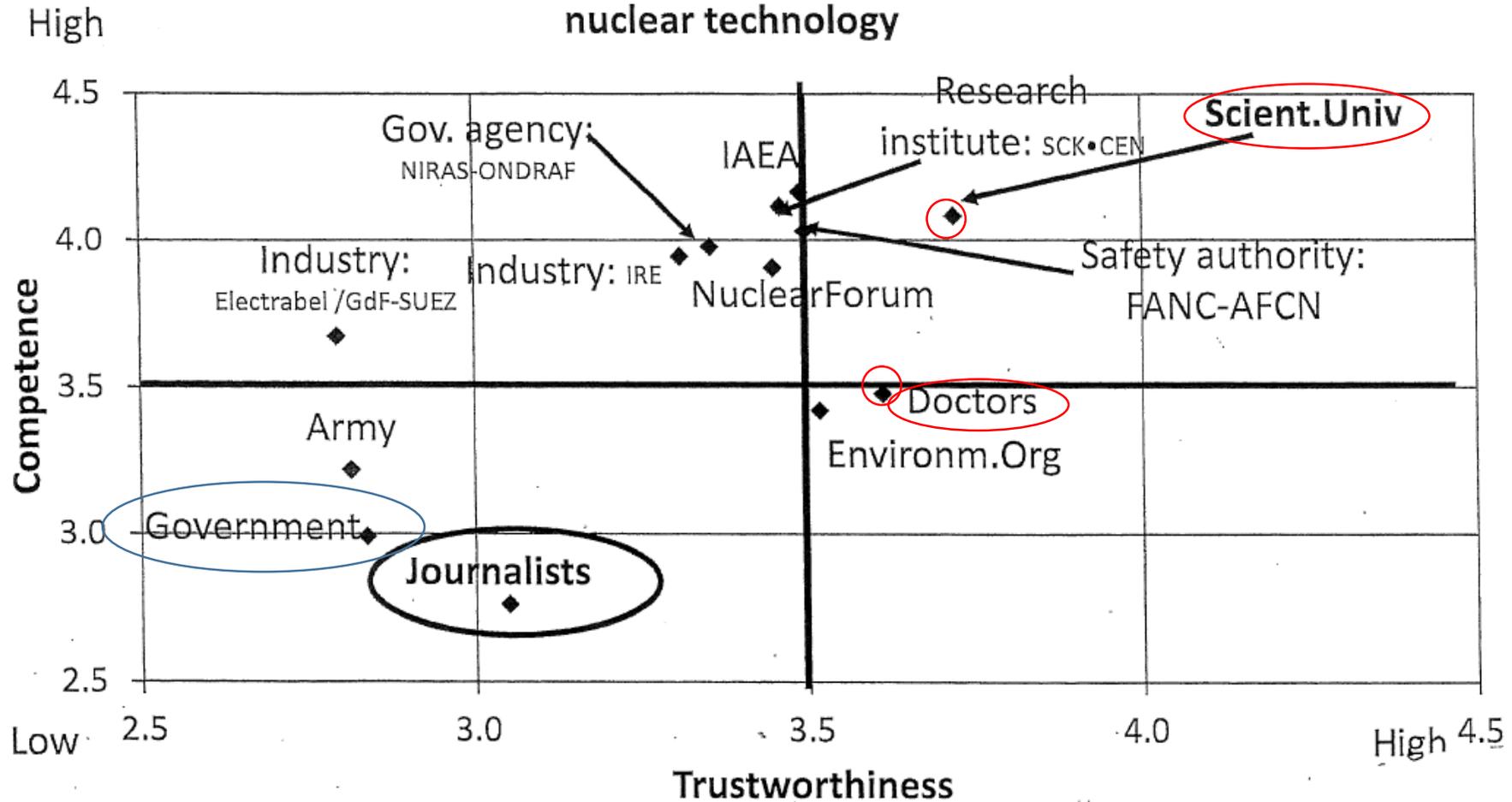


Réacteur	Début	Fin d'exploitation	Puissance (MW)
Doel 1	1974	2014	433
Doel 2	1975	2015	433
Doel 3	1982	2022	1006
Doel 4	1985	2025	1047
Tihange 1	1975	2015	962
Tihange 2	1982	2022	1008
Tihange 3	1985	2025	1054

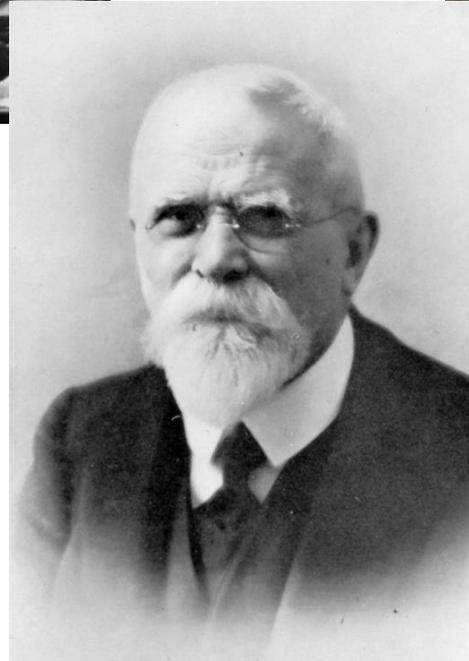
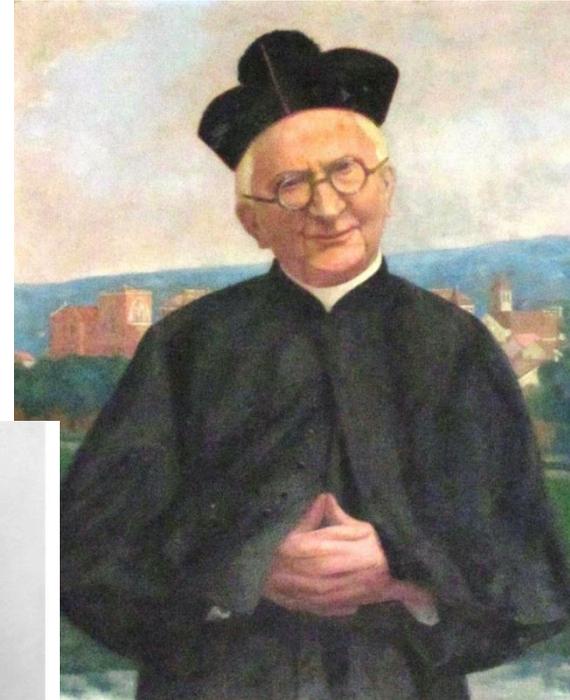
1^{ères} centrales commerciales mises en service en 1974 à Doel et Tihange.

Parmi les technologies de réacteurs nucléaires disponibles,
la Belgique a choisi les Réacteurs à Eau Pressurisée (REP)
(269 REP dans le monde!)

Trustworthiness and competence as regards risks and benefits of nuclear technology



Dans le passé...



En 2018....



Le médecin: la référence dans la problématique de santé

**Pour les aspects
nucléaires.....?**



Le rôle du médecin en cas d'accident nucléaire/radiologique?



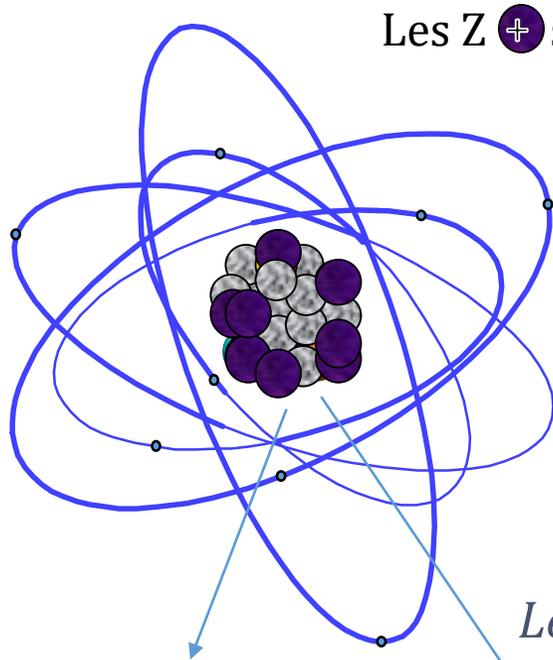
Le Diable est plus dans l'ignorance
des choses et des ordres de
grandeur que dans les particules

$\alpha, \beta, \gamma.$



La radioactivité ou les forces en jeu au sein de la matière..

Dans la nature, beaucoup d'atomes sont stables. Certains sont **instables!**



Les Z \oplus se repoussent (**force répulsive**)

Ils restent associés grâce aux N \ominus !
(**force attractive**)

} Force nucléaire compensant la force électrique

Dans certains cas, il y a un déséquilibre trop important entre le nombre de protons et neutrons. **Les noyaux sont instables !!**

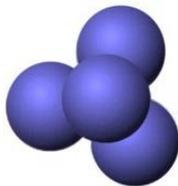
Ex: Le carbone ! ^{12}C (12 = 6 \oplus + 6 \ominus)
Stable !

^{14}C (14 = 6 \oplus + 8 \ominus)
Radioactif

Les noyaux instables vont chercher à devenir plus stables.....

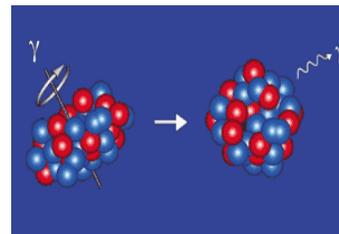
β
I-131
F-18

Beta particle

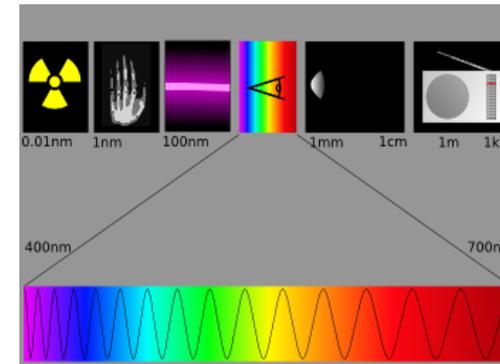


Alpha particle

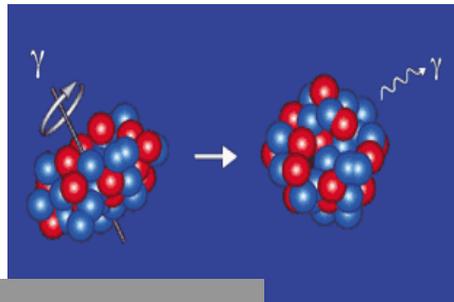
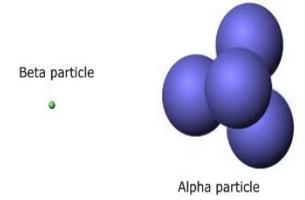
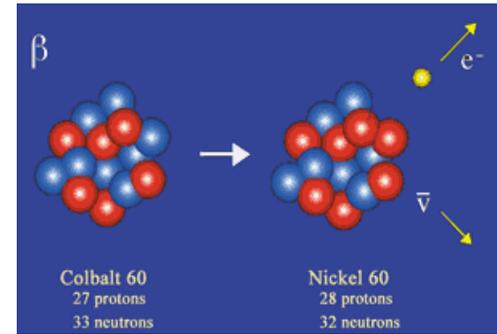
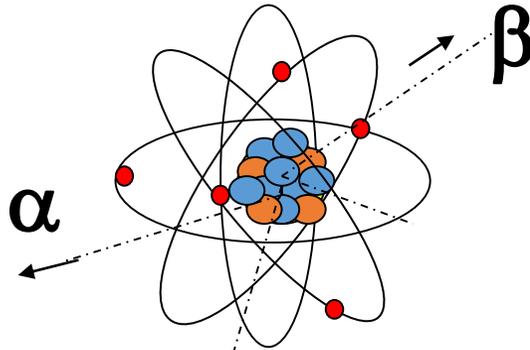
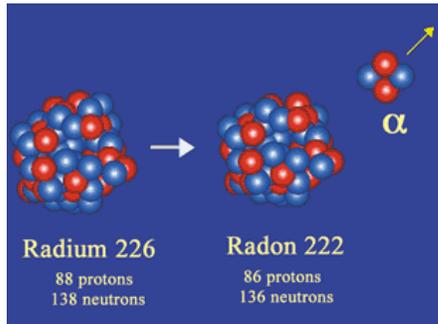
α Ra-223



Tc-99m – F-18
I-125

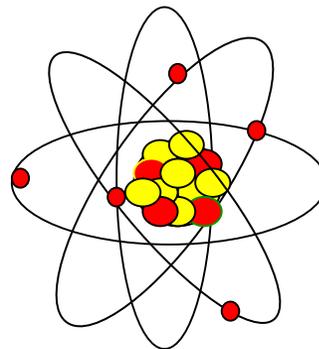


La radioactivité est la propriété de certains éléments de se transformer spontanément en d'autres éléments avec émission d'énergie sous forme de particules ou de rayonnements.

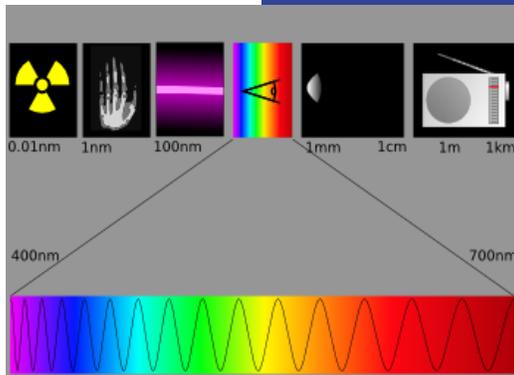


γ, X

Désintégration radioactive

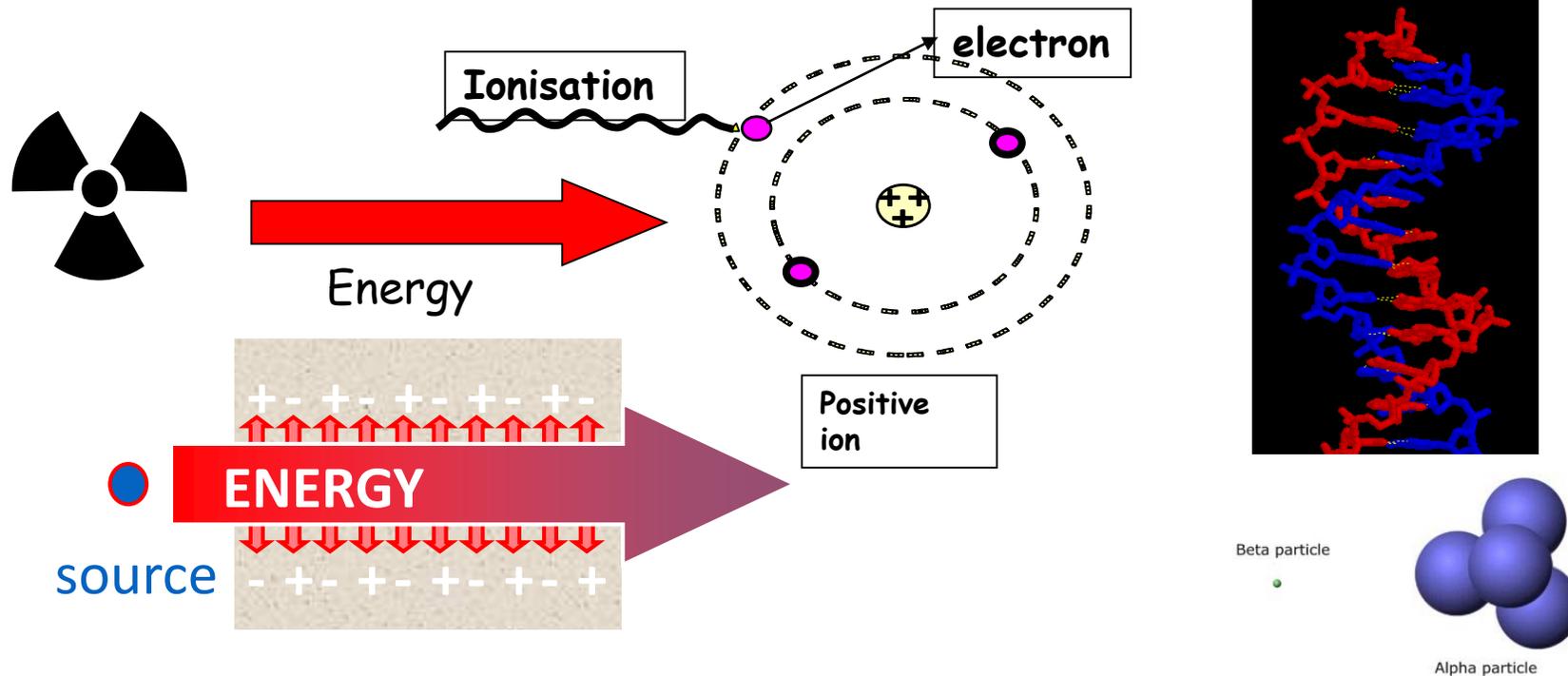


Ex: $^{14}\text{C} \longrightarrow ^{14}\text{N (stable)}$



Pourquoi les radiations sont dangereuses ?

Elles contiennent suffisamment d'énergie pour initier des excitations et/ou ionisations des atomes dans le matériel où elles se déplacent → impliquant des réactions chimiques et des effets biologiques



Ion créé avec des caractéristiques différentes de celles de l'atome de départ
→ modification suffisante pour changer son comportement chimique

Interaction des rayonnements avec la matière

⇒ dose à l'organisme



Rayonnements porteurs
d'énergie en provenance
du soleil



Rayons X en provenance
du générateur de RX



Répercussion de cette énergie déposée dans un tissu biologique
quelconque qui a une certaine masse (joules/kg)



Dose absorbée (D): quantité d'énergie (joules) qui se dépose dans un organe, tissu ou le corps entier qui a une certaine masse (kg)

Ce sont des Gy que les appareils RX délivrent...
(mesure de la dose au patient en Gy)

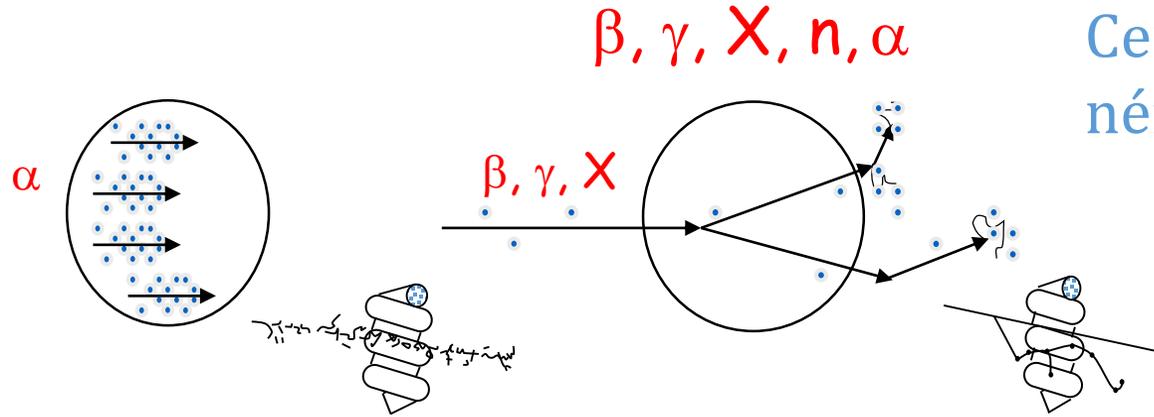


1 Gray = 1 joule/kg

La dose absorbée (Gy) ne rend pas compte du risque biologique !

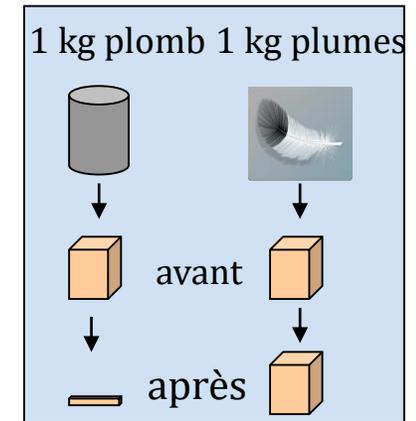
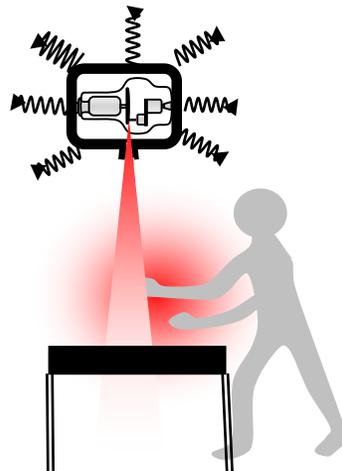
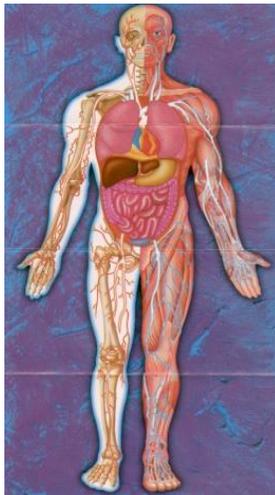
Les effets des radiations ionisantes dépendent de...

1. La nature des rayonnements



Certains rayonnements sont plus néfastes que d'autres...

2. La sensibilité des organes et tissus affectés par l'exposition.



Introduction de facteurs spécifiques permettant de prendre en compte ces aspects !

Quantification du risque biologique

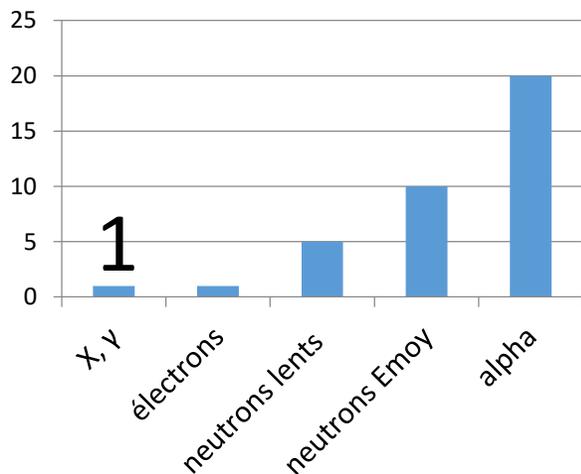
- Dose équivalente (H):** dose absorbée à un organe, tissu ou corps entier pondéré par un facteur relatif au rayonnement
- Dose efficace (E) :** somme des doses équivalentes délivrées à chacun des organes pondérées par le facteur w_t relatif à la sensibilité de l'organe.

$$H = D \times w_R$$

Sievert (Sv)

Dose absorbée

Facteur de pondération radiologique



1 Gy RX sur un tissu : $H = 1$ Sv

1 Gy particules α sur le même tissu: $H = 20$ Sv

$$E = \sum_t w_t \times H_T$$

Sievert (Sv)

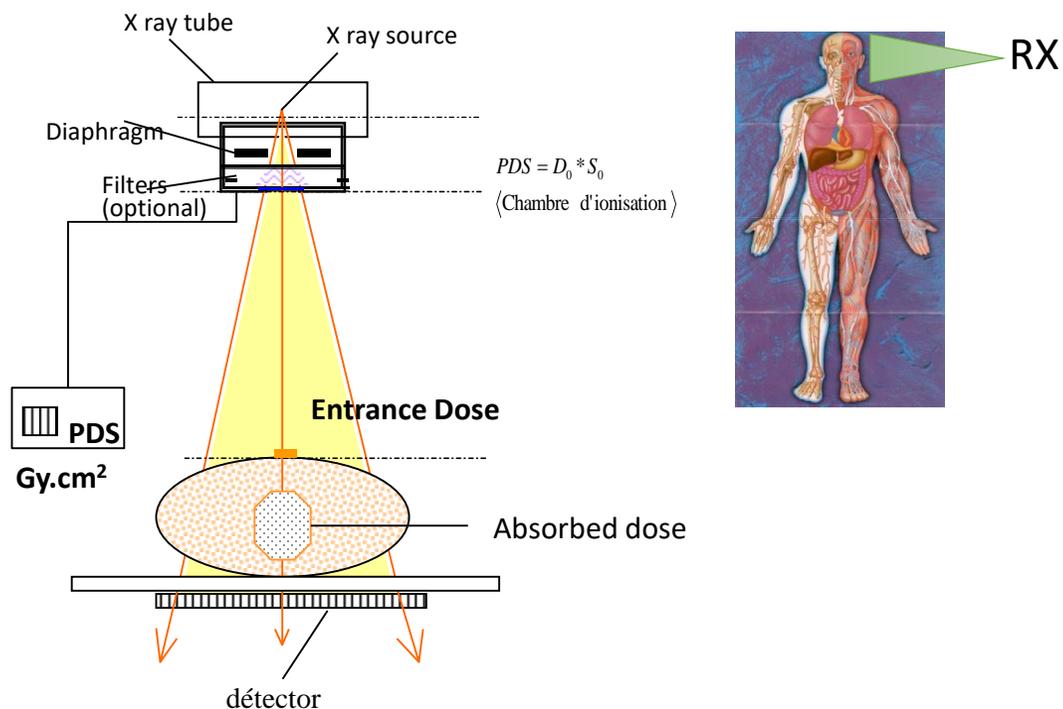
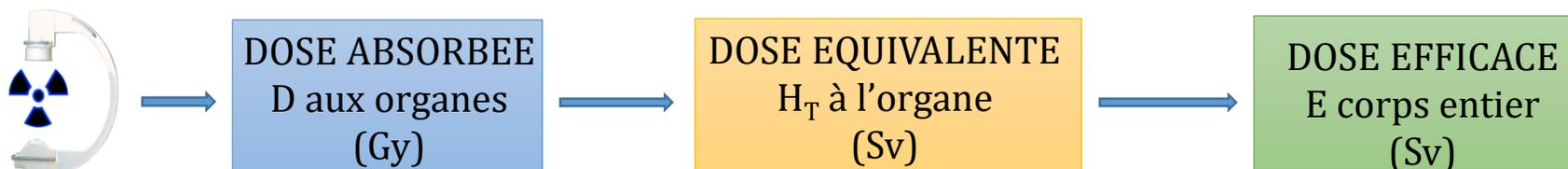
Facteur de pondération tissulaire

Dose équivalente

La dose efficace reflète le risque corps entier.

Tissus ou organe	w_T		w_T
Gonades	0.2		
Moelle rouge	0.12	Œsophage	0.05
Colon	0.12	Thyroïde	0.05
Poumon	0.12	Peau	0.01
Estomac	0.12	Surface des os	0.01
Vessie	0.05	Autres	0.05
Seins	0.05		
Foie	0.05		

La dose efficace se réfère au risque pour le corps entier ! Ne pas utiliser pour parler du risque individuel des organes



Sommation des expositions aux radiations en tenant compte du rayonnement et des organes explorés

Idéal pour les professionnels (optimisation de la protection et des aspects de prévention)

Dans le domaine médical, quelle en est l'utilité?

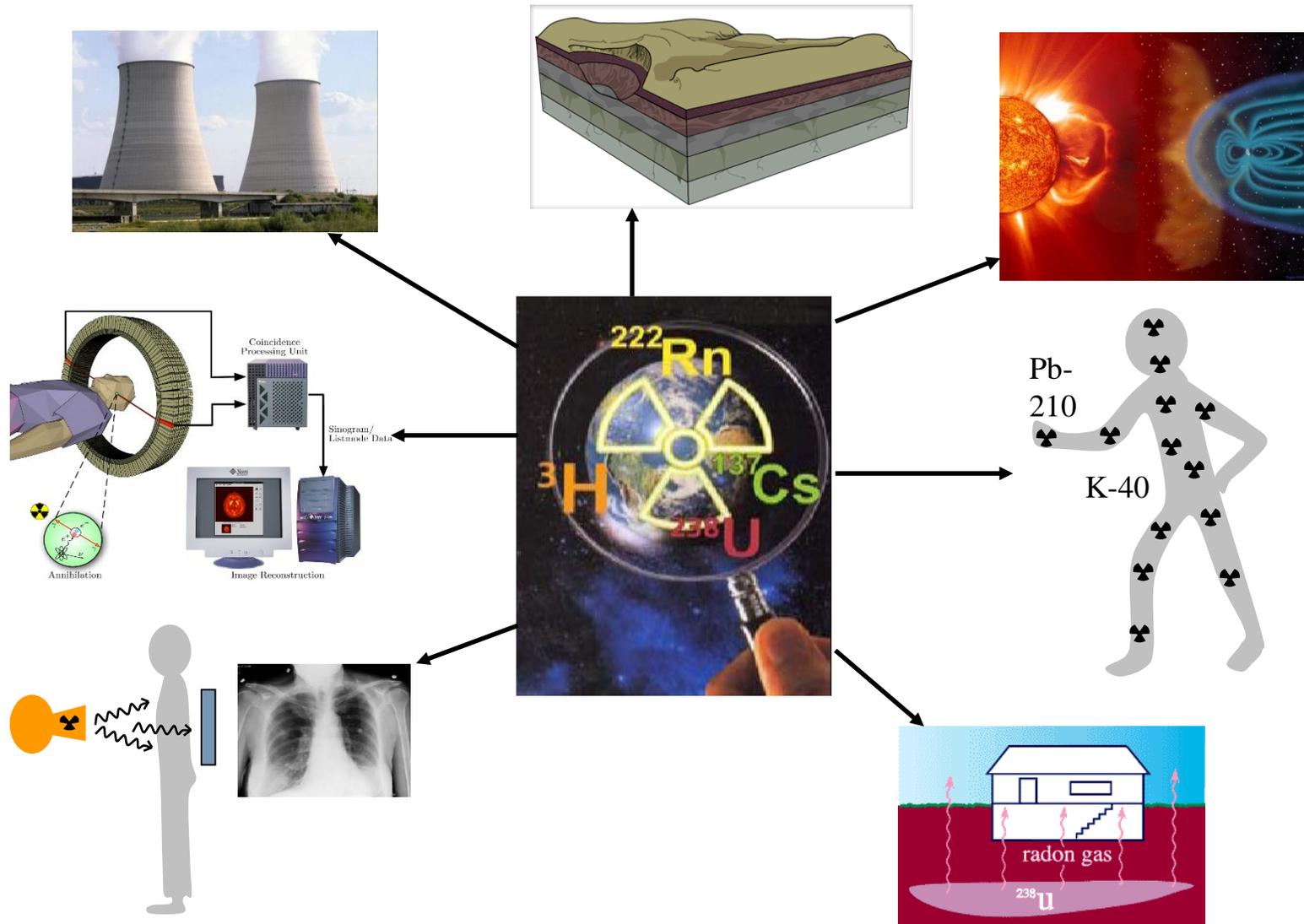
- OK pour comparer différents examens
- Pas OK pour le calcul du risque **pour les procédures individuelles où on doit utiliser les doses à l'organe.**

Grandeurs spécifiques:

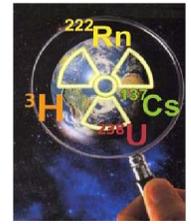
Produit dose x surface ($Gy.cm^2$) (radio conventionnelle)

Produit dose x longueur ($Gy.cm$) (scanner)

Naturelle ou artificielle, la radioactivité est présente partout dans notre vie quotidienne



Nous sommes soumis à un bain quotidien d'irradiation naturelle

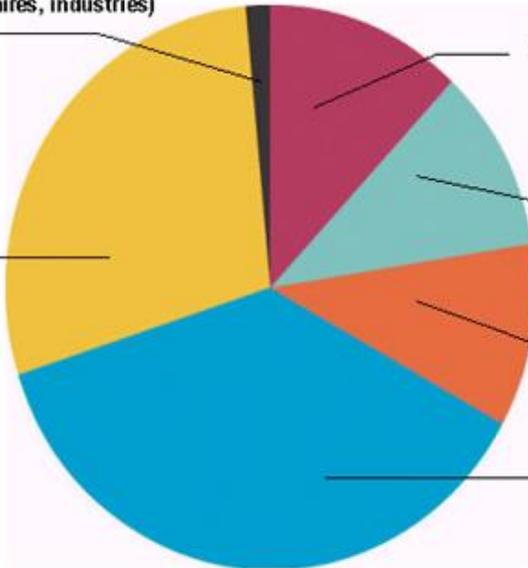


Exposition moyenne aux rayonnements ionisants en Belgique

Exposition artificielle

Autres (essais nucléaires, industries)
1,5%

Expositions médicales
28,5%



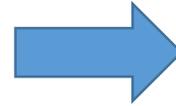
Exposition naturelle

Rayonnements terrestres (sols)
12%

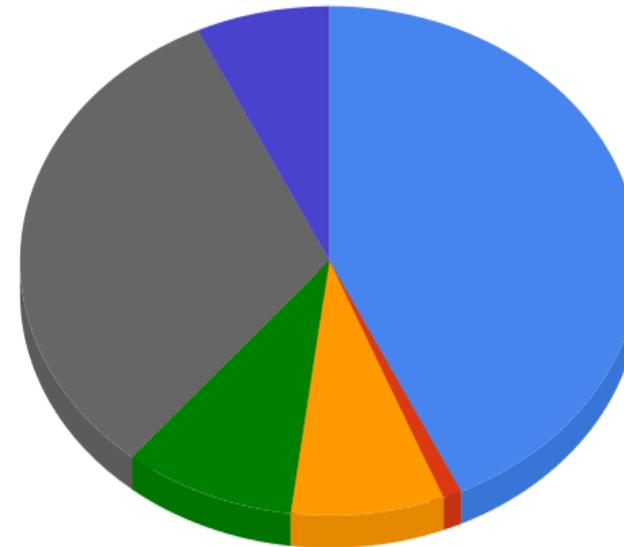
Rayonnements cosmiques
10,5%

Eaux et aliments
10,5%

Radon
37%



Dose moyenne : ~ 4.5 mSv/y

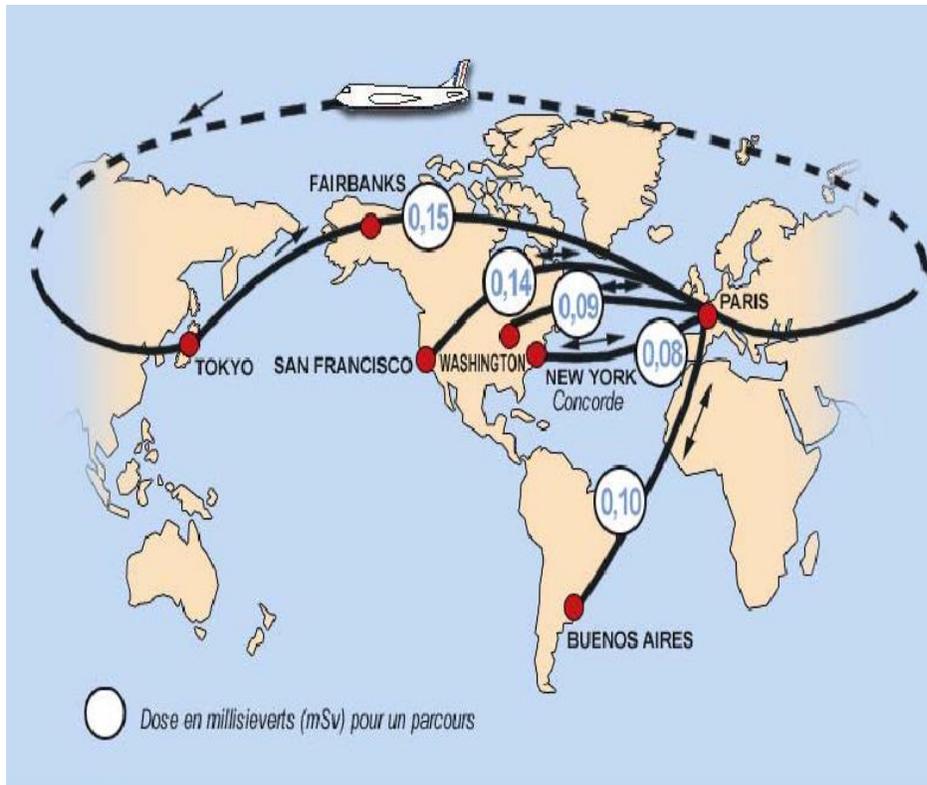


- Medical (43%)
- Industrielle (1%)
- Cosmique (8%)
- Rayonnement ter. (9%)
- Radon (32%)
- Interne (7%)

2,4 mSv/an

1 mSv/an → 2-3 mSv/an

Exposition aux rayonnements cosmiques



Dose annuelle

Niveau de Knokke : 0,24 mSv
 Mexico (2240 m) : 0,82 mSv
 La Paz (3900 m): 2 mSv

Origine galactique (Soleil, étoiles,.....)



Dose annuelle des pilotes: 3-6 mSv
Station spatiale: 1 mSv/jour

AR Bruxelles – New York = Radio thorax

Le radon : un gaz radioactif d'origine naturelle



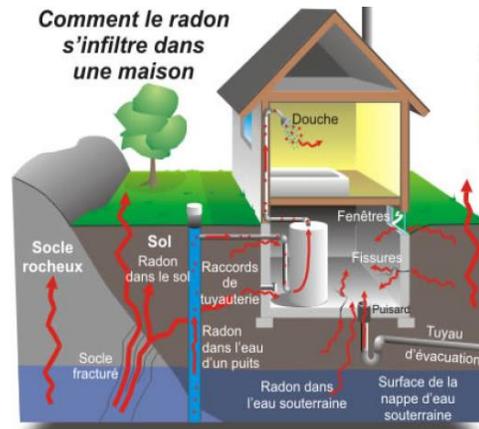
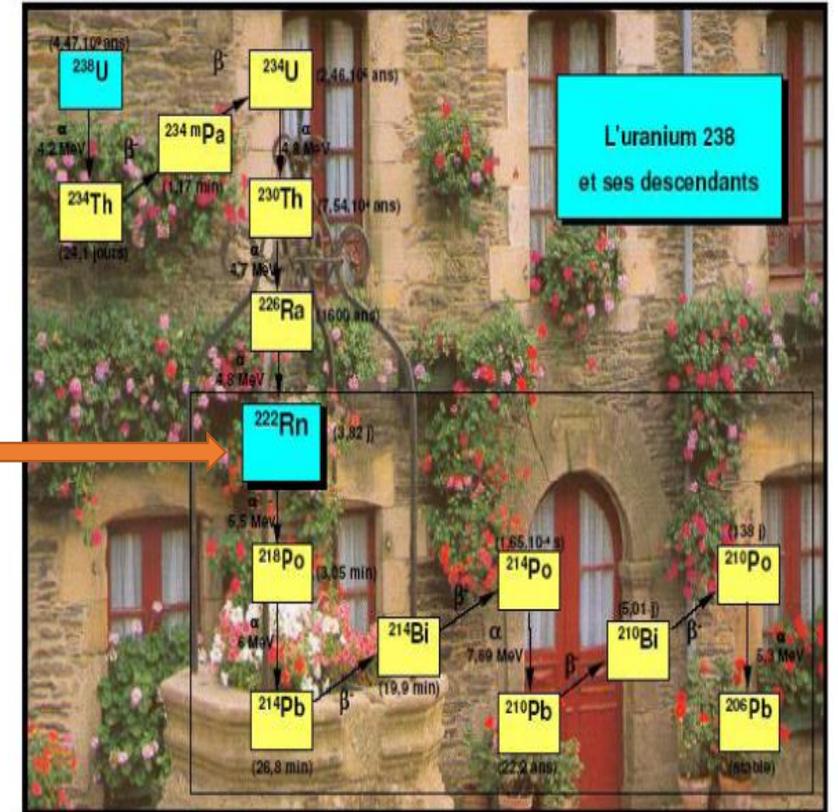
Découvert en 1899

Provient de la désintégration de l'U présent dans la croûte terrestre.

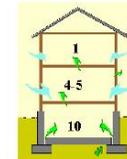
Reconnu comme cancérigène pulmonaire en 1987 !

Une fois inhalé, le radon continue sa décroissance à l'intérieur de poumons.

Ses descendants solides irradient les cellules des bronches.



Concentration :
Endroits clos et peu ventilés (cave, vide sanitaire...).



Il existe des normes de concentrations maximales en radon

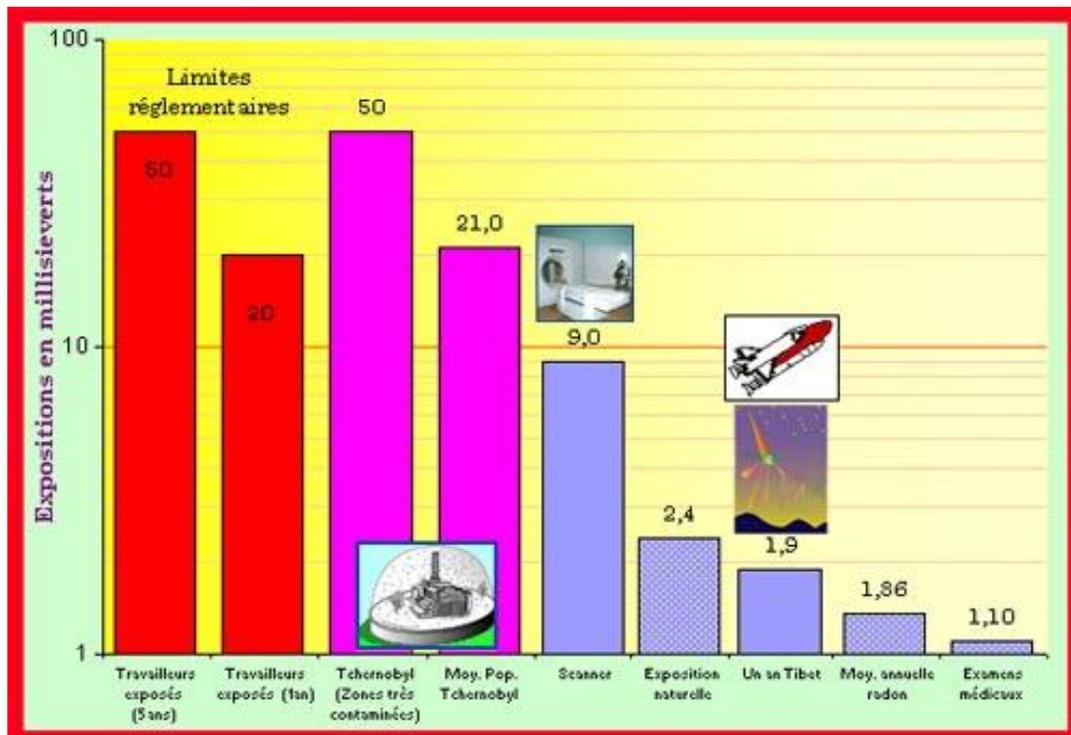
Dose efficace en CT et examens radiographiques

Examen CT	Dose efficace (mSv)	Examen radiographique	Dose efficace (mSv)
Tête	2	Crane	0,07
Thorax	8	Thorax	0,1
Abdomen	10 - 20	Abdomen	1
Pelvis	10 - 20	Pelvis	0,7

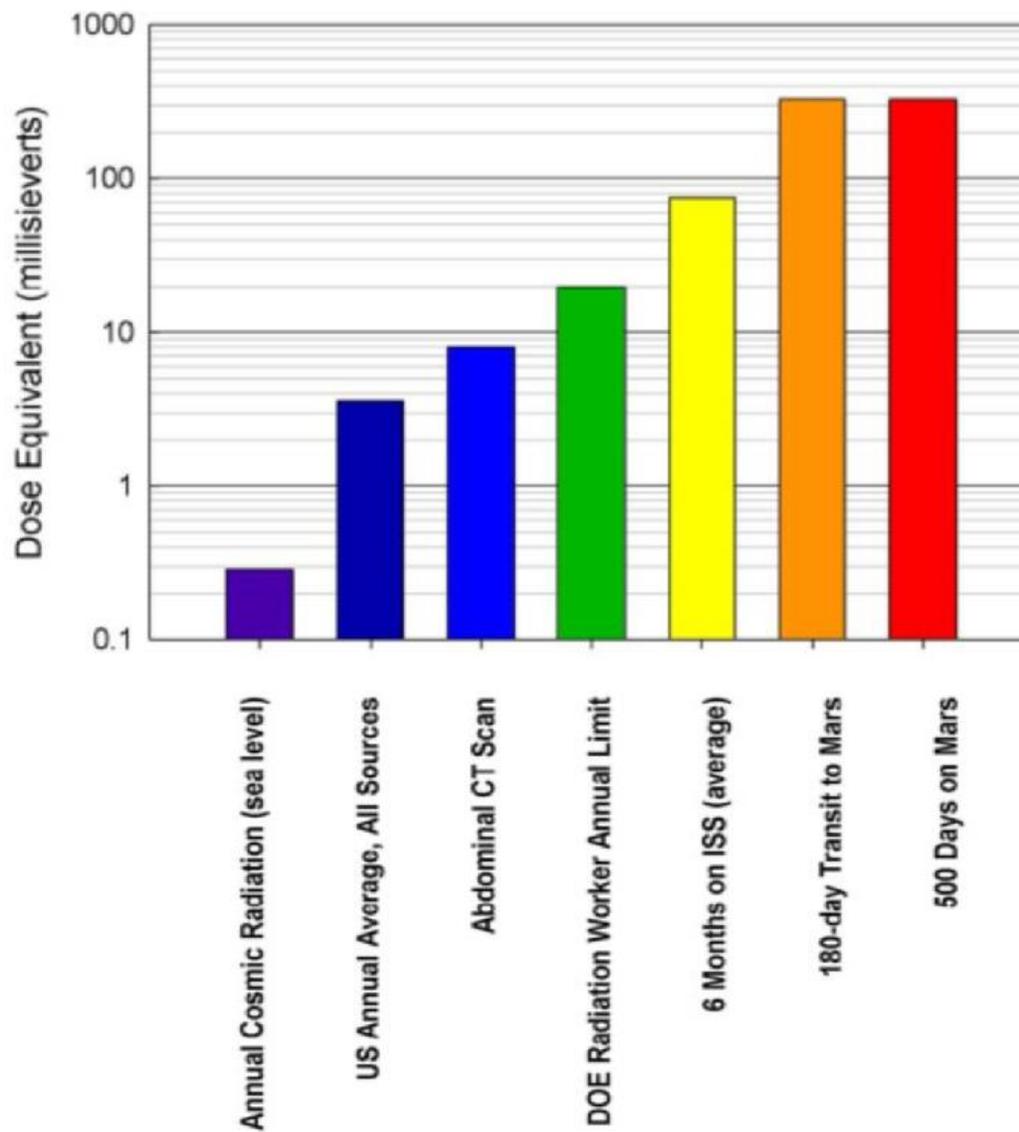
Doses à l'organe en CT:

Ex: dose au sein dans le cas du CT thorax de l'ordre de **30-50 mGy** alors que le sein n'est pas la cible de la procédure !!

Si on compare les doses entre elles.....

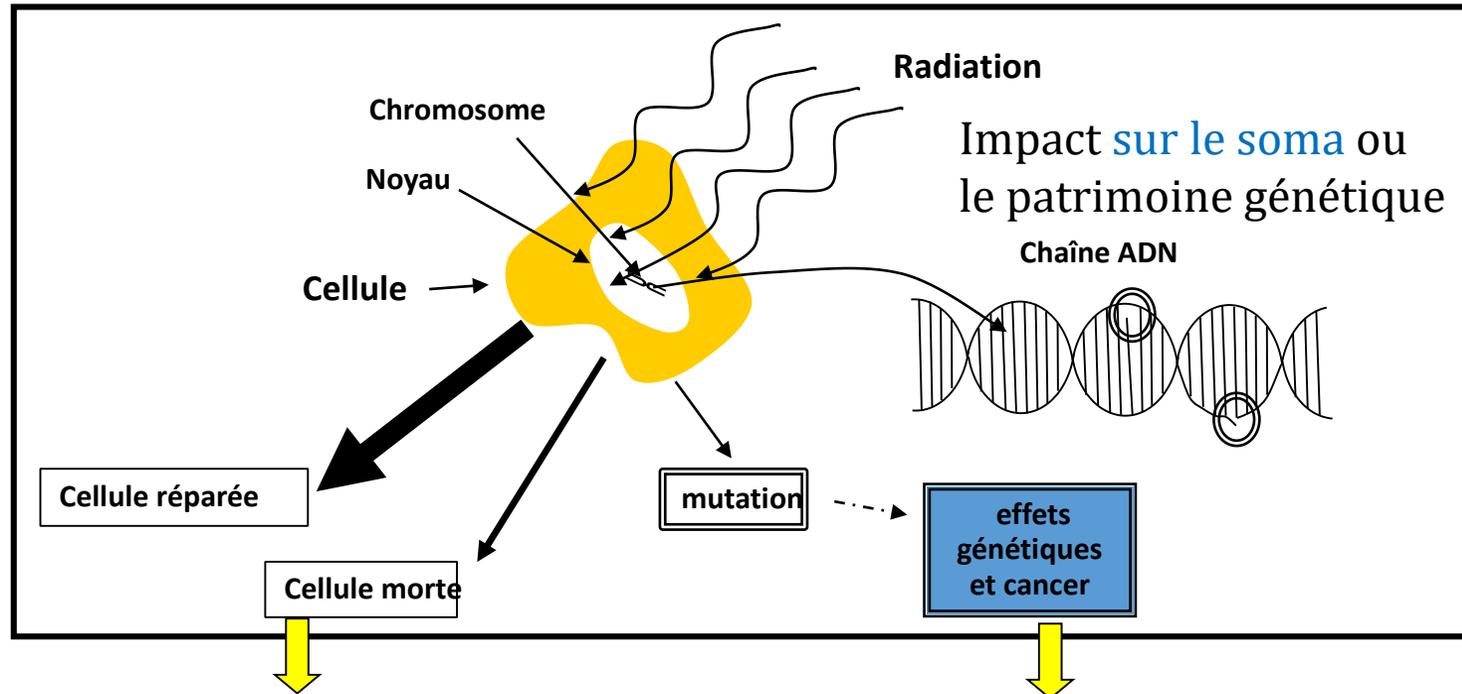


2,4 mSv



Les effets biologiques des rayonnements sur la cellule

Effet direct (lésion direct chaîne ADN) et indirect (radiolyse de l'eau)

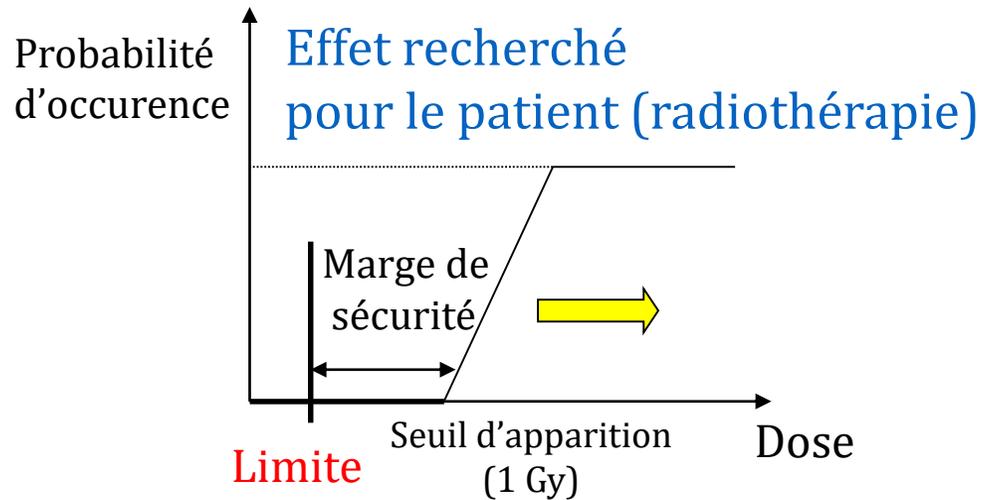


Effets déterministes
(dose élevée et connue)
réponse obligatoire
si le seuil est atteint !

Effets aléatoires
(dose élevée, faible et très faible)
risque de survenue dose-dépendant

Les effets déterministes (perte de fonction des tissus)

Effet déterministe: il y a un seuil à partir duquel un individu est obligatoirement atteint de façon irréversible avec des atteintes tissulaires, fonction de la dose et reproductibles quels que soient les individus.



Doses uniques d'exposition qui peuvent être mortelles

- 4 à 5 Gy: 50 % des individus meurt (DL50)
- 10 à 12 Gy: tous les individus meurent
- > 3 Gy, irradiation localisée, érythème à la peau.
- 0,5 Gy: Opacité du cristallin

Aucun effet de ce type pour le personnel

Les effets aléatoires (cellules altérées et viables)

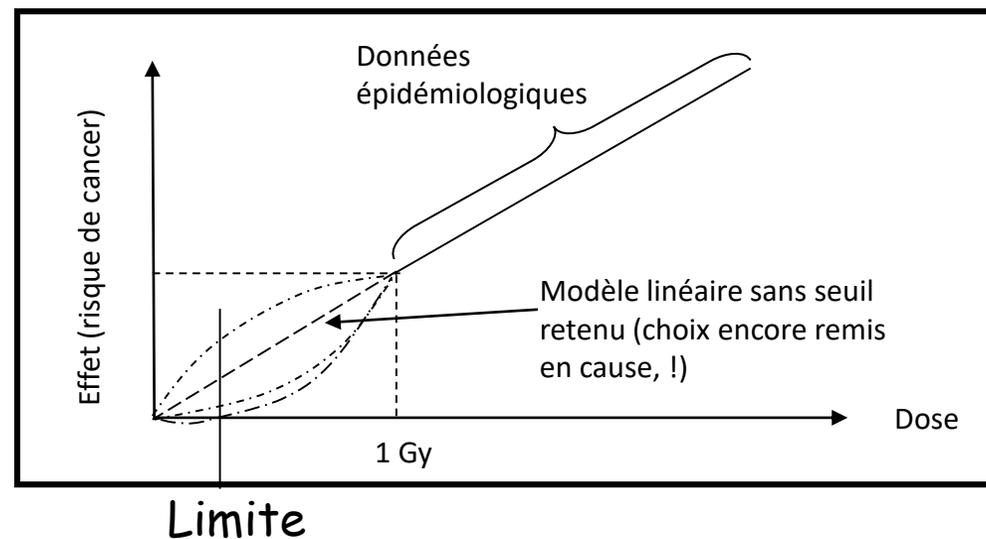
Les effets aléatoires sont attribuées aux mutations des cellules

- Le cancer est le principal risque tardif des irradiations
- Difficile à mettre en évidence (rien ne permet de le distinguer d'un cancer "naturel").
- → Études épidémiologiques
- Probabilité d'apparition ↑ avec la dose
- Délai d'apparition long (années..)
- Aucun seuil de dose (modèle linéaire dose-seuil)

Toute dose correspond
à un risque



Principe de précaution



Radiocarcinogénèse: EPIDEMIOLOGIE

- Etude des populations irradiées (par rapport à des personnes non irradiées)
- Populations irradiées:
 - explosion de bombes nucléaires (Hiroshima et Nagasaki)
 - accidents nucléaires
 - raisons médicales
 - irradiations naturelles
 - milieu professionnel

Different cancers have been observed in specific irradiated populations

- **Leukaemia:** atomic bomb survivors, radiotherapy for ankylosing spondylitis and cervix cancer, radiologists
- **Lung Cancer:** atomic bomb survivors, *U and other miners in CSSR, Canada, USA, Germany, Sweden*
- **Breast Cancer:** atomic bomb survivors, fluoroscopy TB patients USA Canada, radiotherapy mastitis
- **Thyroid Cancer:** radiotherapy for thymus enlargement, tinea capitis skin hemangioma, fallout Marshall islands, children after Chernobyl accident
- **Liver Cancer:** *Thorotrast angiography;*
- **Osteosarcoma:** *^{224}Ra (^{226}Ra) treatments, ^{226}Ra dial painters.*

high LET radiation exposure in italics

Hiroshima & Nagasaki : exemple de résultats

- Augmentation du risque de développer certains cancers
 - Le risque le plus important: leucémie....avec une incidence max après 5 à 10 ans.
 - Effet net pour certains cancers du tractus digestif, œsophage, estomac, colon
 - Autres cancers :
Poumon, sein, ovaires, myélome, tractus urinaire
- Effets non tumoraux: brûlures, myelo-suppression, maladies cardio-vasculaires, problèmes cérébrovasculaires, opacité du cristallin, problèmes respiratoires et digestifs

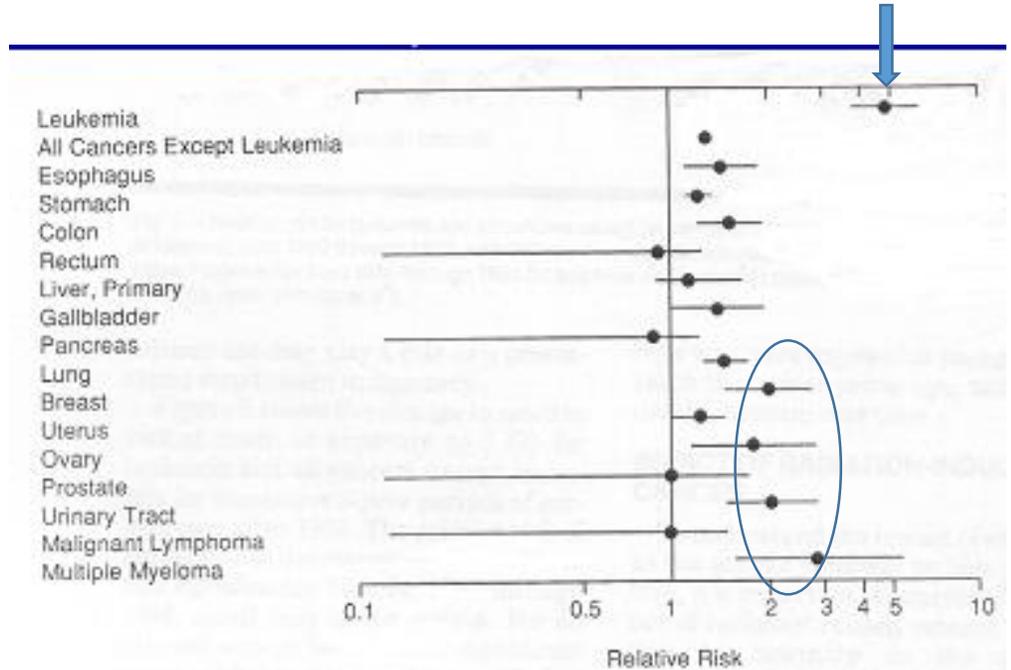
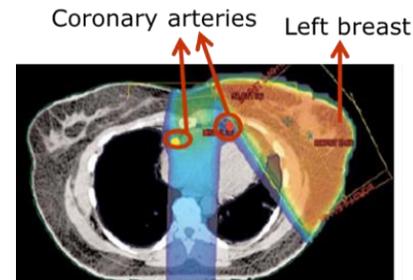


Fig 1.—Relative risk for cancer at 1 Gy exposure (shielded kerma) for 1950 through 1995, with 90% confidence intervals (from Shimizu et al²).



L'action cumulative des radiations est prouvée par différentes études

- Travaux de Wohlbach (1921) , Cole (1953), Rousseau (2000)
 - lésions observées chez des praticiens irradiés à petites doses par des RX de façon répétée.
- Une irradiation répétée par des RX peut aboutir à la cancérisation car **l'apparition des lésions relève d'un mécanisme tardif.**
 - 1^{ère} irradiation : entraîne des lésions qui vont être réparées, mais qui peuvent rester en mémoire pour le tissu irradié.
 - 2^{ème} irradiation dans un temps court ou éloigné de la 1^{ère}, peut déclencher un abaissement du seuil de susceptibilité du tissu en question.
 - Sur le long terme, ce processus peut conduire lors d'une irradiation ultérieure de dose minimale au déclenchement d'une lésion grave.

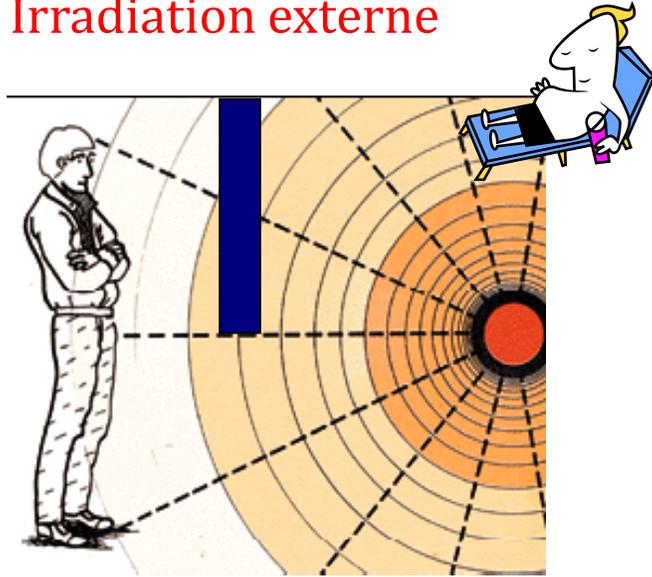
Il est difficile de prévenir les risques liés aux radiations car on ne sait pas quand ils se déclenchent ni même à quelle dose ils peuvent survenir!

L'importance des effets biologiques dépend de la manière dont on est exposé

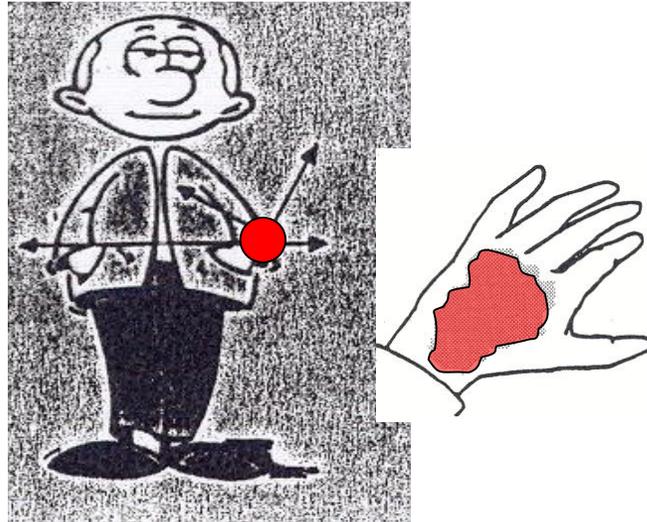


Ne plus confondre **irradiation** et **contamination** !

- **Irradiation externe**

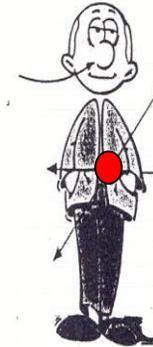


- **Contamination externe**

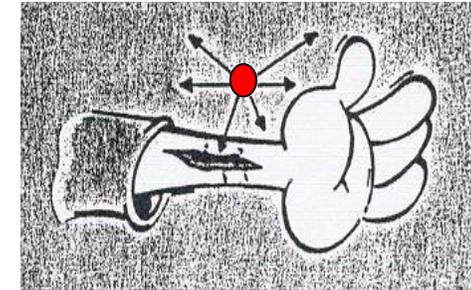
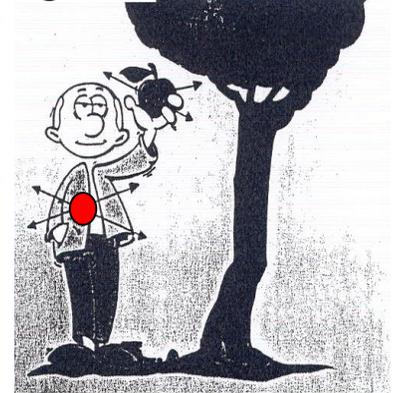


- **Contamination interne**

inhalation



ingestion



Effraction cutanée

Organisme susceptible d'intercepter des radiations en provenance d'une **source radioactive située à une certaine distance.**

Organisme en contact direct et intime avec la source radioactive par déposition (peau).

Irradiation et contamination: des concepts simples mais si complexes !

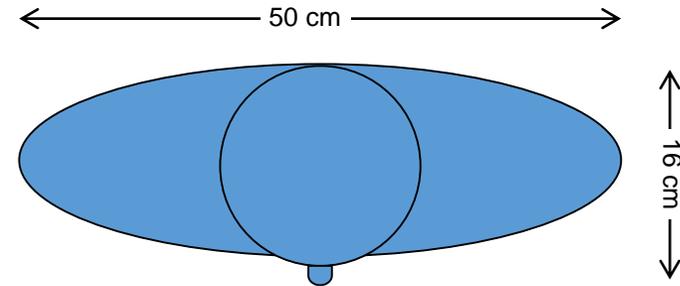
- Une personne irradiée n'est ni irradiante ni contaminante.

Soigner un blessé irradié n'entraîne aucun risque pour le personnel.

Un blessé irradié n'irradie pas, de même qu'on ne se brûle pas en touchant un brûlé !

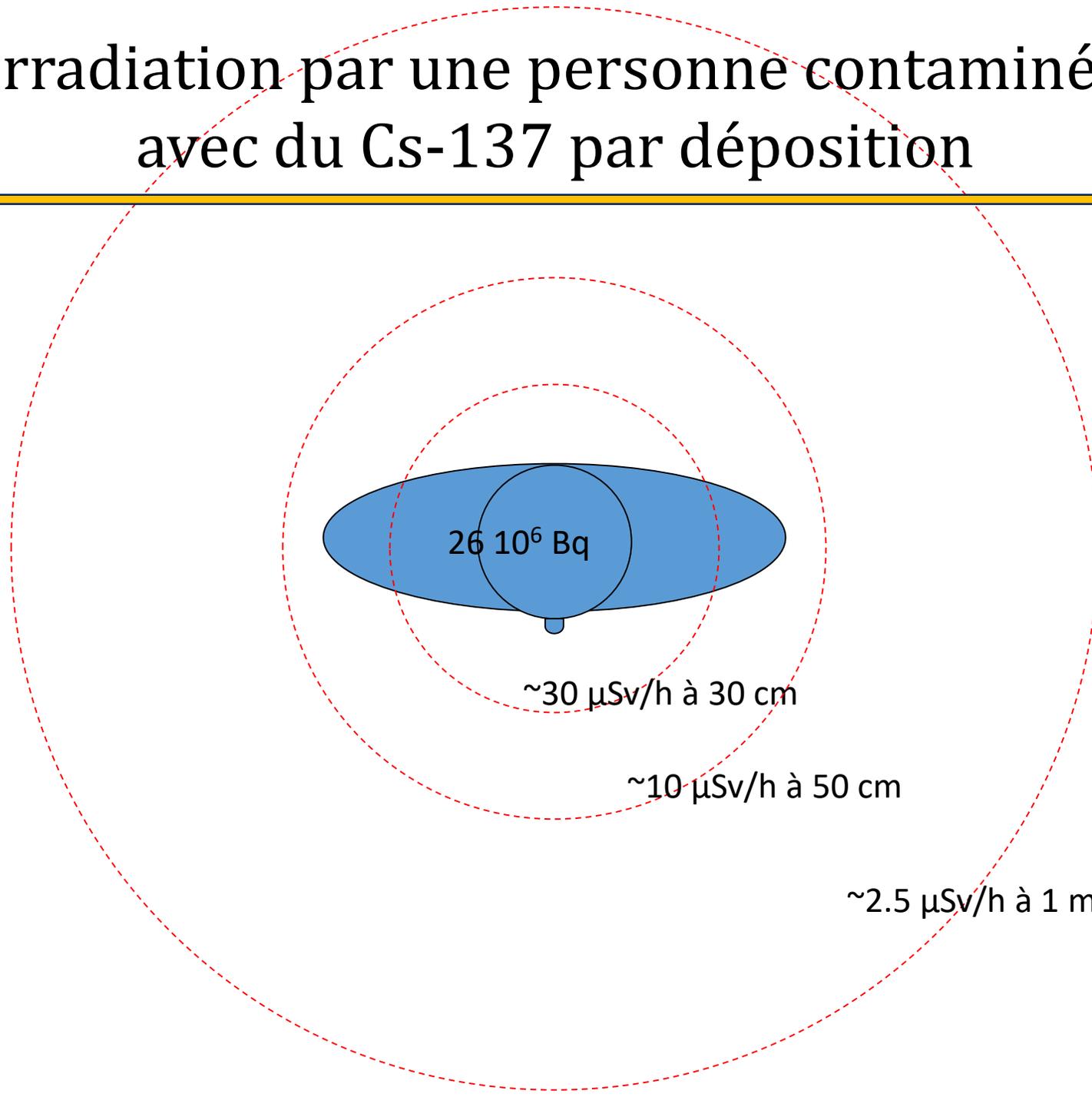
- Une personne contaminée (interne ou externe) est potentiellement :
 - irradiante mais en général pas un niveau tel qu'il soit un risque pour les personnes à proximité.
 - contaminante, mais les protections classiques (gants, overall), celles utilisées en milieu hospitalier, sont suffisantes pour assurer une protection efficace.

Contamination d'une personne par déposition



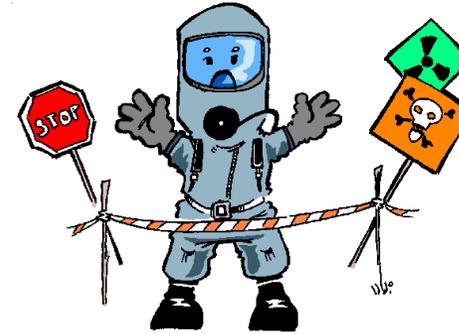
Déposition = 100 MBq/m^2	
Surface projetée = $\pi \times 0,25 \times 0,08 \approx 0,063 \text{ m}^2$ Rétention 100%	$\sim 6,3 \cdot 10^6 \text{ Bq}$
Surface totale du corps $\approx 2 \text{ m}^2$ Rétention 10%	$\sim 20 \cdot 10^6 \text{ Bq}$
Total :	$\sim 26 \cdot 10^6 \text{ Bq}$

Irradiation par une personne contaminée avec du Cs-137 par déposition



Les urgences radiologiques et nucléaires sont rares mais....

- Elles peuvent mener à des effets significatifs de type:
 - Médicaux : expositions externes et internes (précoces et/ou tardifs)
 - Psychologiques: problèmes sociaux
 - Environnementaux
 - Conséquences économiques



Effet psychologique: « Fleurus 2008 »



« Accident de Tchernobyl »: tous les effets

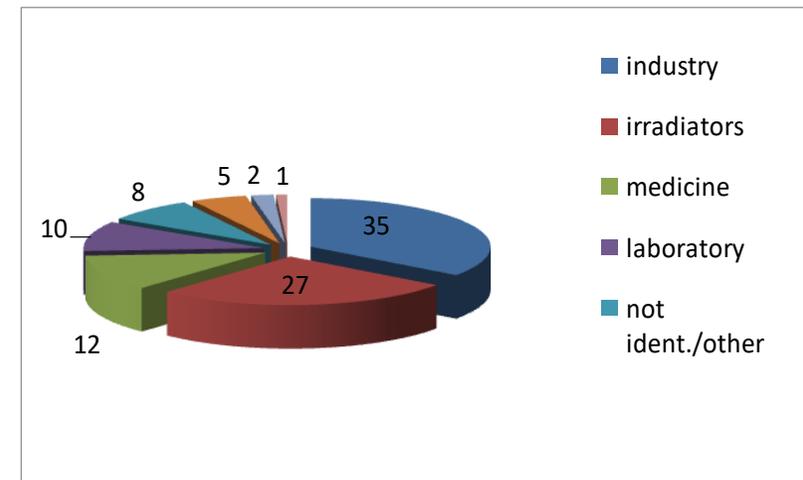
Accidents nucléaires/radiologiques significatifs

- Three Miles Island , USA (1979) (interne, peu externe)
- **Tchernobyl , USSR (1986)**
- Goiania 1987
- Tokaimura, Japan (1999) (interne, 1 mort)
- **Fukushima , Japan (2011)**
- Fleurus 2006
- Fleurus 2008



Statistiques officielles des urgences radiologiques:
1944-2009

Condition	Nombre
Accidents significatifs	500
Personnes exposées	3000
Mortalité	140



Où peut-on trouver des sources radioactives?

- Installations d'irradiation (ex: stérilisation alimentaire)
- Centrales nucléaires et réacteurs de recherche
- Installations de production d'isotopes radioactifs
- Industries diverses utilisant des sources scellées
- Sources non scellées (médecine nucléaire, labos de recherche)
- Transport de substances radioactives (450.000 colis transportés en 1 an!)
- Autres applications....





Actes malveillants



NUCLEAR RADIATION
DANGERS



Consé
Effets

RADIOLOGICAL EXPOSURE DEVICE

What is a Radiological Exposure Device?

Radioactive material or an object containing radioactive material can expose people to radiation without their knowledge. Such objects are called Radiological Exposure Devices (REDs), or hidden sealed sources.

REDs may be hidden in public places (e.g., under a subway seat, in a food court, or in a busy hallway). People who sit near or pass close to the RED may be exposed to radiation.



What are the main dangers of a Radiological Exposure Device?

The dangers of a RED depend on three factors: 1) the type and amount of radioactive material used; 2) how long a person spends near the device; and 3) what parts of a person's body are exposed to radiation coming from the device.

People exposed to high levels of radiation can develop symptoms of Acute Radiation Syndrome (ARS). They can also develop radiation burns. Health effects may take hours, days, or weeks to appear. These effects can range from mild to severe (e.g., cancer or death). Some people may not experience any health effects.



What should I do to protect myself?

Report a suspected RED to law enforcement officials immediately. Stay as far away from the suspected object as possible.



If a RED is identified and you believe you have been exposed, listen for instructions from emergency officials and contact your doctor.



U.S. Department of
Health and Human Services
Centers for Disease
Control and Prevention

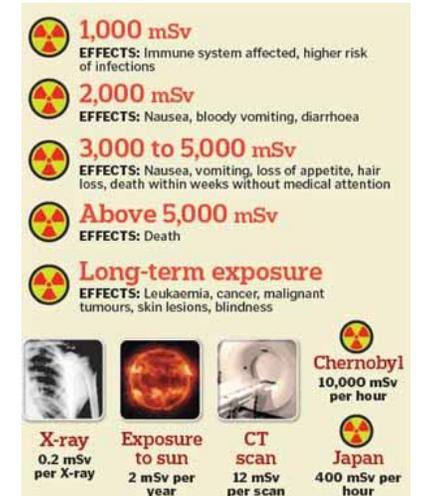
<http://emergency.cdc.gov/radiation>



ment....
ques...

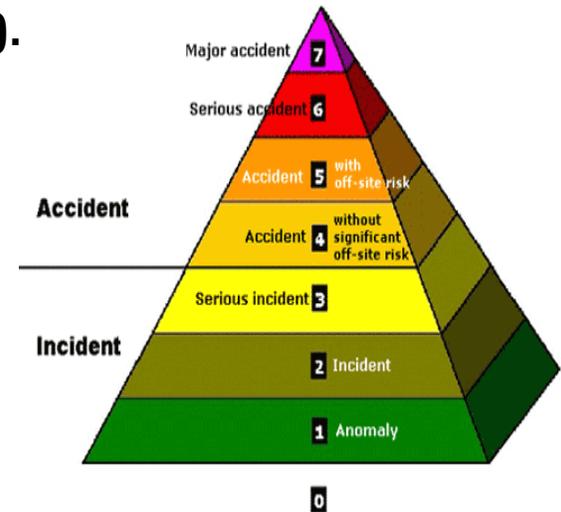
Qui sera concerné par les accidents radiologiques/nucléaires?

Evènements	Individus affectés
Accident nucléaire	Travailleurs et membres du public
Accident radiologique	Travailleurs et/ou membres du public
Mauvaise pratique médicale	Patients
Actes malveillants	Membres du public



Echelle INES (International Nuclear and radiological Event Scale): un outil de communication...

- **échelle internationale** qui classe, en fonction de leur gravité, les événements impliquant des sources de rayonnements ionisants.
- Incidents ou accidents impliquant des sources de rayonnements ionisants
 - impact réel/potentiel sur la sûreté de l'homme et de l'environnement
 - **7 niveaux de gravité**
 - **niveau 1 (anomalie)**
 - **niveau 7 (accident majeur : accidents de Tchernobyl et de Fukushima).**
- Gamme d'évènements vaste.
 - perte ou le vol d'une source radioactive
 - accident grave au sein d'une centrale nucléaire.
- Initialement conçue pour les grands établissements nucléaires
- Installations nucléaires plus petites
 - activités industrielles
 - activités médicales
 - Transport de sources radioactives.
- Destiné à faciliter la perception par les médias et le public de l'importance de l'événement.
- Ce n'est pas un outil d'évaluation de la sûreté nucléaire de l'installation.



La réponse à une urgence radiologique est basée sur les mêmes principes que la réponse à tout autre urgence!

MAIS.....

- Les radiations ionisantes ne peuvent pas être perçues par nos sens...
- Les radiations ionisantes peuvent être facilement détectés par des instruments de détection
- La reconnaissance d'une manifestation induite par les radiations est inhabituelle pour la communauté médicale
- Aspect particulier: contamination radioactive et sa dissémination
- Les mythes et la désinformation existent concernant le danger et les effets biologiques des radiations ionisantes



En cas d'accident nucléaire... exposition du public et conséquences



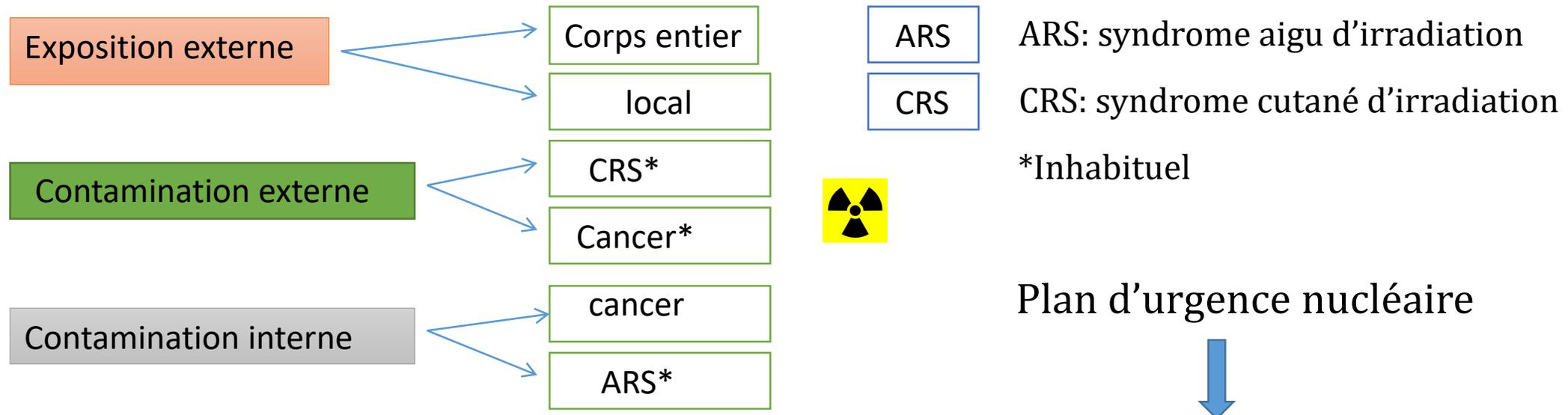
Exposition aux radiations :

Air, eau, nuage; Nourritures et eaux contaminées; contamination directe des gens.

2 types d'effets sur la santé:

Effets déterministes liés à la dose (dose minimale nécessaire et la gravité augmente avec la dose
→ jours ou semaines

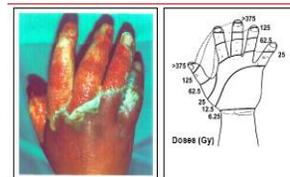
Effets aléatoires sans seuil de dose → années



Différent domaines impliqués...comme le secteur médical!

Caractère différencié de la réponse médicale selon le type d'accident

- Irradiation externe globale
 - Orientation de la victime vers un **service d'hématologie** (risque d'aplasie de la moelle osseuse)
- Irradiation externe localisée
 - brûlures radiologiques localisées ⇒ **hospitalisation dans un centre de traitement des brûlés**



Accident de Saintes (1981)

- Contamination par une substance radioactive.
 - **nécessite une décontamination de la victime dès l'intervention des services d'urgence sur le terrain ou pas.**

Une irradiation ou une contamination du blessé peut être associée à des lésions conventionnelles (traumatisme, plaies, blessure).

Même le personnel médical a besoin d'être rassuré!



• Pas de risque de réaliser des soins sur une personne irradiée

- Un patient irradié n'irradie pas;
- Les gants plombés ne sont pas nécessaires;
- La contamination d'une personne peut mener à une très faible irradiation mais pas à un niveau qui représente un risque pour les personnes à proximité.



- La contamination de la peau est un incident bénin !
 - La gestion d'une contamination n'est pas difficile
 - Attention de ne pas transférer une contamination externe en contamination interne (pas mettre les doigts en bouche)

Une protection adéquate selon le risque

La protection contre les maladies infectieuses est efficace contre les contaminations;
Le risque d'irradiation est très limité !



Risques de contamination externe



- Faire porter aux intervenants une tenue adéquate
- Eviter les gestes inutiles sur le malade
- Envelopper la partie du corps contaminée
- Etat clinique stable pour les opérations de décontamination
 - Les opérations de décontamination peuvent constituer une perte de temps.
- Suspension possible des opérations de décontamination au profit du traitement médico-chirurgical.



L'urgence médicale prime sur l'urgence radiologique

Ne jamais différer des actions de sauvetage en raison de la présence, réelle ou présumée, de matériel radioactif ou d'une contamination.

La doctrine de prise en charge médicale des contaminations accidentelles avec présence de victimes blessées, brûlées ou choquées, est clairement établie et reconnue au plan international.

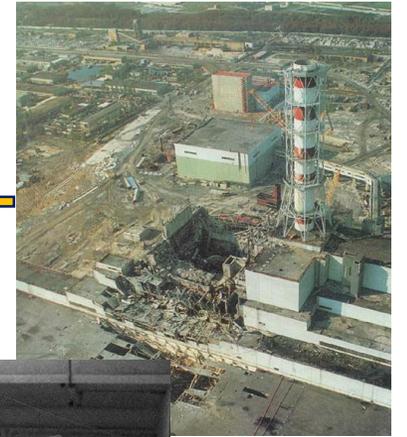


Quelles sont les leçons que l'on peut tirer des accidents précédents?



1986 Tchernobyl
2011 Fukushima
2008 Fleurus

Accident nucléaire de Tchernobyl (26 avril 1986)



- Rejet atmosphérique durant des semaines
 - ^{131}I (T = 8 jours), ^{137}Cs (T = 30 ans)
- Conséquences immédiates pour URSS
 - 134 cas confirmés d'ARS (syndrome aigu d'irradiation)
 - 28 morts à cause de l'irradiation dans les 4 mois après l'accident **(ED)**
 - 19 morts entre 87 et 2004
 - Doses moyennes aux 530.000 liquidateurs : 120 mSv **(EA)**
 - 115 000 personnes évacuées des régions les plus contaminées
 - 10% entre 50 et 100 mSv , 4% avec une dose > 100 mSv **(EA)**
 - 5.000.000 personnes vivant sur une terre contaminée (10-20 mSv)
 - Développement du syndrome de la victime (aspect psychologique)



- Principale zone contaminée: Biélorussie

ED: effet déterministe

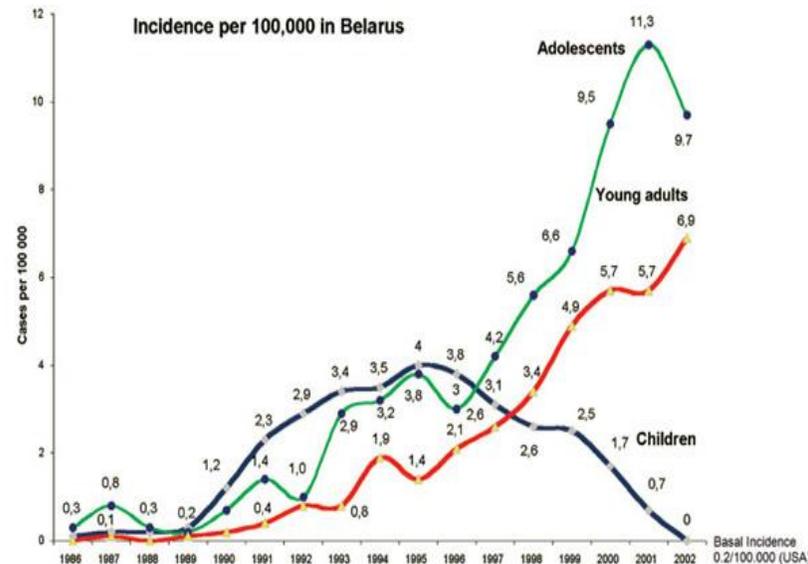
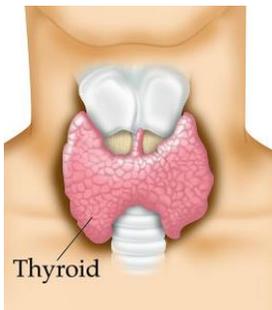
EA: effet aléatoire



De larges quantités d'iode radioactif ont été relâchées

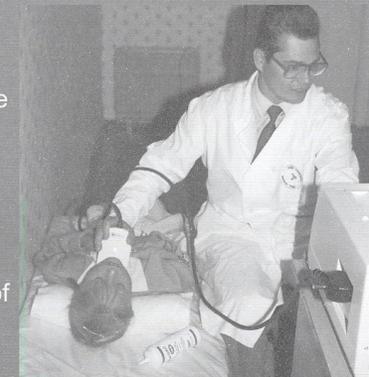
- Augmentation du nombre de cancers thyroïdiens chez les enfants pendant plusieurs années en Biélorussie, Ukraine et Russie.
 - 2 à 6 cas/an entre 1986-1989
 - 29 en 1990
 - 55 en 1991
- Leucémie observée chez les enfants exposés in-utero
- Avortements décidés en 1986 par peur des malformations congénitales

Cancer curable et taux de mortalité minime.....!



Main conclusions of the Chernobyl Forum - 5

- Another cohort affected by radiation are children and adolescents who in 1986 received substantial radiation doses in the thyroid due to the consumption of milk contaminated with radioiodine.
- In total, about 4000 thyroid cancer cases have been detected in this cohort during 1992–2002; more than 99% of them were successfully treated, but fifteen persons died (as of 2004).



Isotopes radioactifs rejetés: ^{131}I et ^{137}Cs

Release of iodine-131

Year	Activity of I-131 in, PBq
Windscaill, UK, 1957	0,74
SL-1, Idaho Falls, USA, 1961	0,00037 at 1 st 16 h Total 0,003 for 30 days
Hanford, USA, 1963	0,0022
Savanna River, USA, 1964	0,0035 in 1 st several days, Total 0,0057 for 26 days
TMI, USA, 1979	0,0006 – 0,0007
Chernobyl, USSR, 1986	1760
Nuclear tests, 1945-1962	740 000



Fukushima (11 mars 2011)



最上階の
オペレーションルームのみ
水素爆発



Réacteur 3

原子炉の
格納容器
そのものが
水素爆発



Réacteur 2



L'accident a dispersé l'équivalent de 10% de Tchernobyl

- 2 principaux radionucléides volatils rejetés (preuve de la fusion du cœur)
 - I-131 (T = 8 jours), libéré dans l'air et dans l'eau.
 - Cs 137 (T = 30 ans) - contamine les terres un certain temps.
- Rejets pendant les 2 semaines suivantes (explosion du bâtiment du réacteur 3 et explosion d'H₂ dans l'unité 4)
- Dispersion de
 - I-131: $1,4 \times 10^{17}$ Bq ($1,8 \times 10^{18}$ pour Tchernobyl),
 - Cs-137: 6,1 et 12×10^{15} Bq ($8,5 \times 10^{16}$ pour Tchernobyl).
- Traces d'I-131 détectées dans plusieurs préfectures japonaises aux mois de novembre et décembre 2011.
 - présence de cet isotope radioactif issu de la fission indiquant que des épisodes de criticité ont toujours lieu au sein des cœurs de la centrale !!

Doses aux travailleurs du site

Emergency Dose Limit

(mSv/year)	JAPAN
emergency dose limit	100 ↓ 250 (limit raised for Fukushima emergency workers)

Ministry of Health, Labour and Welfare, Nuclear and Industrial Safety Agency, ICRP,

Workers Exposed to Radiation in Fukushima Dai-ichi NPS, as of March 31

level of exposure	number of workers
more than 170mSv	17
more than 250mSv	0

Nuclear and Industrial Safety Agency



The Japanese Government closely supervises on-site workers' health conditions, limiting the level of their maximum exposure to radiation to 250mSv.

No workers in Fukushima NPS have been exposed to 250mSv or more.

On March 24, three workers exposed to more than 170mSv. were hospitalized, but were released four days later after no health problems were found.

(SE)

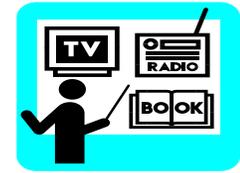


Retour des belges présents au Japon: appel de médecins généralistes au SUCPR

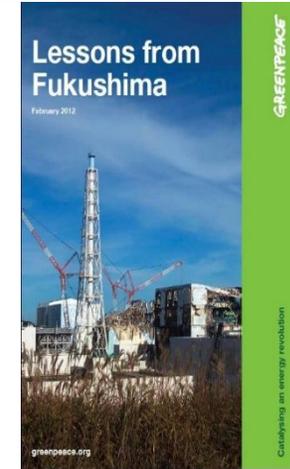
- Contrôles physiques sollicités directement pour effectuer des mesures
- Médecins généralistes ayant envoyé des personnes pour des mesures
- **Services de médecine nucléaire sollicités** pour effectuer des mesures ou contact téléphonique pour demander de faire des mesures.
- **Services de médecine nucléaire contactés par les media**

Pr Jamar: « La large couverture médiatique consacrée à Fukushima a contribué à créer un certain climat de psychose parmi la population belge. »

Beaucoup de doutes et de confusion chez les japonais



- Communication pauvre entre les travailleurs & gouvernement japonais
- Messages contradictoires et mixtes au public
- Délais dans l'information fournie au public
- Problèmes réels pour les personnes qui sont restées à l'extérieur pendant un certain temps
- En cas d'urgence majeure, pas de manque d'information mais il est difficile d'avoir une information correcte
- L'aspect scientifique derrière la fusion du cœur du réacteur est difficile à expliquer au public qui ne comprend pas toujours...
- Manque de crédibilité si vous dites que vous basez vos infos sur « la fumée blanche qui sort de l'installation ».
- **Fukushima a montré l'impact négatif d'un manque de confiance.**
- **Médecins interrogés en Belgique sur les conséquences sur la santé !**



Le 21 mars, le nuage radioactif aborde l'Europe

- 16 mars: côte ouest USA
- 19 mars: côte est USA
- 22 mars: nord de GB puis les pays scandinaves (I-131 dans l'air en Suède et Finlande (1 mBq/m^3))
- 24 mars: France ([I-131] variant entre quelques dixièmes de mBq/m^3 et quelques mBq/m^3) + Cs-134 + Cs-137 (centièmes de mBq/m^3)
- 31 mars: Chine, Corée (concentrations similaires)

Les concentrations en Europe étant très faibles, le risque pour la santé pour des personnes exposées à cet air pollué est inexistant!

Sollicitation des médecins par les media !!



Risques pour la santé



En même temps en Belgique....



Nouvelle campagne: Distribution de tablettes d'iode stable en cas d'accident nucléaire !! Une énorme confusion de la population....belge !



HOW POTASSIUM IODIDE (KI) WORKS

How does KI work?

The thyroid gland cannot tell the difference between non-radioactive and radioactive iodine. It will absorb both kinds.

KI works by keeping radioactive iodine out of the thyroid gland where it can cause damage. When a person takes KI, the thyroid absorbs the non-radioactive iodine in the medicine. Because KI contains so much non-radioactive iodine, the thyroid becomes "full" and cannot absorb any more iodine—either stable or radioactive—for the next 24 hours.

KI is a pill or liquid that can be used in radiation emergencies that involve radioactive iodine. KI contains non-radioactive iodine. Non-radioactive iodine helps prevent radioactive iodine from being absorbed by the thyroid gland.

Without KI

With KI

KI does not keep radioactive iodine from entering the body and cannot reverse the health effects caused by radioactive iodine once the thyroid gland is damaged.

Do not use table salt or food as a substitute for KI. Table salt and foods rich in iodine do not contain enough iodine to block radioactive iodine from getting into your thyroid gland. Too much table salt can be harmful.

Do not use dietary supplements that contain iodine in place of KI. Only use KI products that have been approved by the Food and Drug Administration (FDA).

Only take KI on the advice of a medical doctor, public health, or emergency management officials. Taking too much KI or taking KI when it is not recommended can have serious health risks.

For more information about KI dosage and side effects visit <http://emergency.cdc.gov/radiation>

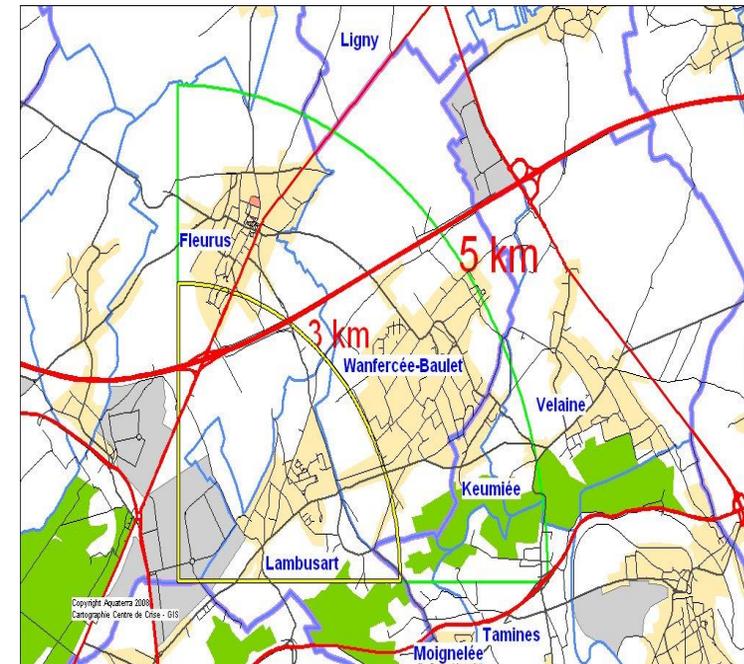
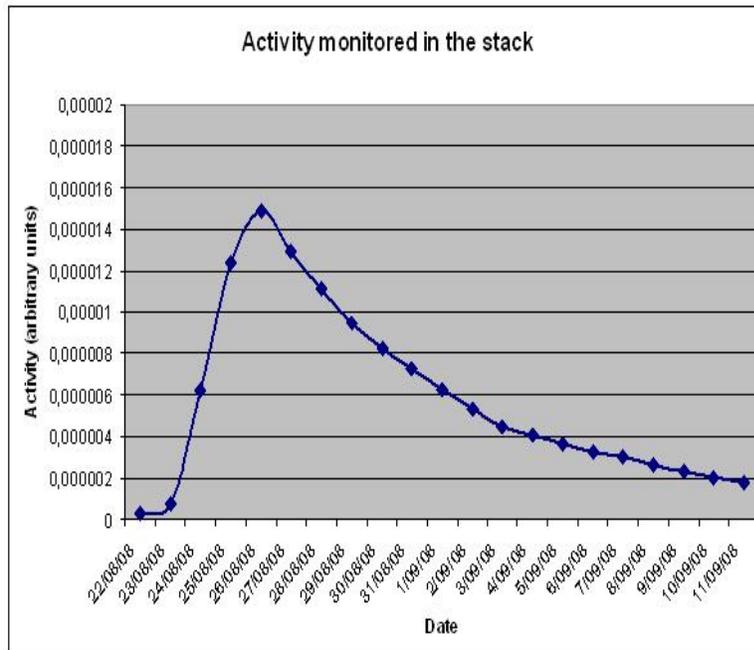


U.S. Department of Health and Human Services
Centers for Disease Control and Prevention

Incident radiologique de Fleurus 2008

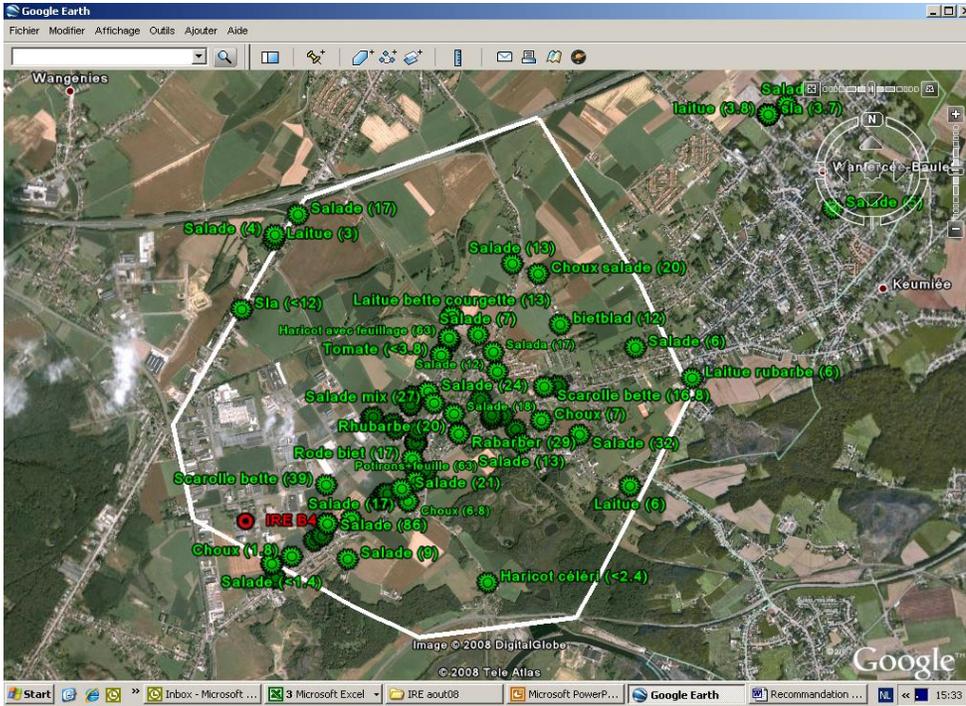


- Evènement radiologique ponctuel
 - Rejet accidentel d'I-131
 - Les résultats des modèles indiquaient que les niveaux d'activité dans le lait et les légumes pouvaient être au-dessus des niveaux de référence sur une distance de quelques km.
- Plan d'urgence nucléaire belge déclenché

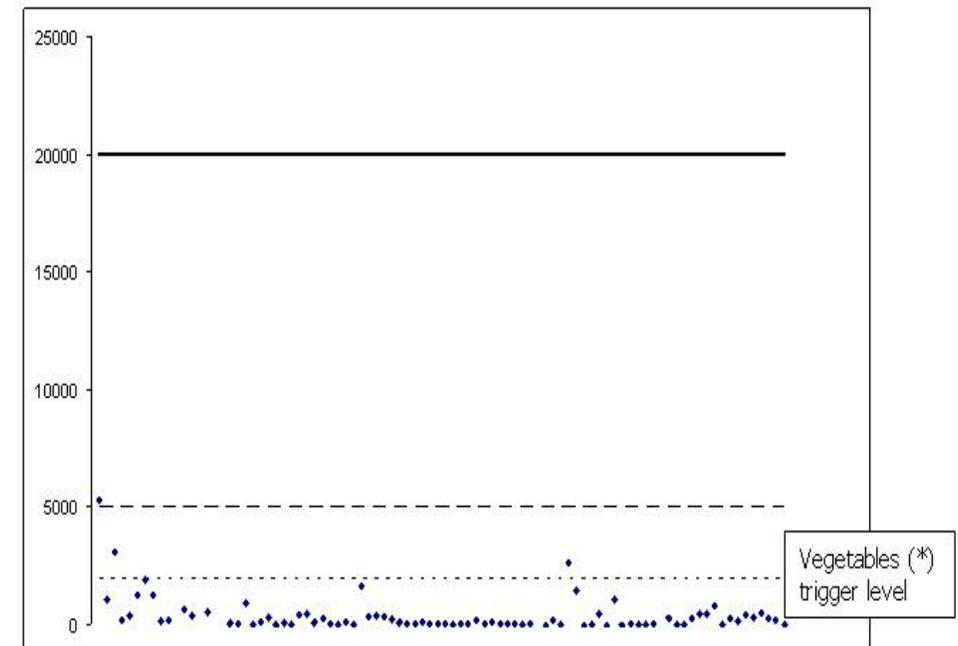


Mesures organisées par le Ministère de la santé

Vérification de la contamination locale environnementale (ex: végétaux...)



Echantillons d'herbes montrant des valeurs de contamination proche de 10 kBq/m^2 confirmant les prévisions des modèles.



Limites d'intervention pour le lait (2000 Bq/kg),
végétaux (5000 Bq/kg)

1450 personnes mesurées en 2 jours par 2 groupes d'experts!

Gestion du flux à l'entrée par le ministère de la santé, Croix rouge, police (Lundi, 1/09 (8:00))



Hall omnisport de Lambusart

Présence des autorités locales/politiques, Media !

Premier jour: enfants, femmes enceintes
Deuxième jour demandé par le public !!



L'indépendance des experts était importante pour la population!



RTL TVI

Interview d'un médecin nucléaire !

Question: « Ces personnes sont-elles des médecins? »

Temps de mesure: 1-2 min
Spectrométrie γ
Limite détection : 50 \Rightarrow 80 Bq
(En routine : 1 Bq)

Temps de mesure: 30 sec
Scintillateur
Limite détection: 80 \Rightarrow 120 Bq
(En routine: 20 Bq)

Annonce des résultats le lundi soir devant la population:

Question : Pourquoi 2 mesures dans certains cas ? (Communication !!!) –

Interpellation des médecins: Qu'est-ce que je dis à mon patient?

1400 mesures: 0 résultats positifs

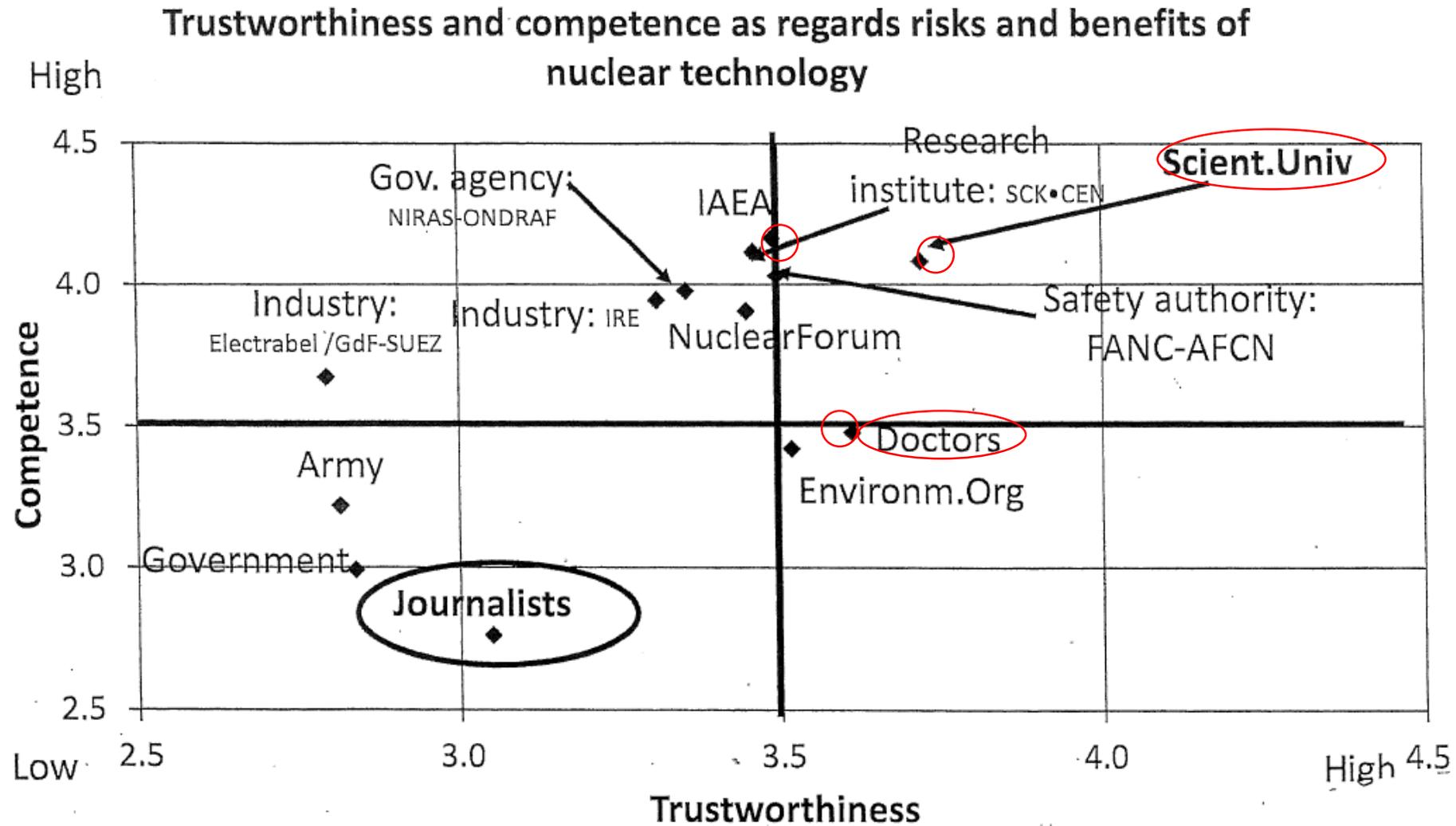
\rightarrow Rejet d' ^{131}I était trop faible pour constituer un risque pour les habitants de Lambusart

Leçons tirées de Fleurus 2008

- Peu d'intérêt pour cet évènement au niveau international (évènement local)
 - Urgence radiologique n'ayant pas lieu dans une centrale nucléaire – pas intéressant pour les médias internationaux
- Intérêt local très important
 - Plainte de la population d'un manque d'informations
 - Inquiétude de la population par rapport aux problèmes de santé pour le futur....!
 - **Les médias et la population jouent un rôle crucial dans la gestion de la crise....**
- Nécessité d'avoir des ressources humaines et techniques
- Communication claire et efficace vers le public
 - Pilules d'iode stable à prendre ou pas?
 - Quels sont les risques pour la santé?
 - Communication claire entre les experts pour éviter la *suspicion* !
- Indépendance des experts essentielle!

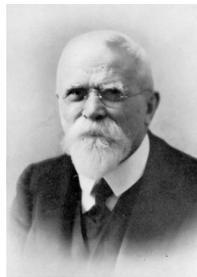
Qui a été impliqué dans la gestion de la crise ?





Présence et influence des media

- Les media ont un rôle important dans l'information du public
- Les media iront chercher l'information partout....
 - Erreurs et mauvaise communication!
 - Concernant la santé \Rightarrow médecins nucléaristes



- Ces caractéristiques doivent être prises en considération pour gérer le comportement du public.

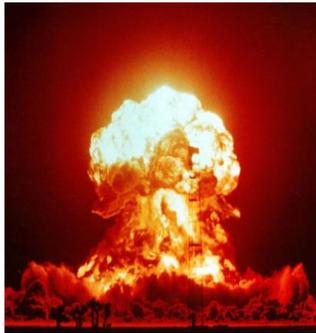


Réseaux Sociaux!

Réponse forte du public: l'émotion joue un rôle essentiel dans la façon dont les gens perçoivent le risque

- Les risques nucléaires et radiologiques font peur au public
- Le public ne “pense” pas aux radiations de la même façon que les experts ou les gestionnaires d’urgence.

Parler de radioactivité, c’est évoquer des radiations mystérieuses et dangereuses!



- Le public perçoit et répond aux situations risquées de manière émotionnelle plus tôt que rationnelle;
- Même si des faits scientifiques montrent que le risque est faible, l’aspect psychologique joue un rôle important dans la façon dont les gens perçoivent la situation.

C'est une question de perception !....

- Cela peut être vu comme:
 - correcte ou non correcte
 - rationnel or irrationnel'

*Mais ces sentiments sont réels et doivent être pris en considération par les gestionnaires de crise, par les experts et vous!
(induisant des conséquences physiques, psychologiques, économiques!)*

“Experience from nuclear and radiological emergencies highlights **public communication** as one of the most important **challenges** in emergency management. Sometimes, an event is not considered an emergency to experts or responders but is **perceived** very differently by the general public.

Communicating effectively with the public about radiation emergencies is key to successful emergency management. (Public Communications, 2012)

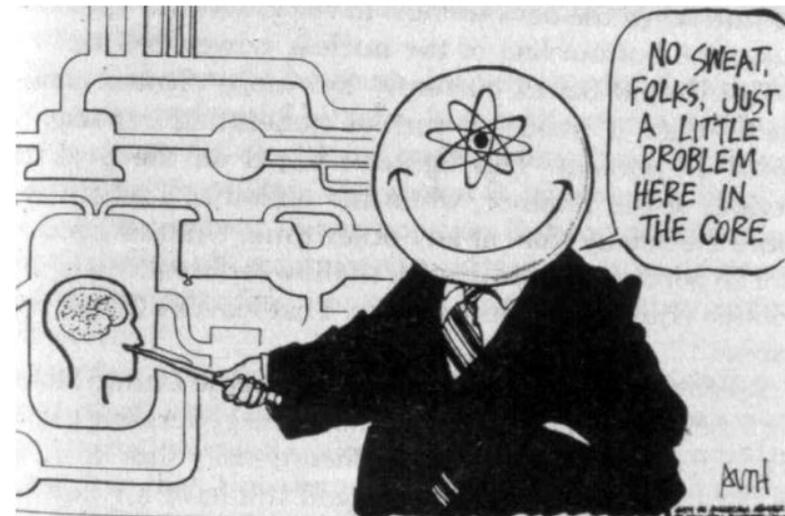
Moins la population a confiance, plus elle a peur!

- La population a besoin d'avoir des infos correctes et fiables
- La population a besoin de croire en quelqu'un.
- **La confiance de la population se fera dans des experts indépendants** (scientifiques, staff médical...) !



Un de vos challenges en tant que médecin: Communiquer avec le public à propos des radiations !

- Question du public à propos de leur santé au moment même, pour le futur, pour les enfants...
- Ils vous croiront parce que vous êtes médecins!
 - Ils ont confiance dans les experts médicaux.
 - L'information que vous fournirez au public est importante !
 - Vous communiquerez mieux avec le public si vous pensez comme eux ils pensent !
- Soyez honnête, même s'il y a un risque ou que des erreurs ont été commises...
- Ne cachez rien!
- Ne les effrayez pas non plus!



Un de vos challenges en tant que médecin: Communiquer avec le public à propos des radiations!

- Le respect par rapport aux sentiments de l'audience doit être sincère
- Eviter de dire aux gens ce qu'ils doivent ressentir....
- Ne rassurer pas le public outre-mesure...
- Soyez rationnel et objectif
- Donner des explications claires mais rester dans votre domaine!
 - Le risque est la perte de votre crédibilité!
 - Parler des risques en utilisant des comparaisons /des images (parler de ce qu'ils peuvent comprendre (doses médicales/irradiation naturelle))
- Soyez préparé pour une intervention médiatique et pour la communication.



Les 5 réflexes qui protègent en cas d'accident nucléaire



Rentrez ou restez à l'intérieur

Vous mettre à l'abri dans un bâtiment est une mesure simple, rapide et efficace pour vous protéger. Restez-y jusqu'à ce que l'alerte soit officiellement levée.



Fermez portes et fenêtres

Installez-vous dans une pièce centrale au rez-de-chaussée du bâtiment. Eloignez-vous des fenêtres, elles offrent moins de protection qu'un mur.



Ecoutez la radio ou regardez la télévision pour obtenir des recommandations et des informations supplémentaires.



Evitez de téléphoner

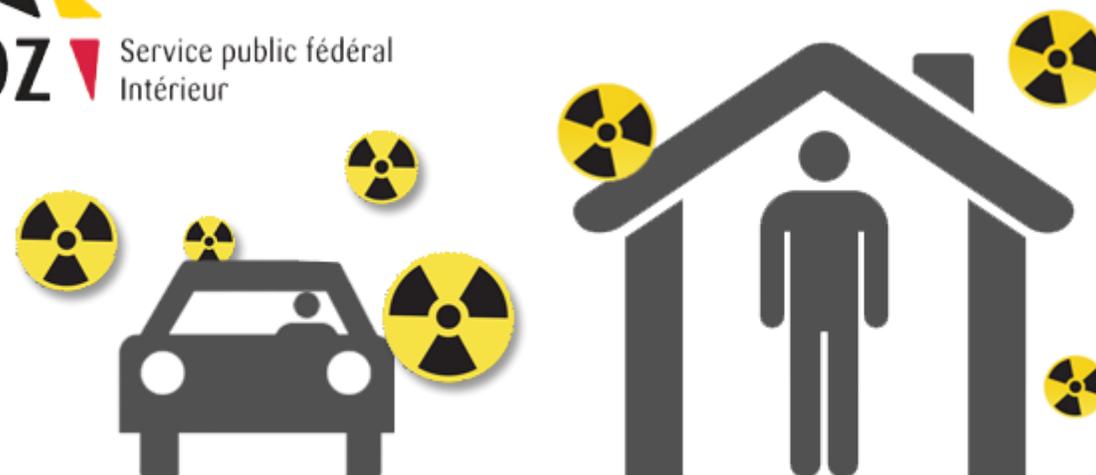
Une saturation des lignes téléphoniques peut entraver le bon fonctionnement des services de secours.



Laissez les enfants à l'école

Rester à l'intérieur est aussi leur meilleure protection et les enseignants suivent les mêmes consignes que vous.

ibz Service public fédéral
Intérieur



Qu'attend-on des médecins en cas d'accident nucléaire/radiologique?

- Soyez de bons communicateurs dans le domaine de la santé en cas d'accident/d'incident nucléaire/radiologique
- Rassurez le public....

Il n'y a pas de place pour l'improvisation!!

Une suggestion.....

N'attendez pas que l'accident arrive ! Essayez de vous informer...et d'être préparé aux questions au cas où....

Le planning et la préparation sont essentielles pour une réponse appropriée aux urgences liées aux radiations !

Le dernier mot....

Il est plus facile de désintégrer une atome qu'un préjugé !

