



**AFISTEB**

**25<sup>ème</sup> journée de formation**

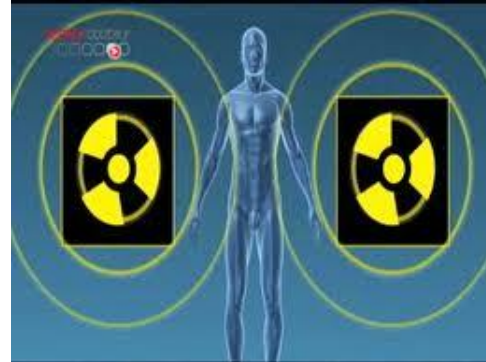
**Radiations ionisantes  
et radioprotection:  
Principes de base**

Dr Ann Claes

Médecin du travail, Attentia

*attentia*

# Contenu



1. La radioactivité
2. Quelles sont les particules ou radiations pouvant être émises?  
Quels sont leurs caractéristiques?
3. Les unités
4. La radioactivité naturelle versus radioactivité artificielle

# Contenu



5. Exposition aux radiations ionisantes
6. Effets biologiques et pathologiques
7. Encore quelques mots clés !



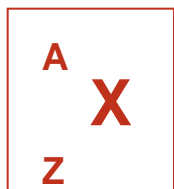
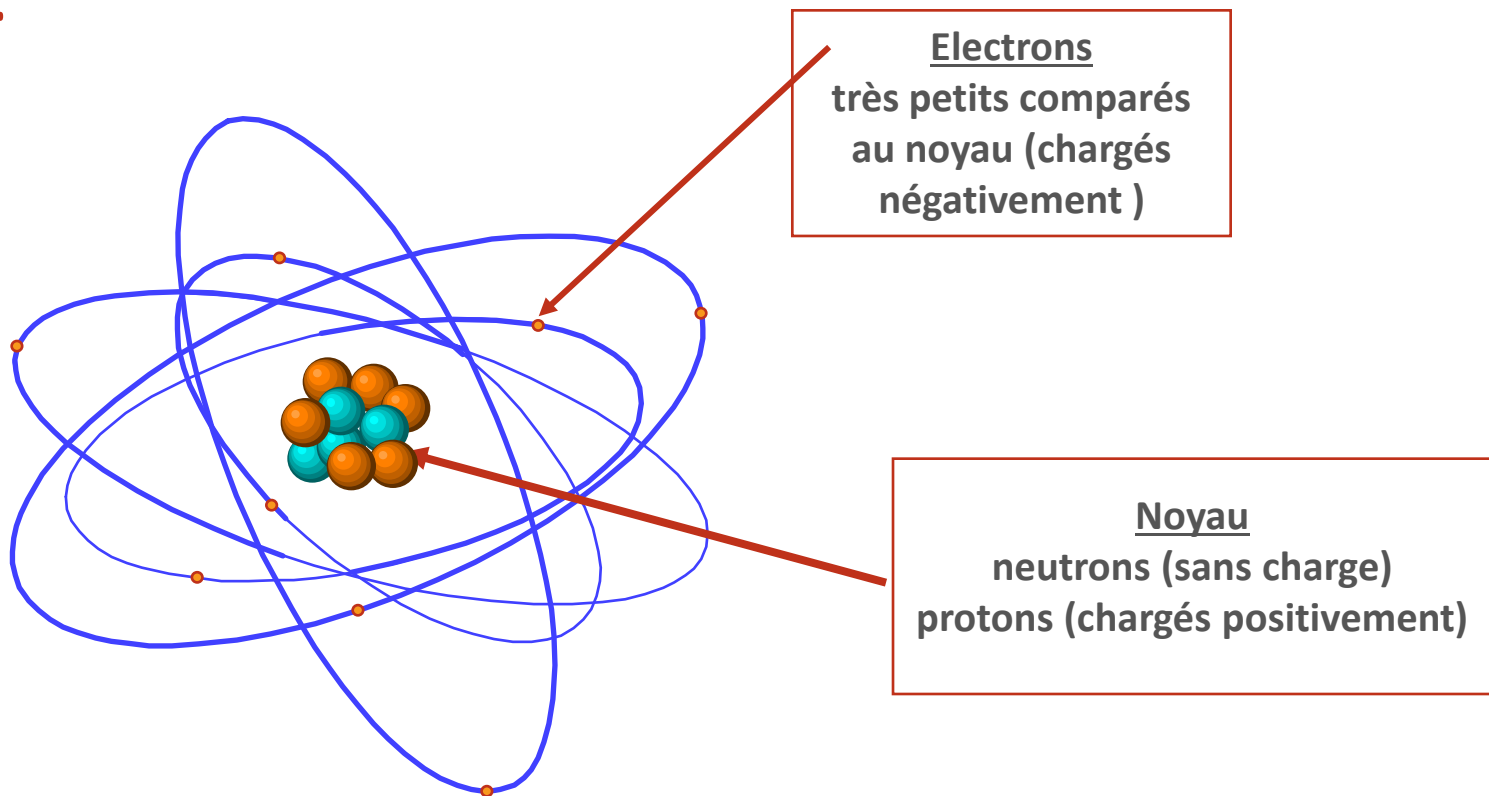
# 1. Radioactivité





# Un peu de physique...

Dans la nature, beaucoup d'atomes sont stables mais certains sont **INSTABLES...**



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

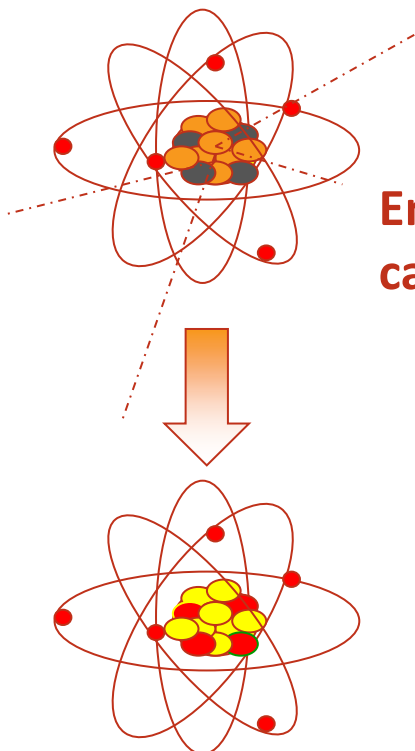
Parfois, excès de  
protons ou neutrons  
Ex:  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,...



# La radioactivité

= propriété de certains noyaux de se transformer spontanément en d'autres noyaux

Becquerel = nombre de désintégrations par seconde



Emission d'un rayonnement caractéristique de l'élément de départ



**Période radioactive ou demi vie**

= le temps au bout duquel subsiste la 1/2 des noyaux existant à un instant donné

# NB : Activité et demi-vie ...



**Demi-vie courte, activité intense**

**F-18 (utilisé en imagerie médicale):**

- disparaît en quelques minutes
- Pour quantité très faible, activité significative



**Demi-vie longue, activité faible**

**U-238**

- Période : 4,5 milliards d'années  
= un noyau seulement sur 45 millions se désintègre au bout d'un siècle
- présenté comme un dangereux corps radioactif.



## 2. Radiations ionisantes & particules







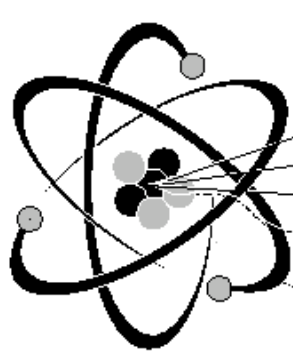
## ○ Rayonnement Ionisant

- Rayonnement capable de provoquer l'ionisation de la matière
  - Nécessite d'avoir une énergie suffisamment élevée pour arracher un électron à l'atome
- Peut être émis soit:
  - Par un appareil RX (énergie)
  - Par un isotope radioactif
    - $\gamma$  (énergie)
    - $\beta$  (électron)
    - $\alpha$  (2 protons 2 neutrons = noyau d'hélium)
    - $\eta$  (neutron)

## ○ Isotope radioactif

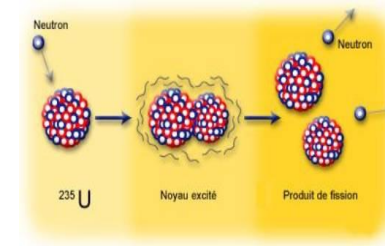
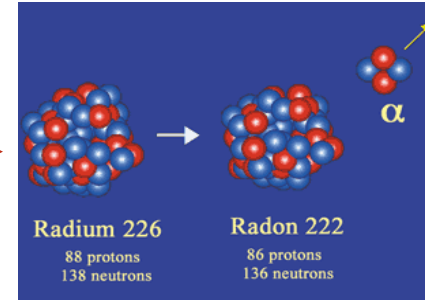
- C'est un élément instable, qui pour revenir à un état stable, émet des particules et/ou de l'énergie

# ○ Quelles sont les particules ou radiations pouvant être émises?



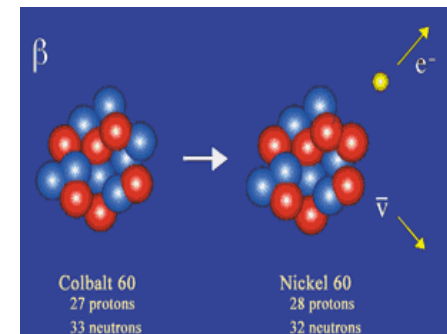
- Alpha Particle
- Neutron Particle
- Beta Particle
- Gamma Ray
- X-Ray

Alpha particles

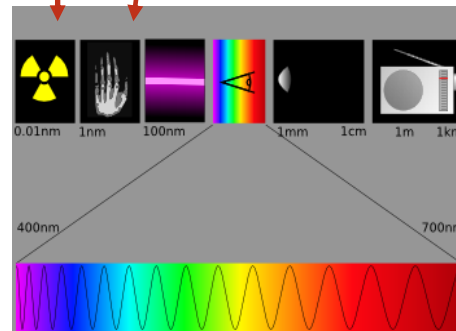
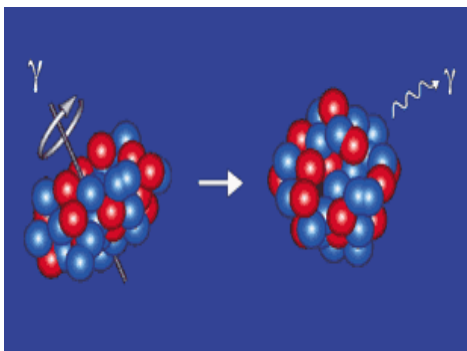


La réaction de fission

Electrons



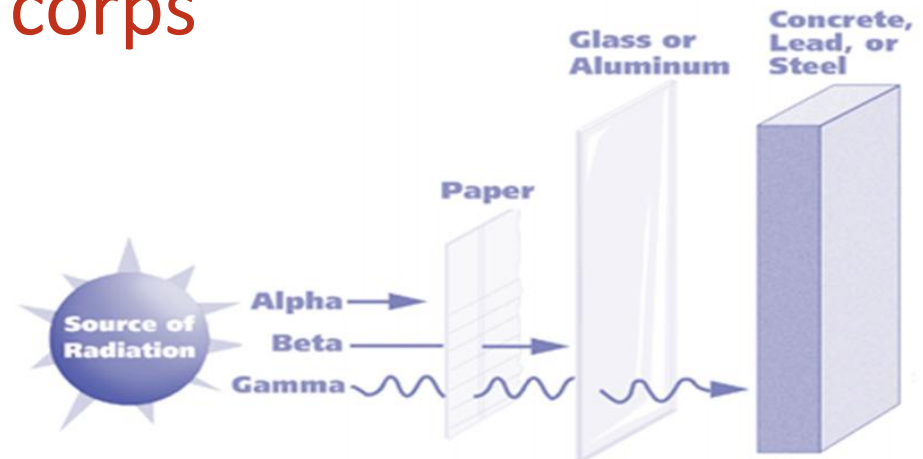
Gamma rays



# Pouvoir de pénétration dans la matière



- La peau arrête les  $\alpha$  (feuille de papier)
- Les gants ou qq mm de tissus arrêtent les  $\beta$  (aluminium ou plexiglass)
- Les  $X$ ,  $\gamma$  et  $\eta$  pénètrent à travers les vêtements  
↑ et le corps  
(plomb)      ↑  
(béton)





### 3. Les unités et la notion de la dose



# Les unités



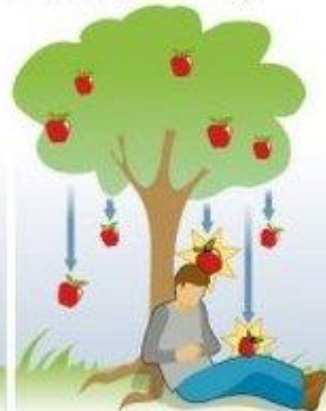
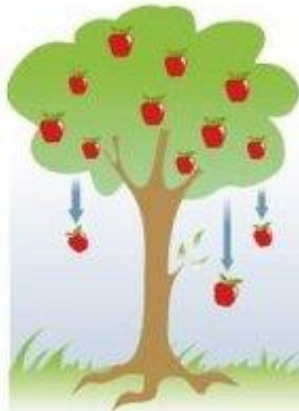
## Les unités de mesure de la radioactivité

### Comparons un pommier à une source radioactive...

Le nombre de pommes qui tombent de l'arbre se mesure alors en Becquerel

En recevant des pommes sur son corps, une personne se trouvant sous l'arbre absorbe une dose. Celle-ci s'exprime en Gray

Bosses, bleus, blessures : la chute des pommes produit des effets sur le corps de la personne. Ceux-ci s'expriment en Sievert



**Le becquerel (Bq)** mesure en effet l'activité de la source radioactive, c'est-à-dire le nombre d'atomes (de pommes) qui, par unité de temps, se transforment et émettent un rayonnement  
 $1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration/seconde}$

**Le gray (Gy)** mesure la dose absorbée, c'est-à-dire l'énergie cédée à la matière par les rayonnements ionisants lorsqu'ils la traversent  
 $1 \text{ Gy} = 1 \text{ joule/Kg}$

**Le sievert (Sv)** mesure les effets biologiques des rayonnements sur la matière vivante. Ces conséquences sont fonction de la nature de la radiation, de l'organe concerné et du temps d'exposition



La radioactivité a été découverte en 1896 par le physicien français **Henri Becquerel**

Source : Areva, CEA

Le physicien britannique **Louis Harold Gray (1905-1965)** est le père de la radiobiologie (étude de l'action des rayons X sur les tissus vivants)

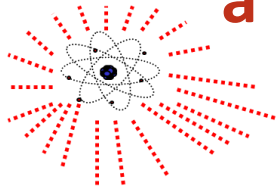
**Rolf Sievert (1896-1966)**, physicien suédois, est célèbre pour ses recherches sur les effets biologiques des radiations

AFF

# Notion de la dose



Le rayonnement est porteur d'énergie qui est transmise à la matière et qui peut provoquer des *dégâts*



Il faut éviter l'absorption du rayonnement par les organismes vivants

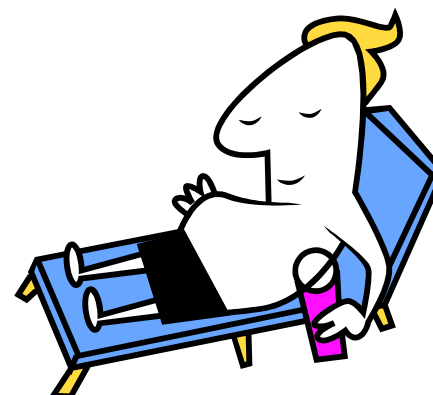
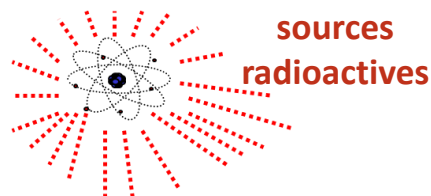


= but de la radio protection

« *C'est la dose qui fait le poison...* »



Energie provenant des radiations ionisantes



Répercussion de cette énergie

Effets de l'exposition au soleil :

De la rougeur au cancer...

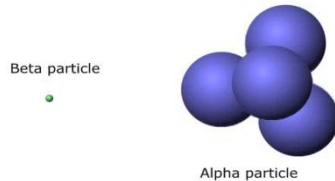


La notion de dose

# Pour symboliser la relation entre activité et la dose...



- Activité: Becquerel
- Dose : Sievert



**Becquerel (Bq) = le nombre d'objets peut être comparé à l'activité (nombre de désintégration par seconde)**

**Sievert = marques laissées sur le corps en fonction**

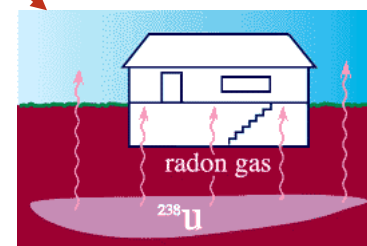
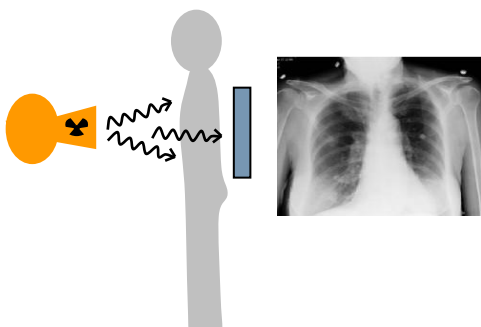
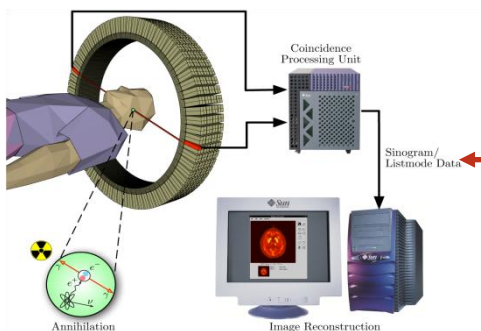
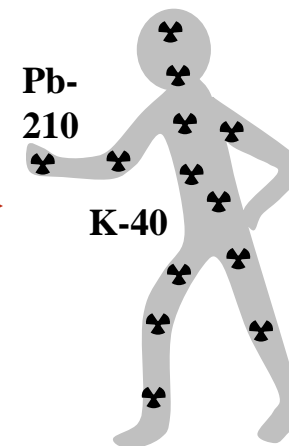
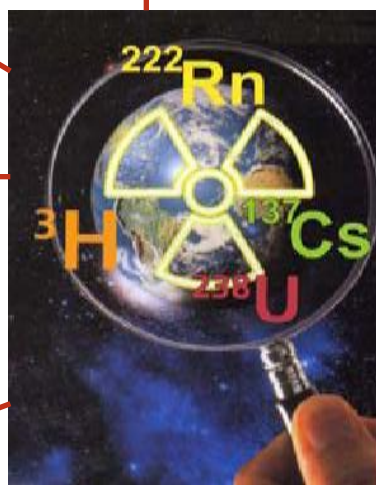
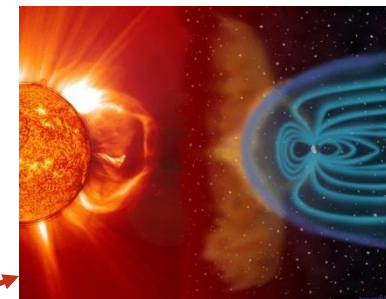
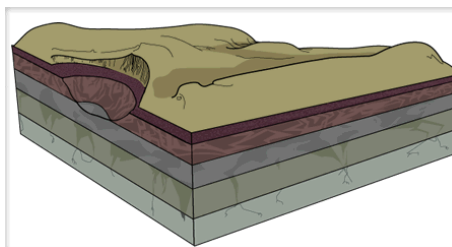
- de la nature de l'objet (dose équivalente)
- des endroits d'impact sur le corps (dose efficace)





## 4. Naturelle ou artificielle ?

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

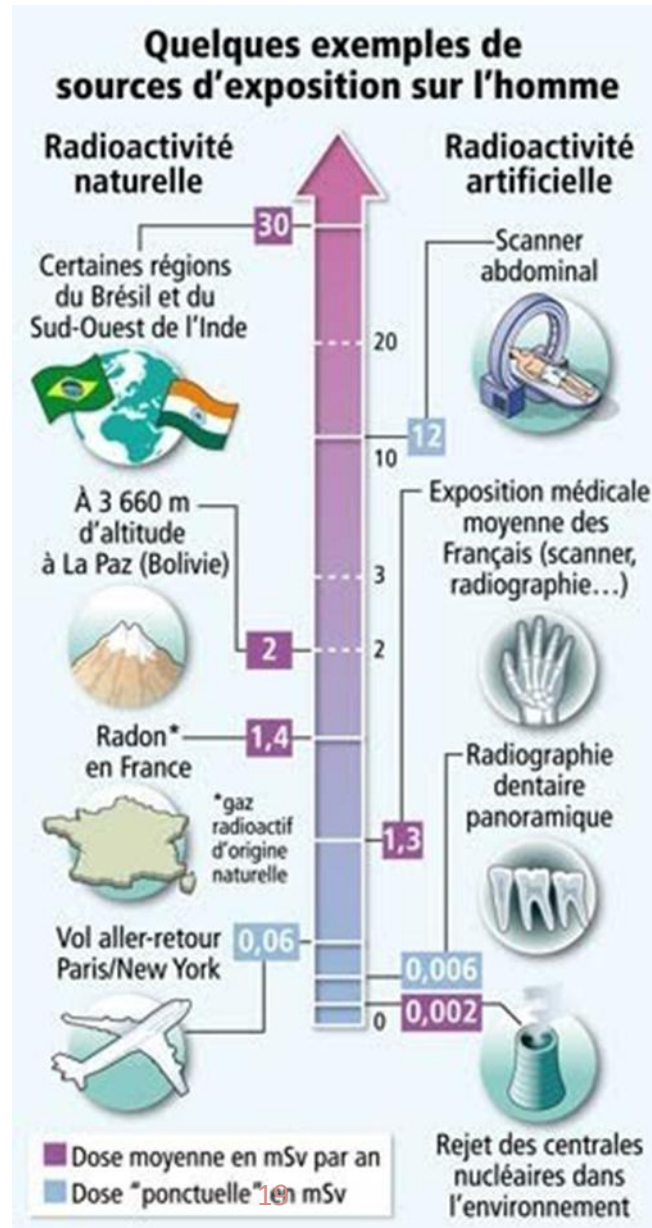


# Sources d'exposition



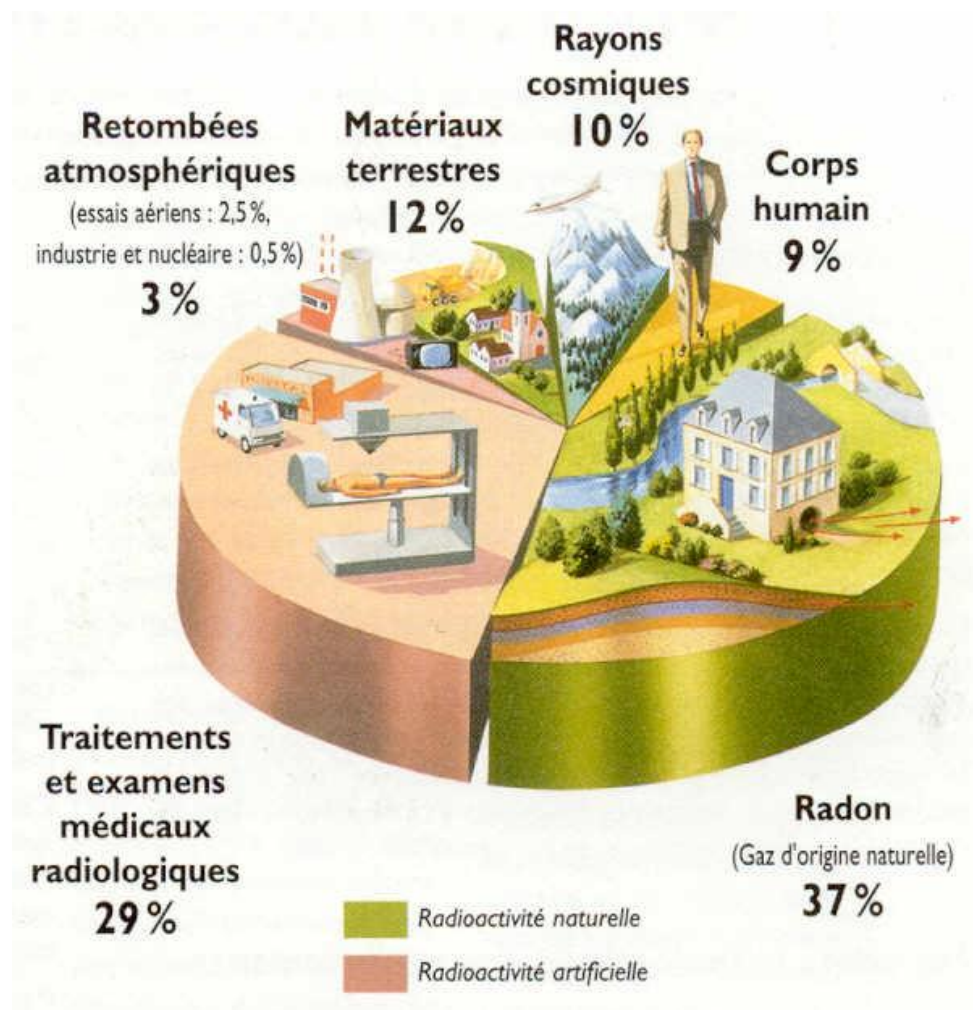
## Exposition naturelle

- Rayons cosmiques
- Rayons terrestres
- Eau et aliments
- Radon



Exposition artificielle  
Essentiellement d'origine médicale

# Sources d'exposition aux R.I.

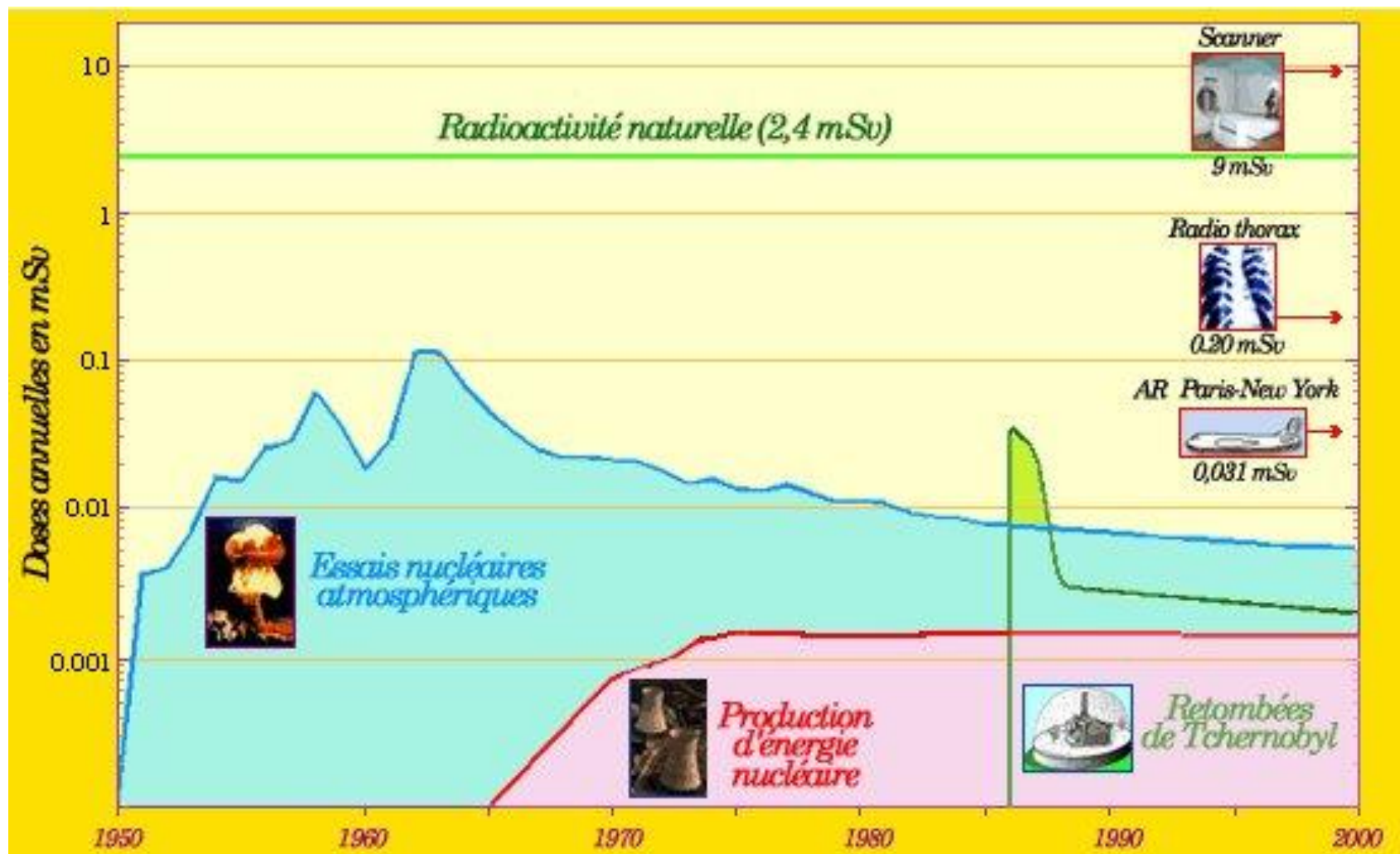


2,4 mSv/an

**! Jusqu'à 50%**



# Radioactivité artificielle





## 5. Exposition aux radiations ionisantes

# Différentes modalités d'exposition aux radiations ionisantes



**Ne PAS confondre irradiation  
et contamination !**

# Irradiation externe



Lorsque l'organisme est susceptible d'intercepter des rayonnements émis par une source radioactive.

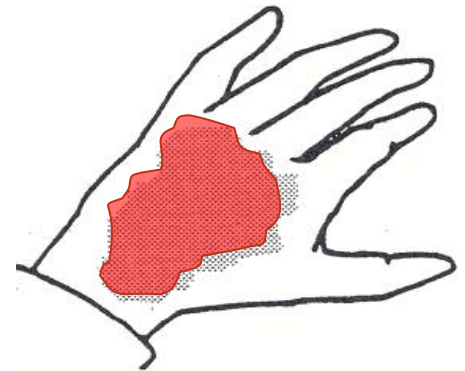
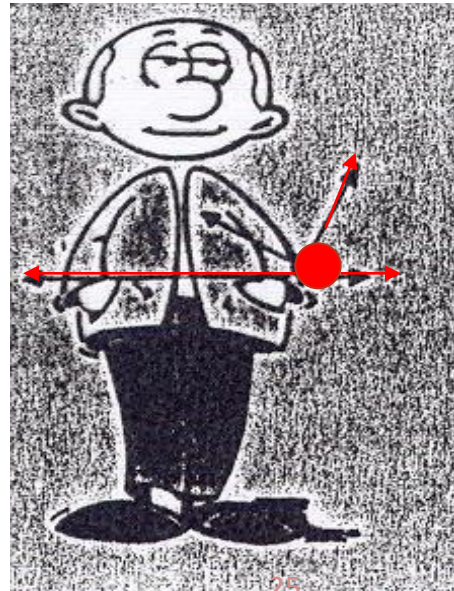




# Contamination externe



Une personne est soumise au risque de contamination dès que son organisme entre en **contact direct et intime** avec une source radioactive



# Contamination interne



Différentes voies d'entrée sont possibles:

La source radioactive a pénétré dans l'organisme

1. Inhalation



Par inhalation  
de particules radioactives



Par ingestion  
d'aliments contaminés

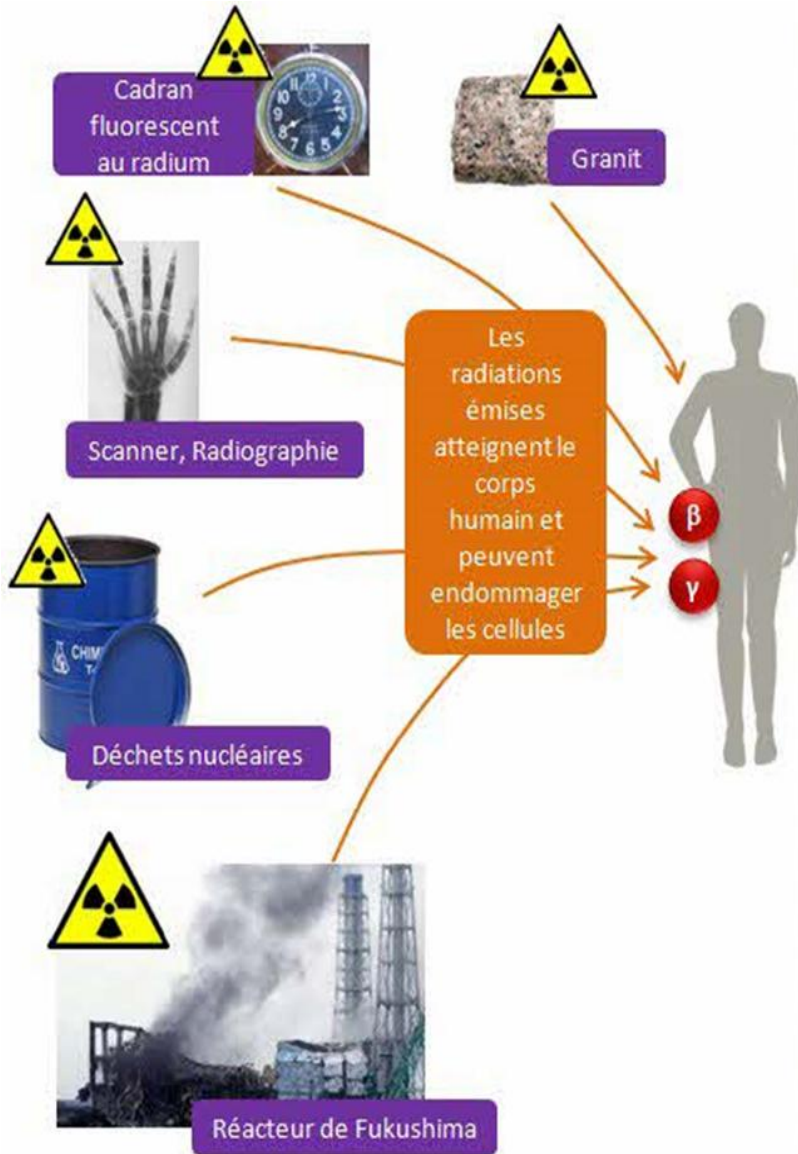


3. Effraction  
cutanée

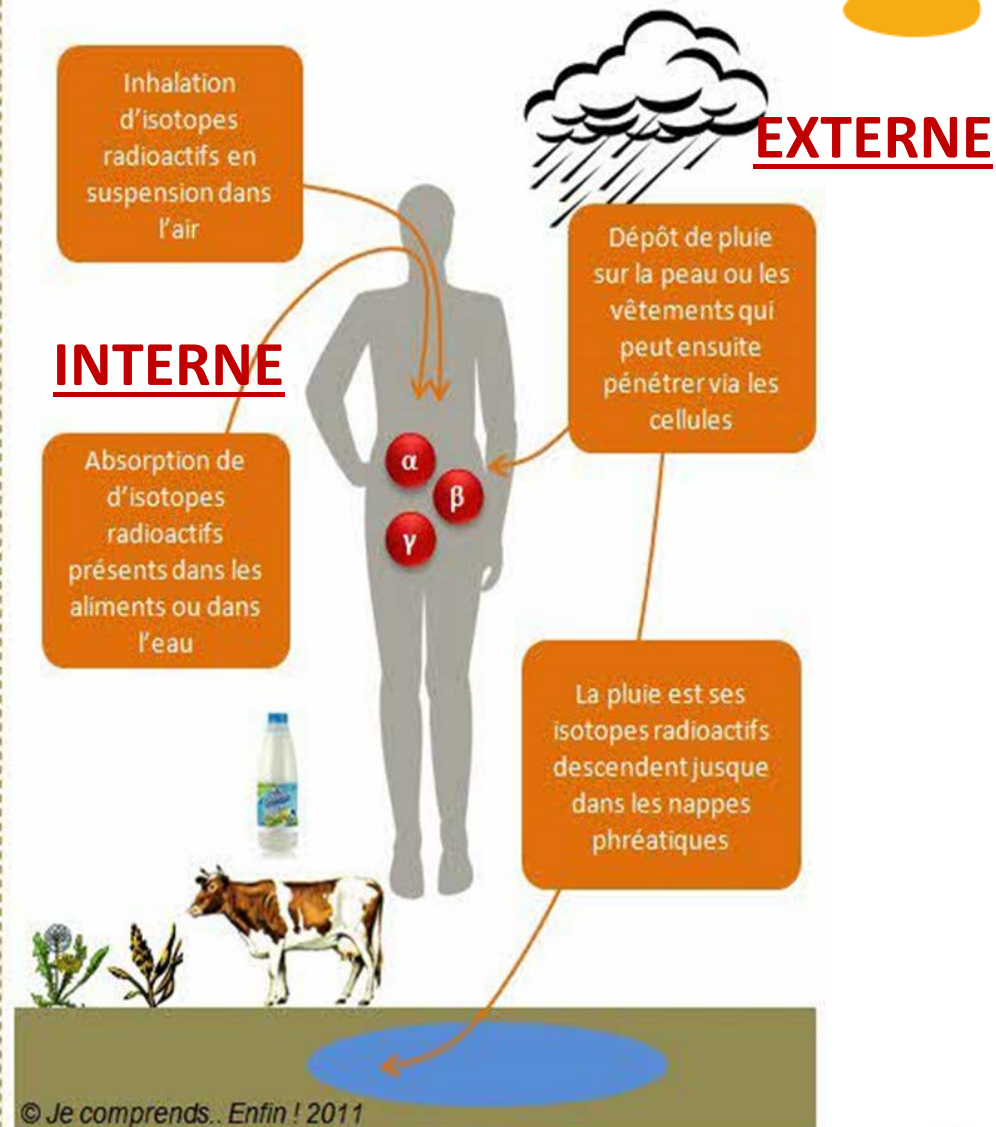
Par passage cutané  
(plaie)

2. Ingestion

# IRRADIATION



# CONTAMINATION



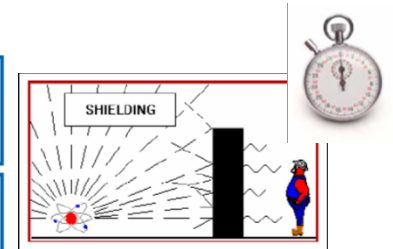
# Moyens de protection



IRRADIATION EXTERNE



- PROTECTION COLLECTIVE**  
Blindage des sources  
Écrans (béton, acier, eau...)
- PROTECTION INDIVIDUELLE**  
Écrans  
Distance  
Durée d'exposition



CONTAMINATION EXTERNE



- PROTECTION COLLECTIVE**  
Contrôle et nettoyage des surfaces  
Zonage des locaux
- PROTECTION INDIVIDUELLE**  
Gants  
Surtenues



CONTAMINATION INTERNE



- PROTECTION COLLECTIVE**  
Confinement des sources non  
scellées dans des enceintes  
et des circuits étanches
- PROTECTION INDIVIDUELLE**  
Protections respiratoires  
Tenue étanche



# Moyens de protection



*Travail en zone contrôlée*

 =  +  + 

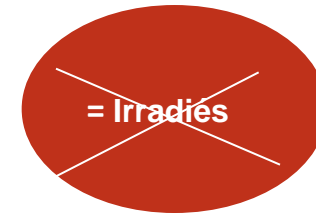
+ port des protections  
+ port du dosimètre  
+ respect des limites

# La détection d'une irradiation ou contamination



## En Pratique :

- **Exposition externe ou « Irradiation »**
  - Film badge
  - dosimètre électronique
- **Contamination Interne**
  - portiques sortie de zone
  - IPM9
  - anthropogammamètre





En pratique...

Il existe des salles de décontamination

- Sur chaque tranche en zone contrôlée
- Au service médical

**NB** collaboration active du service médical et RP





## 6. Effets biologiques et pathologiques des RI



# Effets biologiques des rayonnements



## Importance des dommages

⇒ en fonction de la dose reçue (quantité énergie absorbée)

+ Modalités exposition (contamination , irradiation partielle globale,...)

⇒ en fonction du type de rayonnement

⇒ en fonction de la nature des tissus

# Effets biologiques des rayonnements



Au niveau des molécules...puis des cellules...

Les rayonnements ionisants sont capables de produire des ionisations (transfert d'énergie) au niveau cellulaire



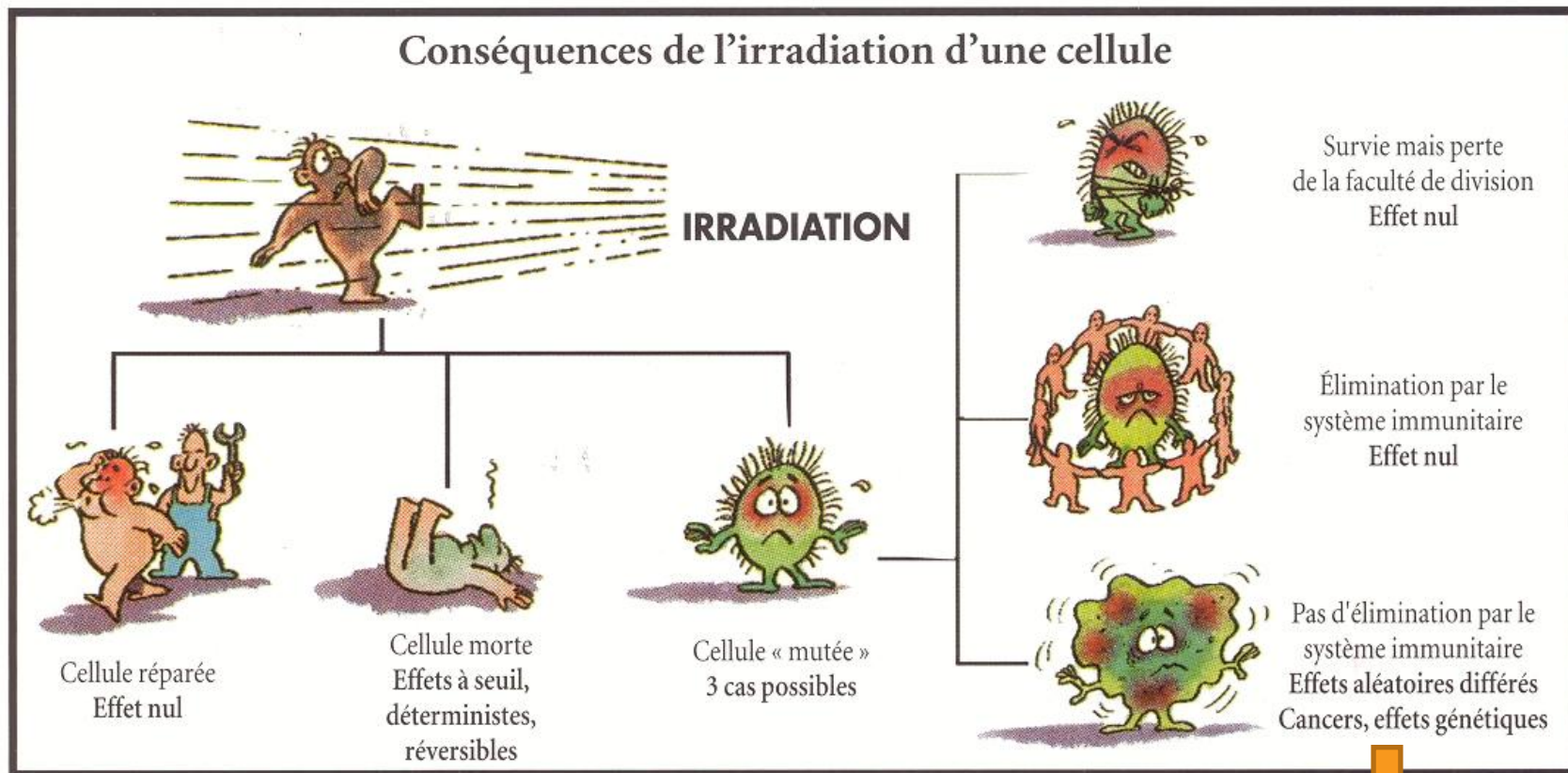
lésions directes (ADN)

lésions indirectes (radiolyse de l'eau)

On distingue :

- Les effets **déterministes**
- Les effets **aléatoires ou stochastiques**

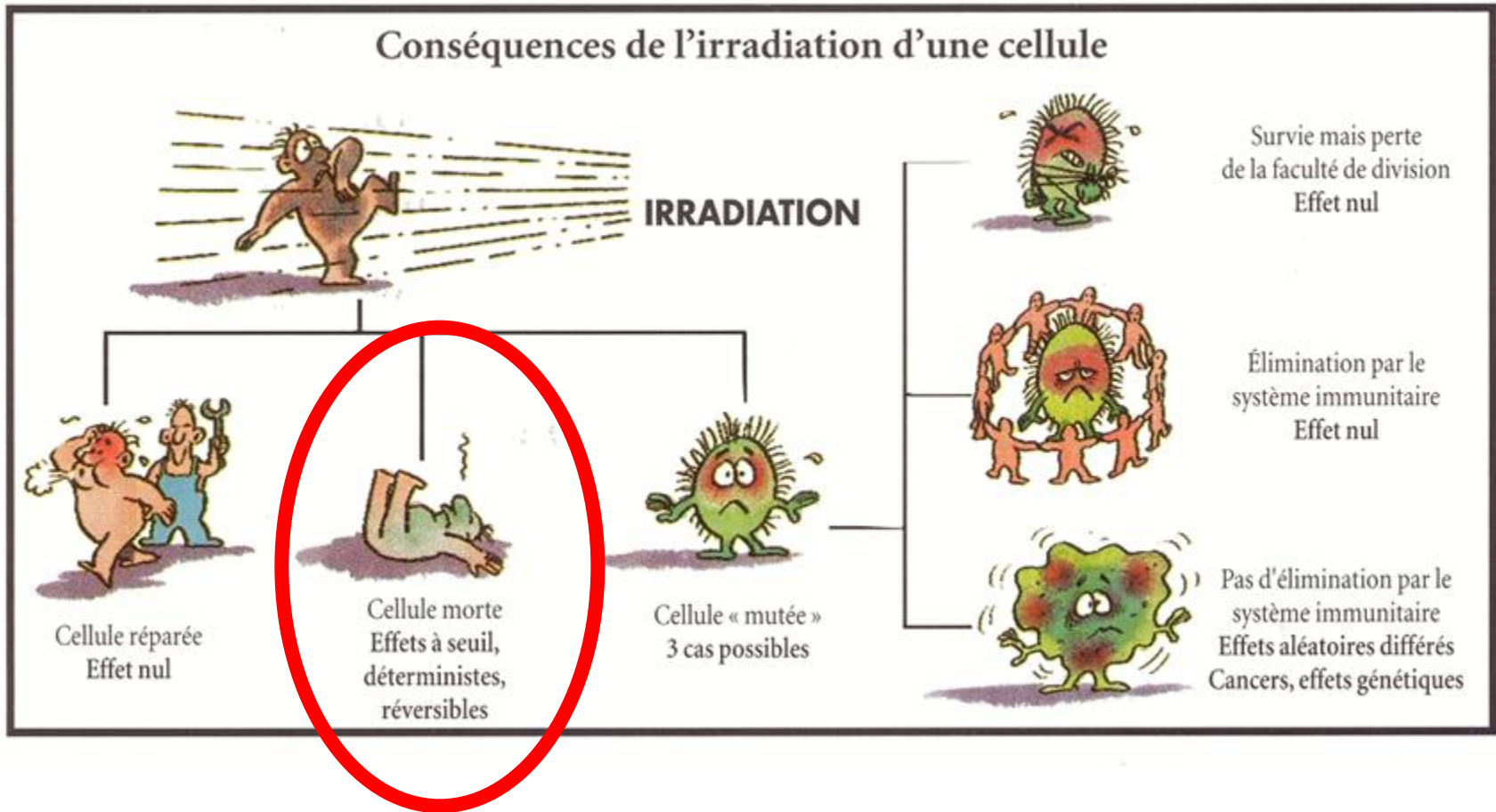
# Effets de l'irradiation d'une cellule



**EFFETS  
DETERMINISTES**

**EFFETS  
ALEATOIRES**

# Les effets déterministes:

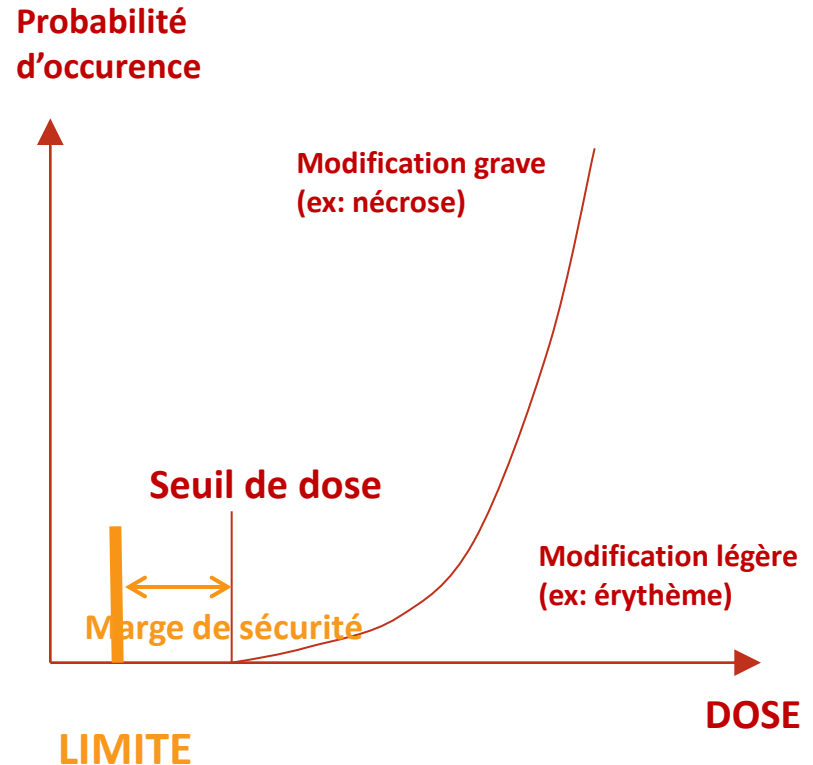


# Les effets déterministes:



- **Certitude apparition de l'effet** (jours, semaines)
- **Gravité de l'effet ↗ avec la dose**
  - Seuil de dose (sous le seuil, pas d'effet)
  - Nature aiguë et dose élevée

**Marge de sécurité et limite de dose**





# Les effets déterministes En pratique....

Professionnel: Limite de dose réglementaire fixée à une valeur inférieure au seuil le + bas de toutes les affections déterministes

➡ 20mSv/an

➡ 10mSv/an

≠ Exemples dans le milieu médical

- En diagnostic...pas de problème
- En traitement...
  - Radiothérapie: radiodermite (brulure de la peau)
  - Radiologie interventionnelle : opacités cristallin, cataracte (opérateurs), radiodermite parfois nécrose (patient)

# Effets biologiques des rayonnements



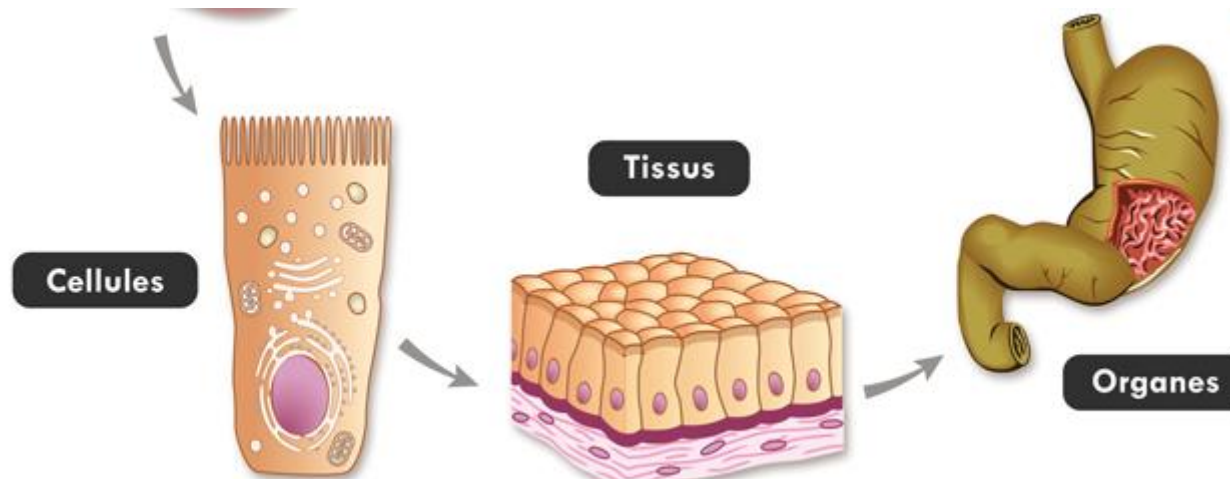
DE LA CELLULE...



AU TISSU...



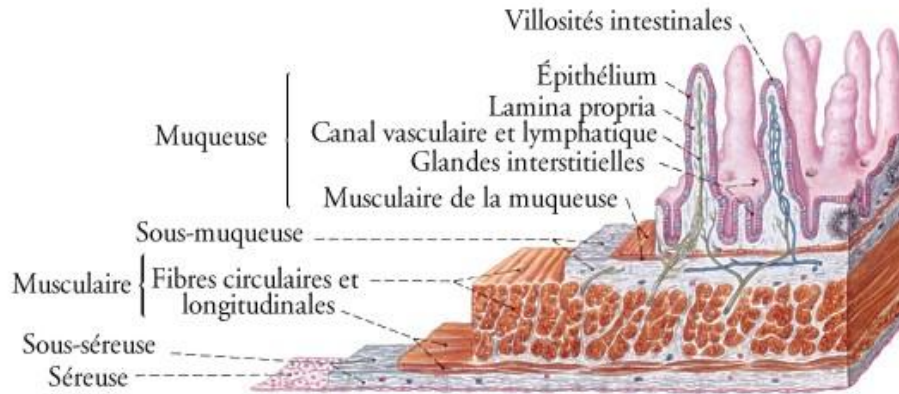
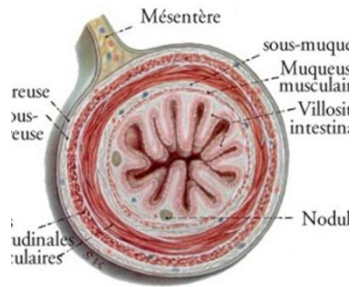
À L'ORGANE



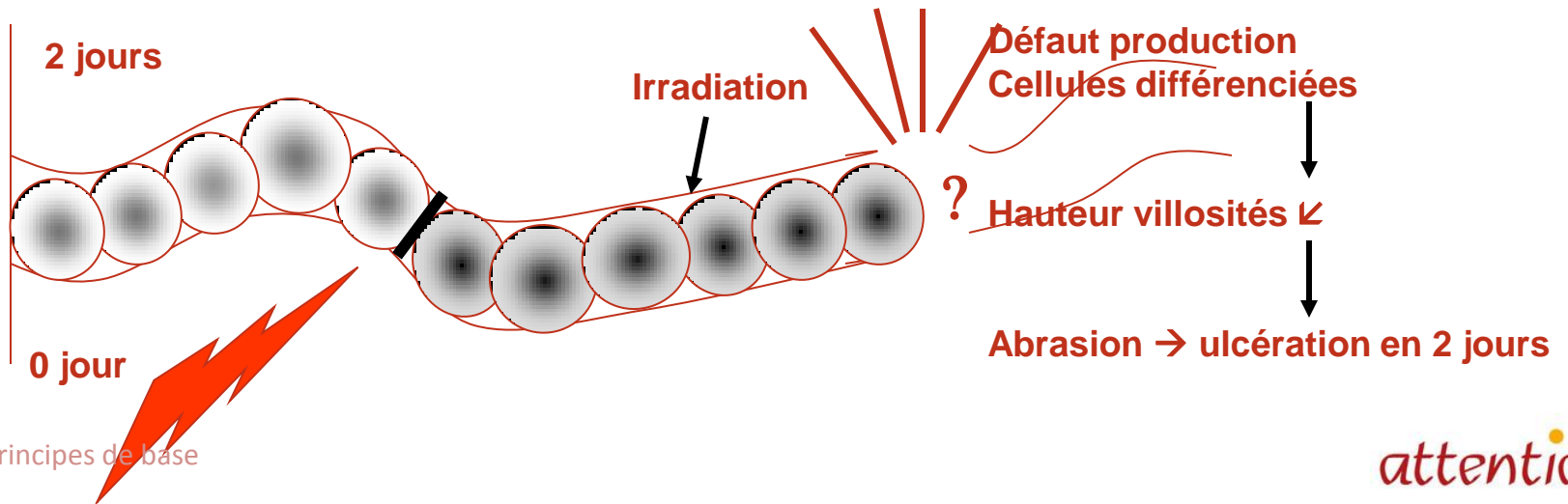


# Effets Biologiques des Rayonnements

## Exemple : Tissu intestinal



### Tissus Irradié





# Effets biologiques des rayonnements



**Cellules les plus radiosensibles**  
**= celles qui se divisent**  
**= cellules « souches »**

- **paroi intestinale (fond crypté)**
- **moëlle osseuse**
- **peau (membrane basale)**
- **gonades (ovaires, testicules)**
- **...**

# Effets pathologiques des rayonnements



- Cellules **intestinales** → 2 jours → perte eau saignement ulcère
- Cellules **sang** :
  - Globules blancs (vie 1 à 2 sem.) ↙ globules blancs ↗ infections
  - Plaquettes (vie qq. sem.) ↙ lente → hémorragies
  - Globules rouges (vie 120 j.) ↙ ↙ ↙ lente → anémie
- Cellules **peau** – vie 20 à 28 jours → brûlures → nécroses
- Gonades → stérilité

!!Cas particulier de la femme enceinte



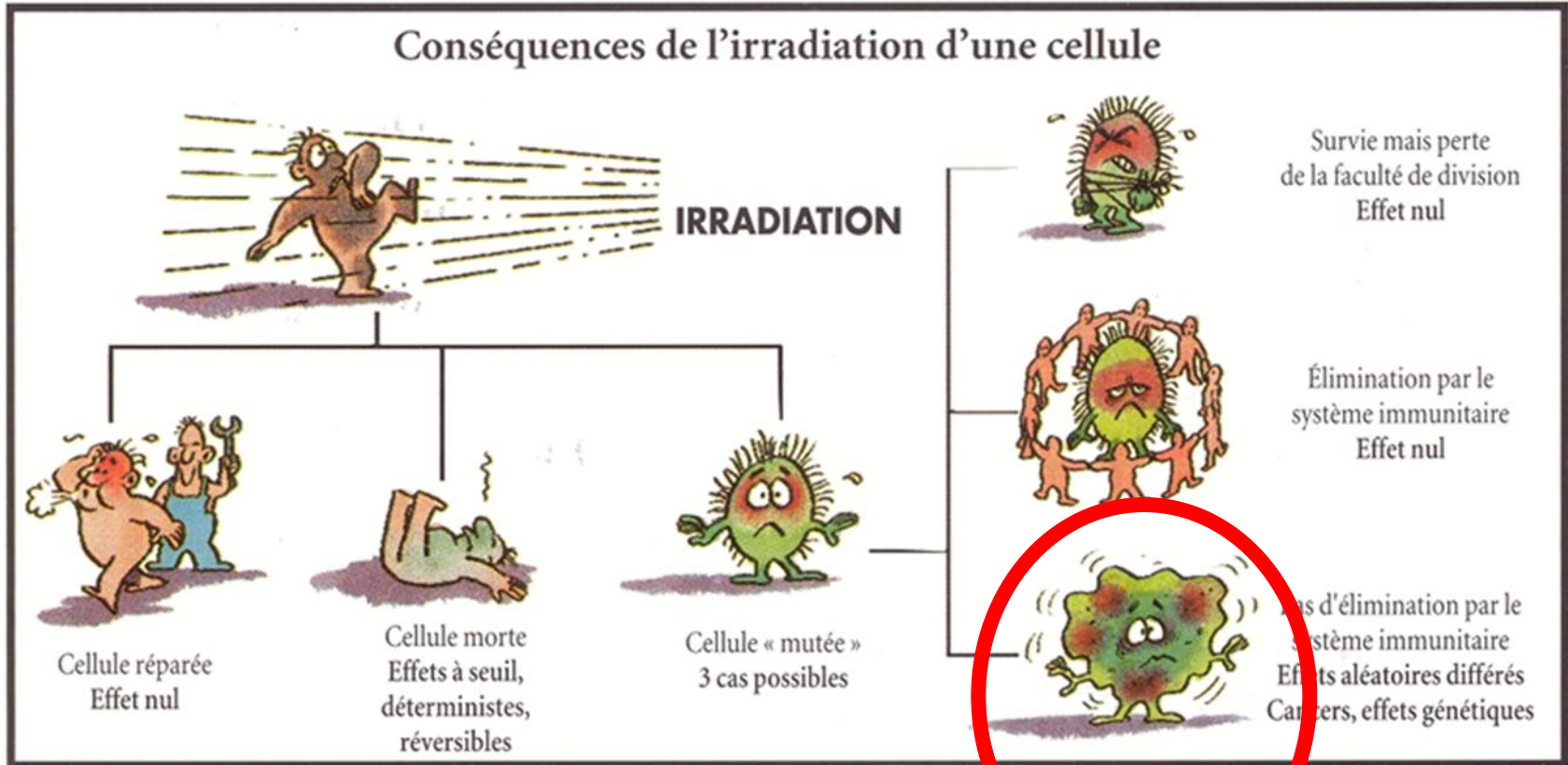
# Effets pathologiques des rayonnements

Femme enceinte : cellules embryon radiosensibles car se divisent ++++



- ➔ en fonction de la dose:
- Avortement spontané
  - Malformation : Effet Tératogène

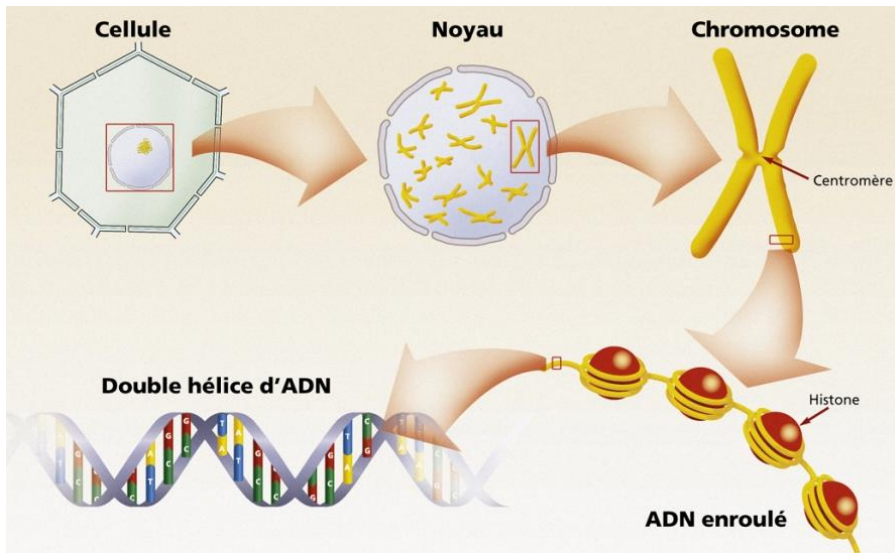
# Les effets aléatoires





# Au coeur de la cellule, l'ADN...

Le Matériel génétique ou héréditaire est constitué de molécules ADN  
= support de l'information génétique et héréditaire  
= « cœur » des chromosomes, du noyau  
= Hélice



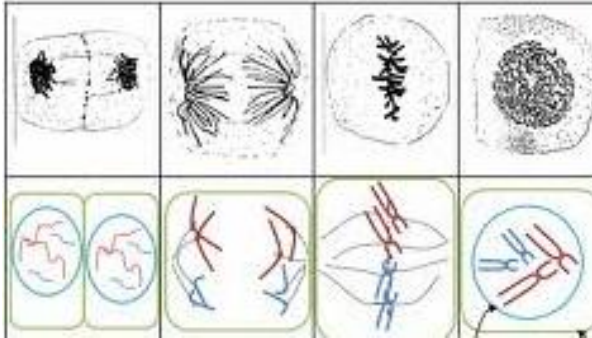
Le long de l'hélice séquence = gène

↓  
Définit l'information génétique

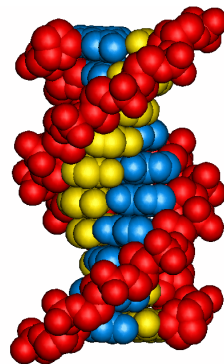
↓  
Commande synthèse AA

↓  
Protéine

# Au coeur de la cellule, l'ADN...



- Nos cellules se divisent
- Réplication de l'ADN
- Mécanismes de réparations de l'ADN suite aux agressions multiples et courantes



**Le long de l'hélice séquence = gène**

**Définit l'information génétique**

**Commande synthèse AA**

**Protéine**



# L'ADN, support de la réplication

⇒ Il existe des mécanismes de **Réparation enzymatiques** qui excisent les lésions ADN et re synthétisent de l' ADN "Normal"

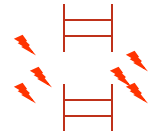
**MAIS !!!**

⇒ Si lésions sont peu nombreuses : réparation fidèle → OK

⇒ Si lésions sont nombreuses et importantes, c'est le cas de l'irradiation



Forte Dose et Fort Débit → Lésions double brin de ADN →



nécessitent de nombreuses réparations avec risque ↗ d'erreur →  
**MUTATIONS** = Réparation **fautive** dont conséquences



**Mort cellule**

ou



**Initier sa cancérisation**



# Effets aléatoires ou stochastiques

## Cancer

- Pas de cancers spécifiques des R.I. **Difficile de distinguer: cancer radioinduit et non radioinduit**
- Latence 5 à 10 ans → 40 ans tumeurs solides

< 100msv: le risque de cancers radioinduits devient indétectable

## Effets génétiques

- lésion ADN non réparée
- lésion compatible avec la division cellulaire
- participation à la fécondation
- expression de l'anomalie

cf. HIROSHIMA/NAGASAKI

sur 70 000 grossesses (1948-1953) pas de mise en évidence d'effets héréditaires sur deux générations de parents exposés aux RI



# En résumé...



## Effets déterministes ou non stockastiques ou à seuil

Il existe une dose seuil

La gravité de l'effet ↗ avec la dose

**Touche tous les individus si la dose dépasse  
le seuil**

Effets en général réversibles

Dans une gamme de dose on assiste à un  
emplacement des tissus lésés par des cellules souches  
restées intactes

La plupart de ces effets

**Précoces** → peau - gonades - moëlle osseuse - intestin

**Tardifs** → cataracte - sclérose et nécrose

## Effets aléatoires ou stockastiques ou probabilistes

~~Seuil~~

La gravité est indépendante de la dose  
« effet tout ou rien »

C'est la probabilité d'apparition de l'effet qui  
↗ avec la dose

**N'atteint qu'un certain nombre d'individus  
(Qui ?)**

Effets en général **IRRÉVERSIBLES**

Effets toujours **Tardifs** après latence longue

→ **CANCERS**

→ **EFFETS GENETIQUES**

Effets non spécifiques (il existe un bruit de fond important)



## 7. Encore quelques mots clés !

# Mots clés: Optimisation



# Mots clés:

## Justification

