



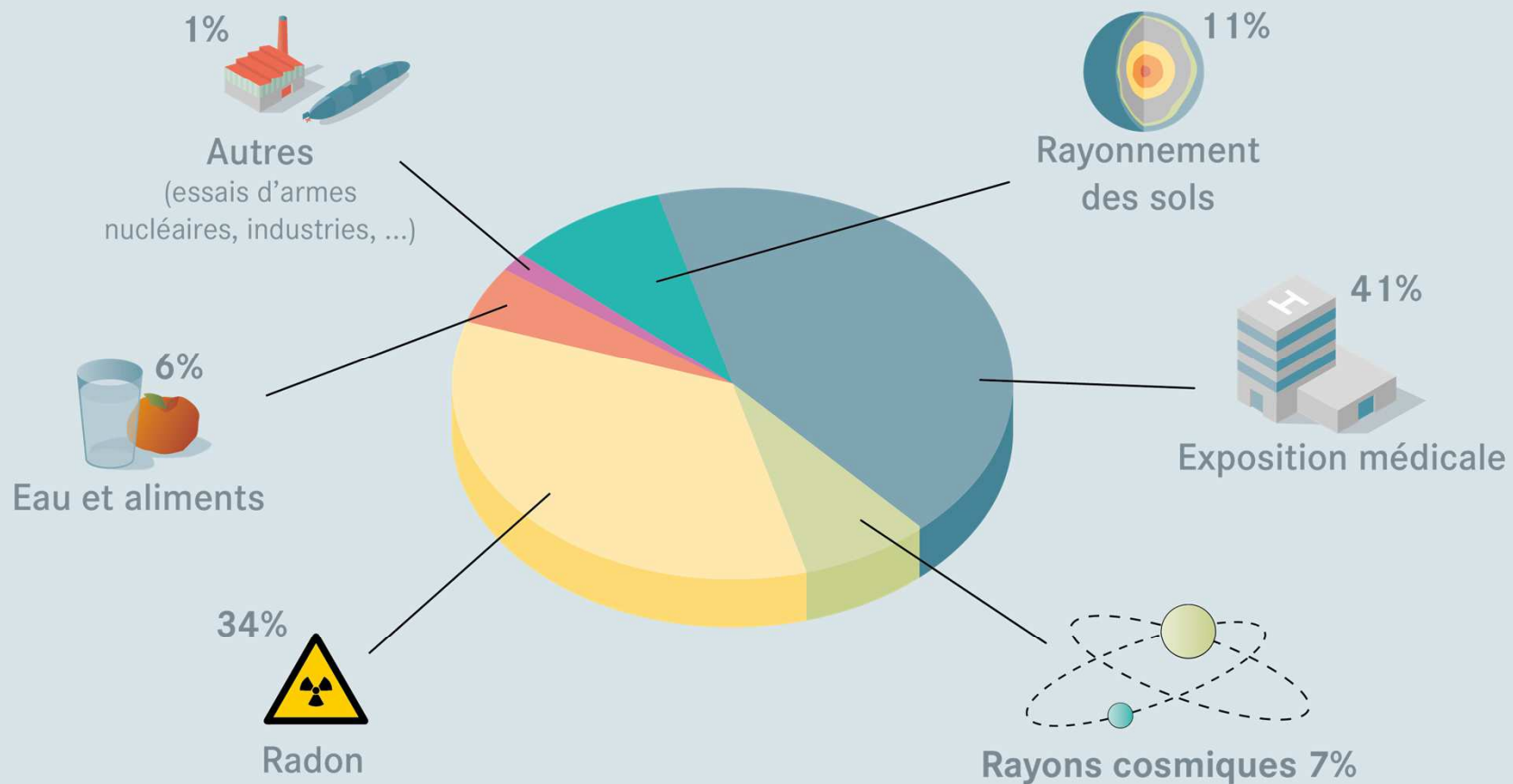
# Impact sanitaire de la présence d'un CNPE sur la population environnante

Séance CLI du 13.06.2023



# Généralités

## ORIGINE DE NOTRE EXPOSITION



## Modes d'exposition

Contamination:

interne:

Pénétration du radioélément dans l'organisme (inhalation, ingestion, pénétration cutanée)

externe:

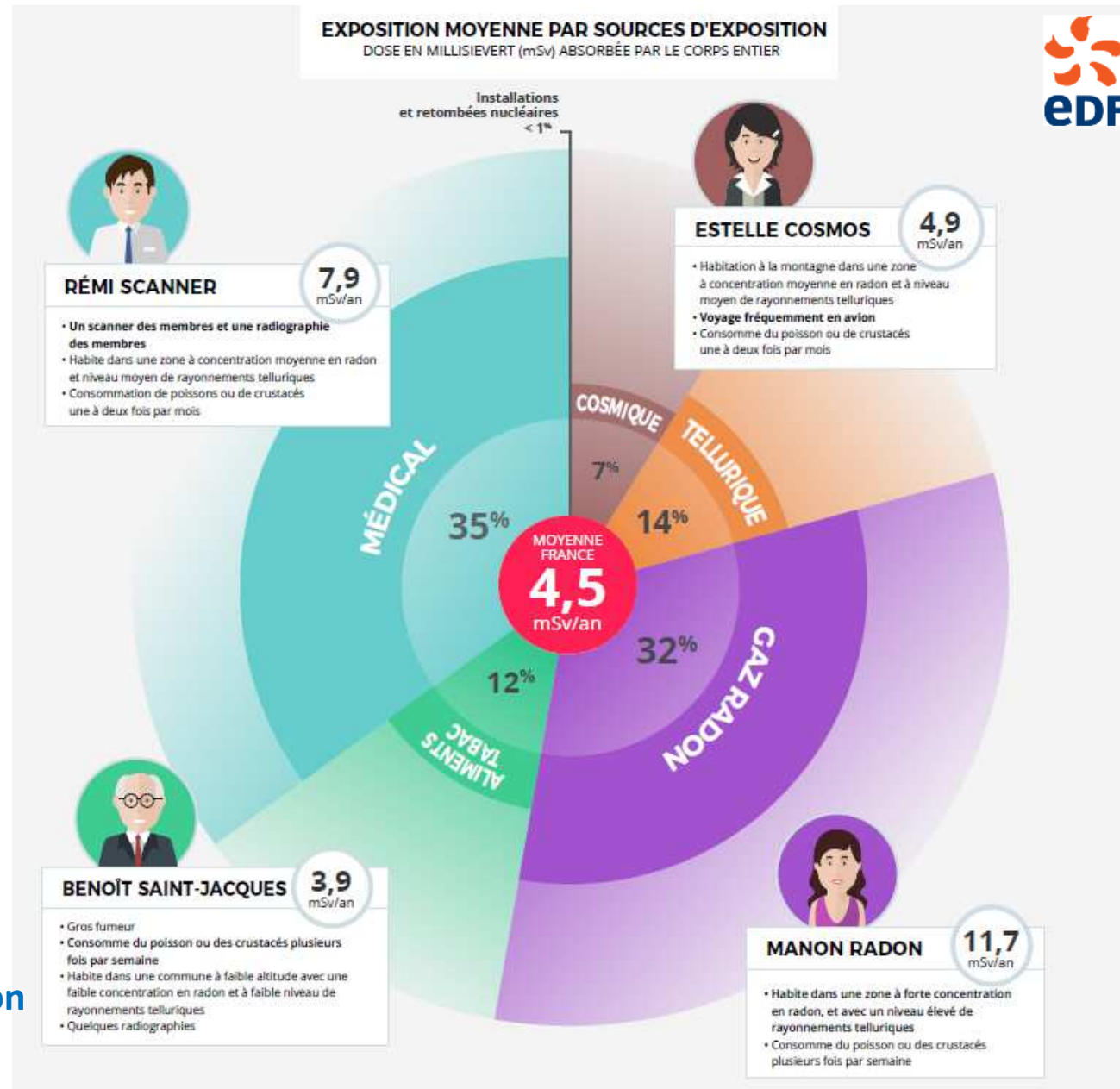
dépôt particulaire sur le peau

Irradiation:

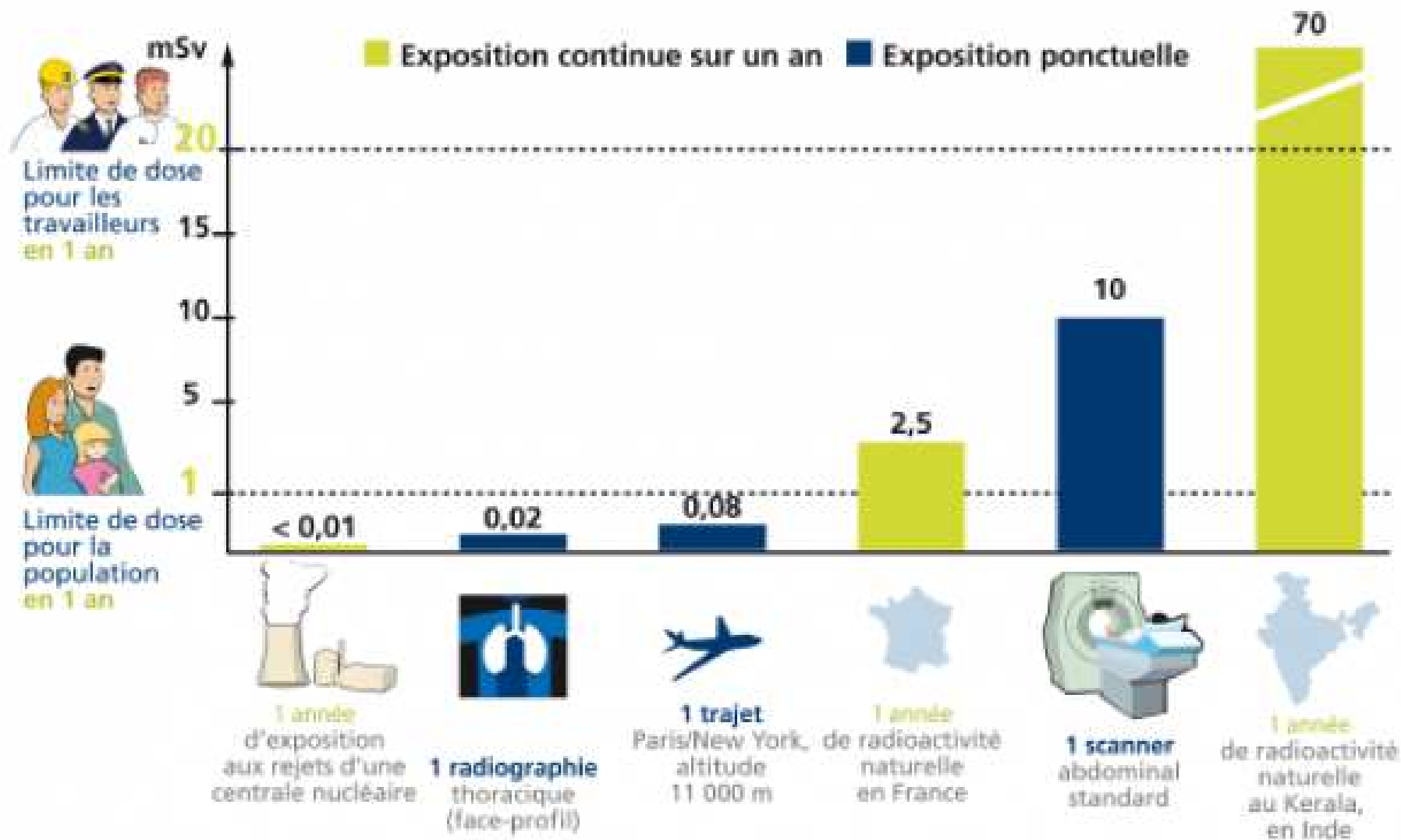
la source radioactive est située à distance du corps (généralisée ou localisée)

**La radioactivité du corps humain**, due à l'ingestion d'aliments contenant des éléments radioactifs. Après ingestion, ces radionucléides viennent se fixer dans les tissus et les os. Ainsi, l'organisme humain compte en moyenne 4 500 Bq en potassium 40 et 3 700 Bq en carbone 14.

## Sources d'exposition



# ECHELLE DES EXPOSITIONS



# Les unités de mesure de la radioactivité

Certaines matières sont radioactives : elles émettent des rayonnements avec plus ou moins d'énergie.

Pour mesurer précisément la radioactivité, on utilise 3 unités de mesure complémentaires : le becquerel, le gray et le sievert.

## L'activité d'une source

**Bq**

Le nombre de **becquerels** correspond au nombre de fois par seconde où la source émet un rayonnement. Plus son nombre est grand, plus l'activité de la source est grande.

## La dose reçue

**Gy**

Le **gray** est utilisé pour mesurer l'énergie due à la quantité de rayonnement reçue. On parle alors de dose reçue.

## La dose efficace

**Sv**

Le **sievert** est la mesure de la dangerosité. Lorsqu'il s'agit spécifiquement du corps humain, les effets des différents rayonnements varient selon les organes ou tissus touchés. Certains sont plus sensibles que d'autres.

## LORSQU'ON COMPARE UN POMMIER À UNE SOURCE RADIOACTIVE



[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

© 2013, Image : iStock / Mikael Juul Jensen

# 2 types d'effets biologiques



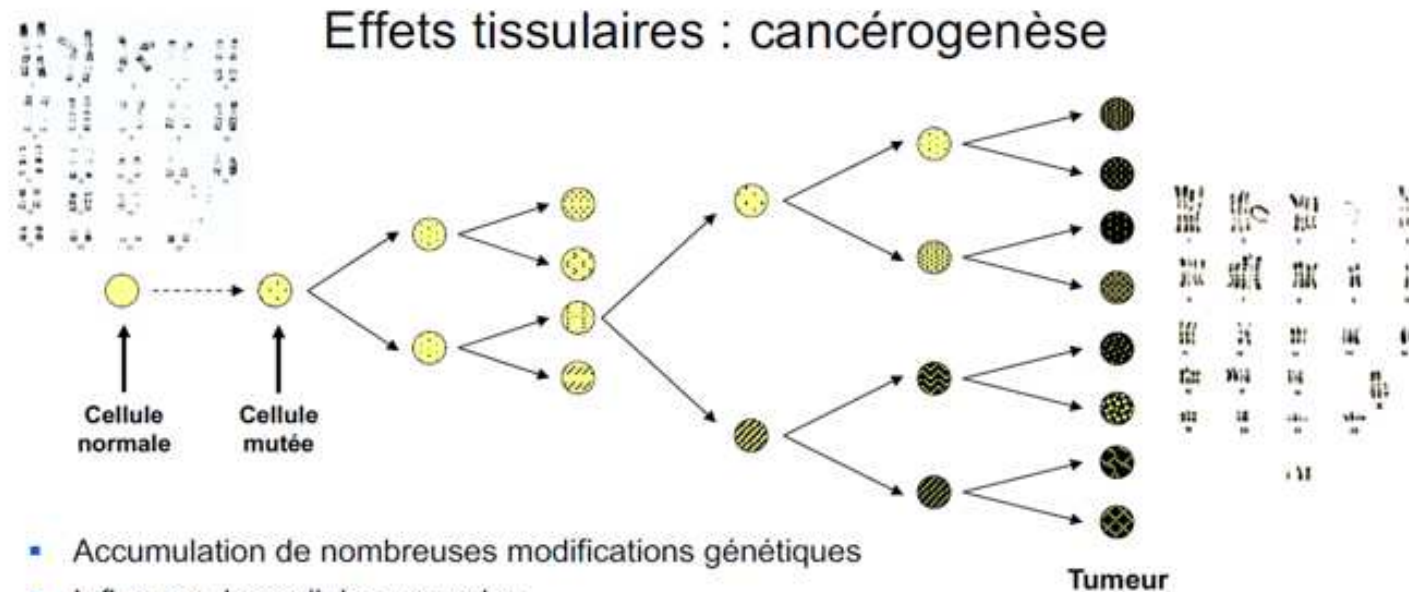
## Fortes doses

- Relation linéaire dose/effet à seuil
- Obligatoires
- Délai d'apparition court
- Bien connus, observations cliniques

## Faibles doses

- Relation linéaire dose/risque , sans seuil (Hypothèse 1966)
- Aléatoires
- Délai d'apparition long: cancers et leucémies
- Études épidémiologiques:  
Confirmation de la persistance d'une relation dose-risque aux faibles doses pour les cancers solides et pour les leucémies
- une dose faible entraîne un accroissement de risque faible.

# Effet sur l'ADN mais pas uniquement



- Accumulation de nombreuses modifications génétiques
- Influence des cellules normales
- Rôle du système immunitaire
- Influence d'autres agents "toxiques" (tabac, alcool, produits chimiques...)
- Influence de mutations prédisposant à l'apparition de cancers (BRCA1, BRCA2, TP53...)
- ....

L'estimation du risque est basé sur l'excès de cancers (épidémiologie)

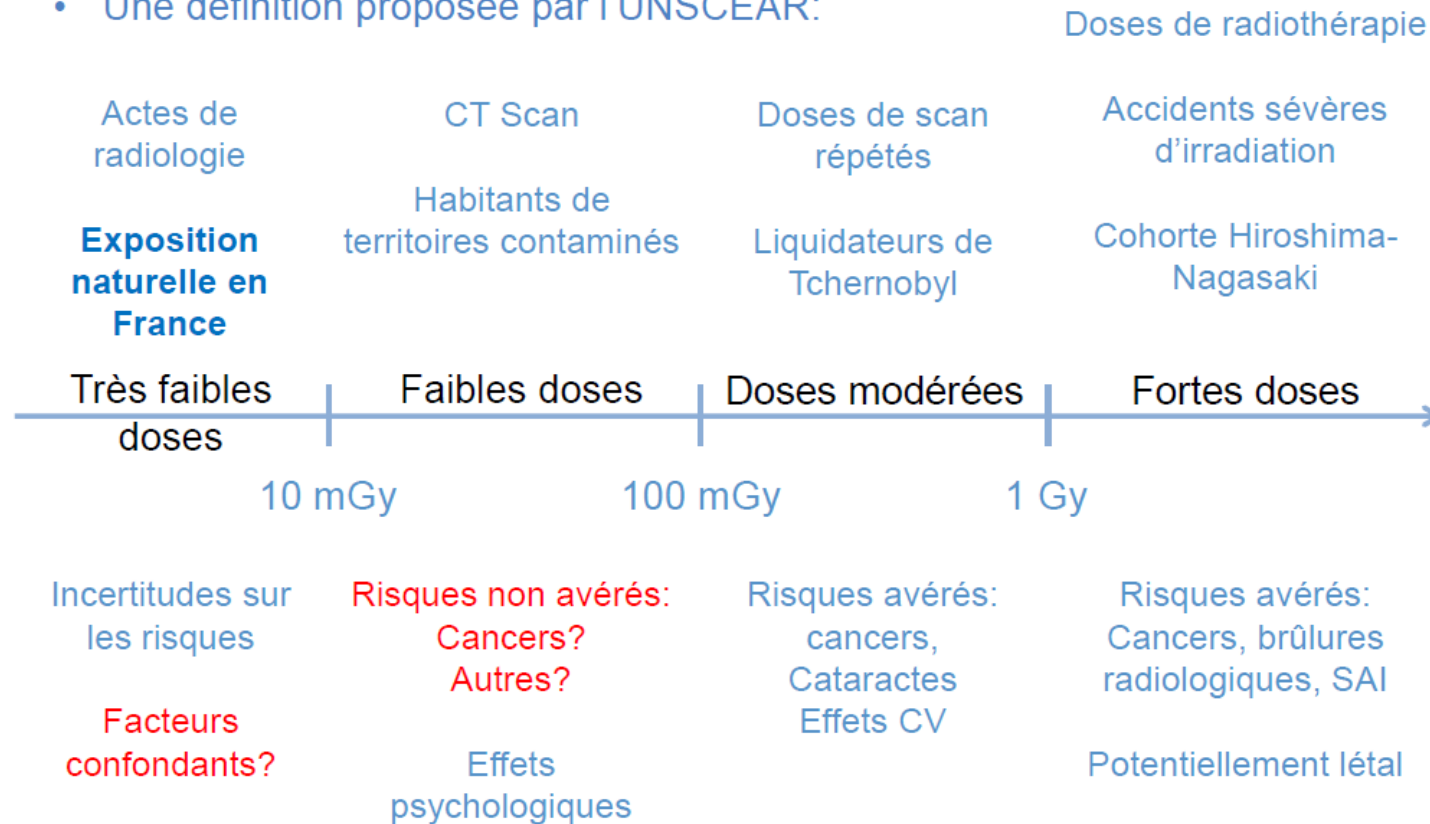
quel(s) que soi(en)t le(s) mécanisme(s)

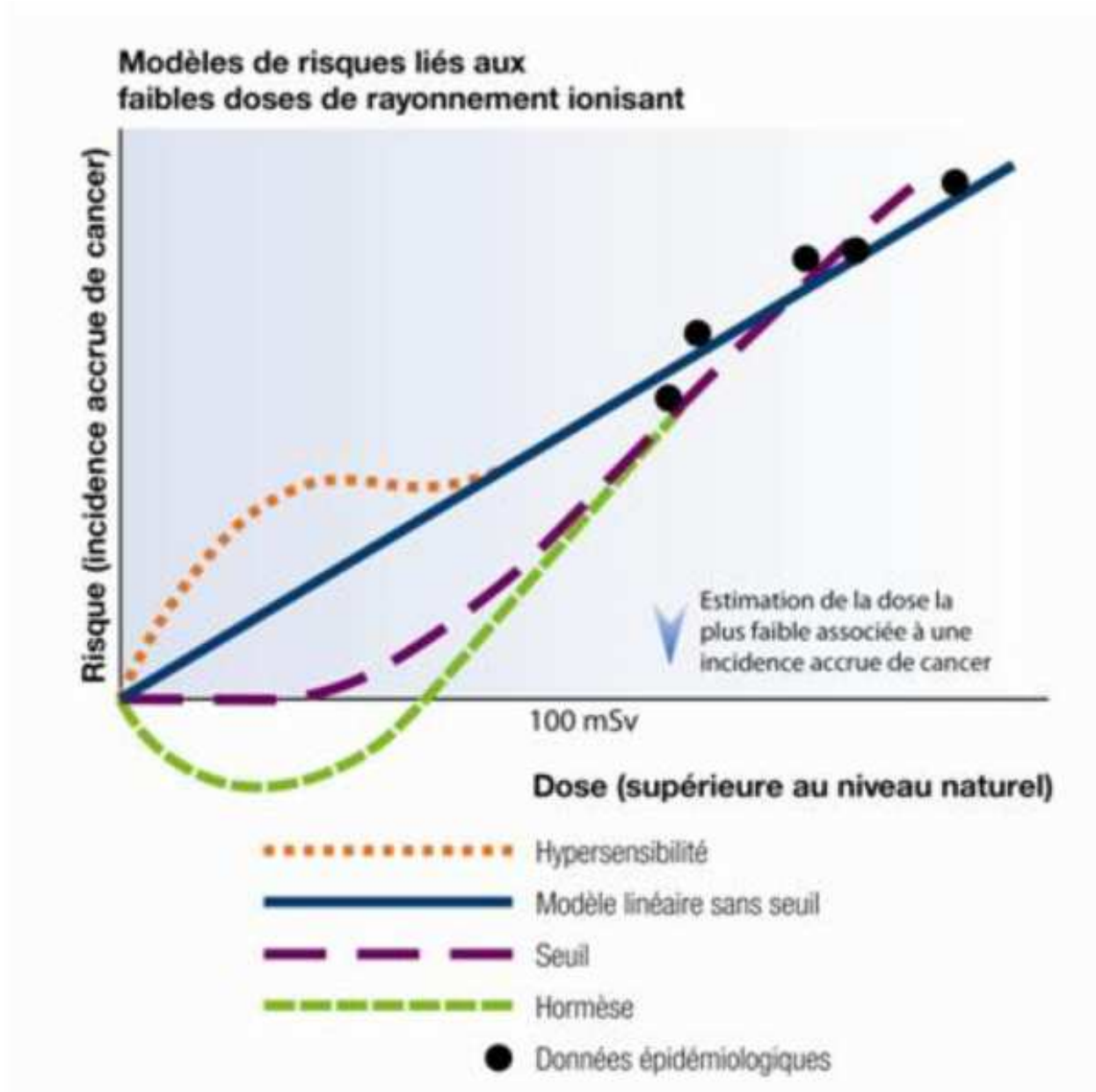


# Cas particulier des faibles doses

# Qu'est ce que les faibles doses?

- Une définition proposée par l'UNSCEAR:







# Bases de la radio protection

# RADIOPROTECTION autour des CNPE

- En raison des effets potentiellement nocifs pour la santé des produits radioactifs, **des mesures particulières sont prises pour protéger la population, les travailleurs et toute personne pouvant être exposée à la radioactivité.**
- La Radioprotection se définit comme l'ensemble des règles, procédures et moyen de prévention et de surveillance visant à empêcher, ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants sur les personnes (ASN, 2015).
  - La Radioprotection des travailleurs d'EDF en zone nucléaire (port de tenue de protection adaptée, surveillance dosimétrique, contrôle médicaux régulier).
  - La Radioprotection des citoyens (organisation nationale rigoureuse pour répondre aux situation d'urgence : PUI-PPI).



# Données issues de la recherche

..... et difficultés d'interprétation

# Etudes des effets sur la santé: faibles doses

- Approche de leur compréhension:
    - grâce aux observations et aux études épidémiologiques de différentes situations.
    - Essentiel pour déterminer les niveaux d'exposition réglementaires
  - Etudes épidémiologiques: utiles pour évaluer les effets des rayonnements ionisants à long terme dans différentes situations
- Survivants catastrophes
    - Hiroshima Nagasaki (1945)
    - Tchernobyl (1986)
    - Fukushima (2011)
  - Suivi des populations exposées professionnellement
    - Radiologues anglais, travailleurs EDF en INB
    - Suivi cohortes étude Inworks (2015) internationale
  - Etude population territoires exposés
    - Inde (plateau Kérala)
  - Surveillance effets post radiothérapie
  - Etudes des populations à proximité des installations nucléaires (enfants, adultes)

# Etudes des populations professionnelles

- **Cohorte EDF des INB:** de 1961 à 1994 (IRSN 2004)
  - Pas d'excès de cancers par rapport à la population française
  - Expositions faibles, connues, suivi régulier
  - Pas de lien observé entre exposition et mortalité
- **Etudes travailleurs nucléaires:** Etudes CEA, COGEMA, EDF; CEA+ COGEMA, Allemagne, infirmières norvégiennes prestataires nucléaire français : effet « travailleur sain »
- **Etude inworks:** 308 297 travailleurs du nucléaire, reprend les travailleurs suivis en France, UK, USA
- **Objectifs Etude INWORKS**
  - Quelle est la relation dose-risque entre les doses cumulées par les travailleurs du nucléaire et la mortalité par cancer solide et par leucémie ?
  - Les relations dose-risque observées chez les travailleurs sont-elles cohérentes avec celles observées chez les survivants d'Hiroshima et Nagasaki ?
  - Quel est l'apport de ces résultats par rapport au système de radioprotection actuel ?
  - Quantifier les risques de décès par cancer et maladies non cancéreuses associés à des doses faibles répétées de RI



# Résultats Inworks: impact des faibles doses sur les leucémies et les cancers ?



## Sur les leucémies

Existence d'un sur risques sur certains types de Leucémie lors d'expositions chroniques répétées aux faibles doses sur certains types de leucémies, malgré plusieurs études de qualité inégales

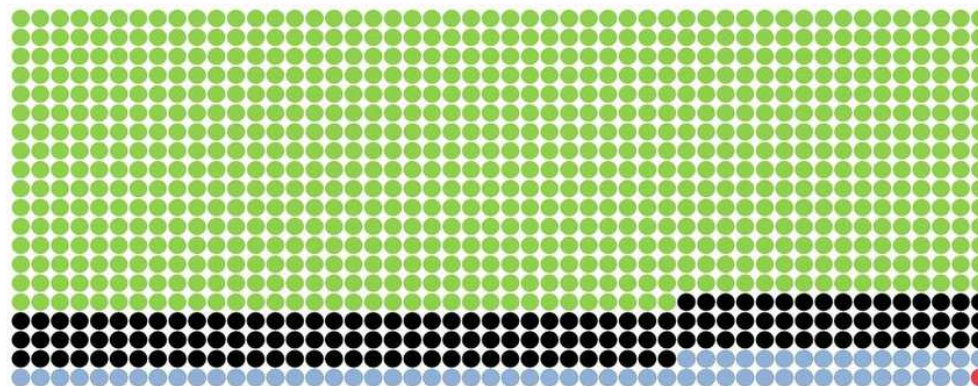
la **probabilité additionnelle de décès par leucémie** attribuable à l'exposition aux rayonnements ionisants est de l'ordre à **1 décès pour 10 000 individus** probabilité globale observée de décès par leucémie qui est d'environ 2 décès pour 1 000 individus.

## Sur les cancers

il apparait que la **proportion de décès attribuable à l'exposition externe aux rayonnements** au sein de la population d'INWORKS **est de l'ordre de 1%** (dosimétrie moyenne cumulée < 100 mSv) de l'ensemble des 19064 décès par cancer

### Ordres de grandeurs des risques attribuables

Sur 1000 travailleurs



216 décès

dont 64 par tous cancers

dont 1 attribuable à l'exposition aux rayonnements ionisants

(basé sur la cohorte INWORKS : 308 297 travailleurs suivis pendant 27 ans – âge à la fin du suivi 58 ans)

IRSN

# Etude de la mortalité et de la morbidité de travailleurs du nucléaire d'EDF et d'entreprises prestataires

## 2020-2022: POURSUITE ÉLARGISSEMENT DES ÉTUDES DES TRAVAILLEURS (IRSN)

- Objectif :

- ✓ Suivi épidémiologique des travailleurs embauchés à EDF et surveillés pour une exposition professionnelle aux rayonnements ionisants;
- ✓ Bilan de santé des travailleurs d'EDF;
- ✓ Améliorer les connaissances sur les effets sanitaires d'une exposition répétée à de faibles doses de rayonnements ionisants.
- ✓ Etude de faisabilité du suivi d'une cohorte de salariés d'entreprises sous-traitantes d'EDF (années 2005-2019).

- Finalité :

- ✓ Suivi sanitaire des travailleurs d'EDF

### UN DÉFICIT DE MORTALITÉ\*

par rapport à la population générale française.

- Observé sur la période 1968-2014
- Expressions du classique « effet du travailleur sain » des cohortes professionnelles dû à différents phénomènes (dont la sélection à l'embauche d'individus en suffisamment bonne santé pour pouvoir travailler et un suivi médical régulier)
- Image générale à compléter par l'analyse des relations entre expositions et risques.

### UN DÉFICIT SIGNIFICATIF DE L'INCIDENCE DES CANCERS SOLIDES\*

par rapport à la population générale française.

- Observé sur la période 1978-2006, d'après les données du Service Général de Médecine de Contrôle, couvrant uniquement les travailleurs actifs
- « effet du travailleur sain »
- Image également à compléter par le suivi des travailleurs retraités et par l'analyse des relations entre expositions et risques

# Etudes leucémies de l'enfant

- Rare mais cancer le plus fréquent de l'enfant (29% des cas)
- Fréquence un peu plus élevée chez le garçon
- Origines: probablement multiples
  - Facteurs génétiques
  - Facteurs environnementaux: plusieurs études sur expositions suspectées (Etude GEOCAP)
    - Lignes à haute tension
    - Radon
    - Emanations circulation routières
    - Rayonnement ionisant et proximité des CNPE
- Etude GEOCAP: résultats
  - Cohorte d'enfants de moins de 15 ans ayant présenté une leucémie
  - l'étude observe un excès potentiel de leucémies infantiles dans un rayon de 5 km autour des centrales nucléaires françaises sur la période 2002-2007.
    - Ce résultat repose sur des effectifs très faibles (14/7), et n'est pas confirmé sur une période plus longue (1990-2001) ou lorsque l'on utilise un zonage fondé sur la modélisation des rejets gazeux des centrales.
    - Cette observation pourrait être due à des facteurs de risque non déterminés présents à proximité des installations nucléaires (autres facteurs environnementaux, génétiques et socio économiques).

# Etude Santé Publique France sur les populations environnantes de 7 CNPE

Au total, 337 communes ont été incluses, représentant 66,8 % de la population adulte (plus de 445 000 personnes) résidant dans un rayon de 20 km autour de 7CNPE

Pour six CNPE, les registres départementaux fournissaient les données d'incidence des 12 pathologies étudiées : les cancers du sein (chez la femme uniquement), de l'ovaire, de la thyroïde, du système nerveux central et de la vessie, différents types d'hémopathies malignes. Seules les données d'incidence des cancers de la thyroïde étaient disponibles autour du CNPE de Chooz,

Les analyses indiquent

un excès de risque de cancer de la vessie dans les deux sexes : n'est plus significatif après exclusion de la zone de Flamanville-La Hague ce qui suggère le rôle de facteurs propres à cette zone, possiblement liés à l'activité du centre de retraitement (émissions de composés chimiques cancérologènes pour la vessie, notamment d'arsenic).

Un déficit de cas de cancer de la thyroïde chez les femmes

Concernant les hémopathies malignes, une seule association émerge, négative avec la leucémie lymphoïde chronique/lymphome à petits lymphocytes



# Etude pilote CNPE St ALBAN 2019-2021



- **Les résultats acquis dans l'environnement de la centrale et les informations recueillies sur les modes de vies des riverains ont permis de calculer l'exposition induite par les rejets de la centrale selon plusieurs scénarios réalistes. Cette exposition liée aux rejets varie entre 0,08 et 0,25  $\mu\text{Sv}/\text{an}$  en fonction du lieu d'habitation et de travail, des habitudes alimentaires, du point de captage d'alimentation en eau potable et du temps passé dans la zone d'étude.** Ces estimations de doses sont cohérentes avec celles estimées dans le cadre du bilan de l'état radiologique de l'environnement Français et proches de celles estimées par EDF sur la base des rejets réels (0,12 à 0,16  $\mu\text{Sv}/\text{an}$  entre 2019 et 2021). Ces valeurs sont très inférieures, de plusieurs ordres de grandeur, à la limite d'exposition du public applicable aux populations fixés par la réglementation qui est de 1000  $\mu\text{Sv}/\text{an}$  (en dehors des expositions médicales et naturelles).



# Conclusions



# Conclusions



- Plusieurs études épidémiologiques d'ampleur se succèdent et se poursuivent sur les populations de travailleurs du nucléaire au niveau mondial, auxquelles participe EDF. Pas de lien avéré pour les populations environnantes pour les expositions chroniques apparentées aux effets des faibles doses.
- Les expositions aux rejets de la centrale restent très faibles, sans modification des estimations initiales (estimation de la radioactivité naturelle et artificielle de la population française)

## Article de presse: République du Centre (2019)

*Jean-Claude Desenclos, directeur scientifique de Santé Publique France, fait part d'une cartographie de l'incidence et de la mortalité des cancers par région. Sujet euphorisant s'il en est ! Si des études n'ont pas été effectuées près de la centrale de Saint-Laurent – seuls 20 % du territoire national sont couverts – une modélisation permet de disposer de données départementales et régionales. Il en ressort que la région Centre-Val de Loire est à l'image du pays, les départements d'Indre-et-Loire, du Loir-et-Cher et du Loiret connaissant un peu moins de cancers que leurs voisins. Et chose extraordinaire, qu'on trouverait d'une manière générale moins de cancers près des centrales que loin d'elles ! « Attention, je ne dis pas que les centrales protègent du cancer ! » Parmi les explications, on peut avancer que le « rayonnement » d'une centrale favorise le bien-être économique. Car les régions en grande difficulté économique connaissent les comportements à risque les plus délétères*