

# Méthode d'estimation des impacts sanitaires dans le domaine des rayonnements ionisants

O. Catelinois

Journées SFRP sur la surveillance de la radioactivité dans l'environnement

# Contexte

- **Augmentation importante de l'incidence des cancers dans les pays industrialisés**
  - ✓ Depuis 2004 : cancer = 1<sup>ère</sup> cause de mortalité en France
  - ✓ 152 708 décès en 2004 causés par cancers (*environ 320 000 cancers incidents*)
  - ✓ 147 323 décès en 2004 causés par maladies cardiovasculaires
- **Les rayonnements ionisants font partie des facteurs de risque bien identifiés des cancers**
  - ✓ Nombreuses connaissances acquises grâce aux études épidémiologiques
- **Une prise de conscience très précoce**
  - ✓ Création du Comité International de Protection dès 1928
  - ✓ Nombreuses évolutions de la radioprotection
- **Multiplication des demandes d'estimation des impacts sanitaires**
  - ✓ Dans le cadre des CLIS
  - ✓ A la suite de la découverte de marquages dans l'environnement
  - ✓ ...

# Une séquence d'impact à s'approprier

1. Émissions	Bq.s <sup>-1</sup>
2. Concentrations dans l'environnement	Bq.m <sup>-2</sup> , Bq.m <sup>-3</sup> , Bq. L <sup>-1</sup> ou Bq.Kg <sup>-1</sup>
3. Impact dosimétrique	Gy ou Sv
4. Évaluation des risques / Risque sanitaire	ERI
5. Impact sanitaire	Nombre de cas ou nombre de morts
6. Étude épidémiologique	Relation dose-réponse

1 → 2 : Logiciels de dispersion

2 → 3 : Calcul de dose

3 → 4 : Évaluation des risques, relations dose-réponse

4 → 5 : Calcul d'impact sanitaire, besoin de données de population

# Dose équivalente

- **Définition**

Grandeur qui tient compte de l'efficacité biologique des rayonnements ionisants à induire des effets stochastiques à faible dose ou débit de dose

- **Formule de calcul**

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

avec

$D_{T,R}$  = Dose absorbée moyenne dans le volume des organes ou tissus

$W_R$  = Facteur de pondération radiologique (CIPR 60), spécifique de la nature du rayonnement

- **Unité**

Gray (Gy)

Sievert (Sv) = 100 rem

# Dose efficace

- **Définition**

Grandeur calculée en sommant les doses équivalentes pondérées par un facteur  $w_T$ , qui tient compte de la radiosensibilité de chaque tissu et de la gravité des effets qui peuvent s'y manifester

Permet de combiner les doses délivrées à plusieurs tissus ou organes différents et d'obtenir une estimation du détriment sanitaire

- **Formule de calcul**

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

- **Unité**

Sievert (Sv)

- **À noter,**

Modifications dans la CIPR103 du  $w_T$  pour le sein, les gonades et les « autres tissus » (*glandes surrénales, cerveau, gros intestin, intestin grêle, reins, muscles, pancréas, rate, thymus et utérus*)



# Détriment (CIPR 60 et 103)

Approche agrégative du détriment dans le calcul de la dose efficace

## **4 composantes**

Probabilité de cancer mortel attribuable

Probabilité pondérée d'un cancer non mortel attribuable

Probabilité pondérée d'effets héréditaires graves

Durée relative de perte de vie

# Pertinence de l'indicateur dose efficace

- **Comparer différentes options de protection pour éclairer une décision concrète**

Exemple : radioprotection des travailleurs et mise en perspective avec la réglementation

- **Estimer le nombre d'effets attendus**

Exemple : apprécier la faisabilité d'une étude épidémiologique

- **Évaluer l'impact global**

Exemple : comparer l'impact d'une source par rapport à une autre surveillance des rejets dans l'environnement et mise en perspective avec la réglementation

 *Utilisation essentiellement réglementaire*

 *Indicateur de gestion*

 *Ne permet pas d'estimer un impact sanitaire  
(nombre de décès ou de cas attribuables)*

# Quelques connaissances en épidémiologie

- **Qu'est-ce que l'épidémiologie ?**

Étude de la distribution des fréquences des maladies chez l'homme et de leurs déterminants (*B. Mac Mahon, TF. Pugh ; 1960*)

- **Quels sont les principaux types d'études épidémiologiques ?**

Études descriptives = description de l'évolution et de la répartition des maladies

Études analytiques = recherche et identification des facteurs de risques des maladies

- **Qu'est-ce qu'un registre des cancers ?**

Enregistrement systématique de tous les nouveaux cas de cancers sur un territoire

Données qui permettent ensuite de faire des études descriptives

Nécessite une dizaine d'années avant de disposer de données de qualité (exhaustivité, validité)

## Études descriptives

### Objectif

Description de l'évolution et de la répartition des maladies

### Méthodes

- Recueil de données sanitaire sur des POPULATIONS (de mortalité ou d'incidence par exemple)
- Analyse de la répartition dans l'espace et de l'évolution dans le temps des maladies

### Limites

- Faisabilité uniquement si données disponibles (ou accessibles)
- Permet de mettre en évidence des particularités sur un territoire (surmortalité ou surincidence d'une maladie par exemple) MAIS PAS D'EN IDENTIFIER LA CAUSE
- Risque de ne pas mettre en évidence des particularités qui existe si population d'étude de petite taille

## Études analytiques

### Objectif

Recherche et identification des facteurs de risques des maladies

### Méthodes

- Recueil de données INDIVIDUELLES sur la santé et l'exposition des personnes incluses dans l'étude
- Comparaison : les cas ont-ils été plus exposés que les témoins ? les exposés sont-ils plus malades que les non exposés ?

### Limites

- Nécessite d'avoir des hypothèses sur les facteurs de risque
- Recueil de données individuelles pas toujours faisable, toujours compliqué
- Risque de ne pas identifier des facteurs de risque qui existent si petit nombre de personnes incluses dans l'étude



# Place de l'épidémiologie en radioprotection

## 1. Description du risque sur les données observées

- Identification des dangers associés
- Coefficient de risque primaire
- Quantification de la relation exposition-risque ou dose-réponse, choix du modèle, contrôle des facteurs de confusion, inférence à partir de l'expérimentation

## 2. Inférences (extrapolation, transposition et analogie)

- Relation de portée générale
- Estimations en deçà des points observés (extrapolation), au delà de la durée d'observation (projection), à d'autres populations (transposition), à d'autres conditions d'irradiation (analogie)

## 3. Mesure de l'effet, indicateurs de synthèse

- Analyse l'impact sanitaire
- Perte d'espérance de vie, excès de mortalité par cancer sur la vie entière attribuable à une exposition

# Démarche classique d'évaluation des risques

Identification du potentiel dangereux

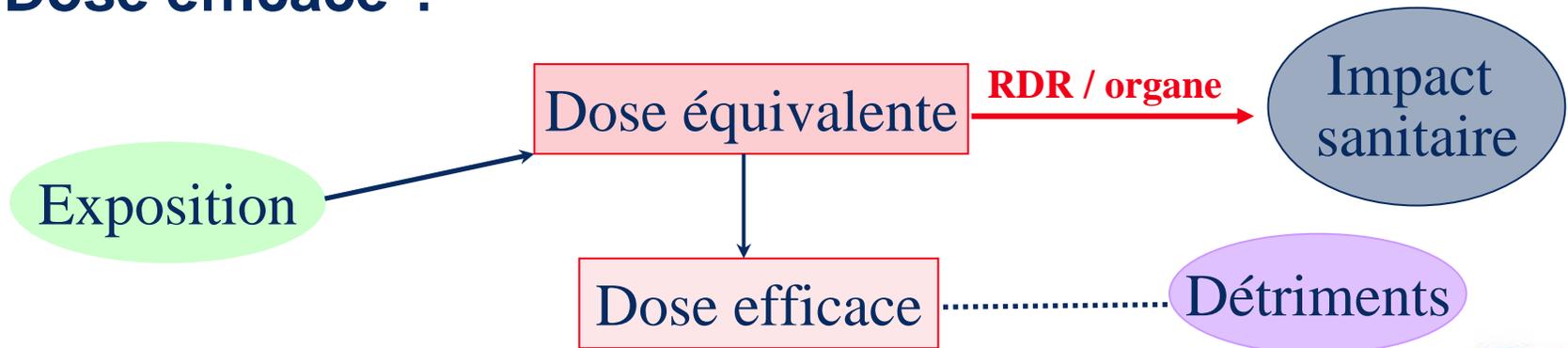
Estimation des relations dose-réponse

Évaluation des expositions

Caractérisation du  
risque

# Évaluation du risque

- **Radionucléides**  
Tous les émetteurs X et gamma
- **Danger**  
Mortalité par cancer
- **Type de rayonnement**  
X et gamma
- **Mesure de l'exposition**  
Externe : mesure individuelle  
Interne : prise en compte qualitative (« flag »)
- **Dose efficace ?**



# Le radon : un cas particulier

- **Radionucléides**

Radon 220, 222 et descendants

- **Danger**

Mortalité par cancer du poumon

- **Type de rayonnement**

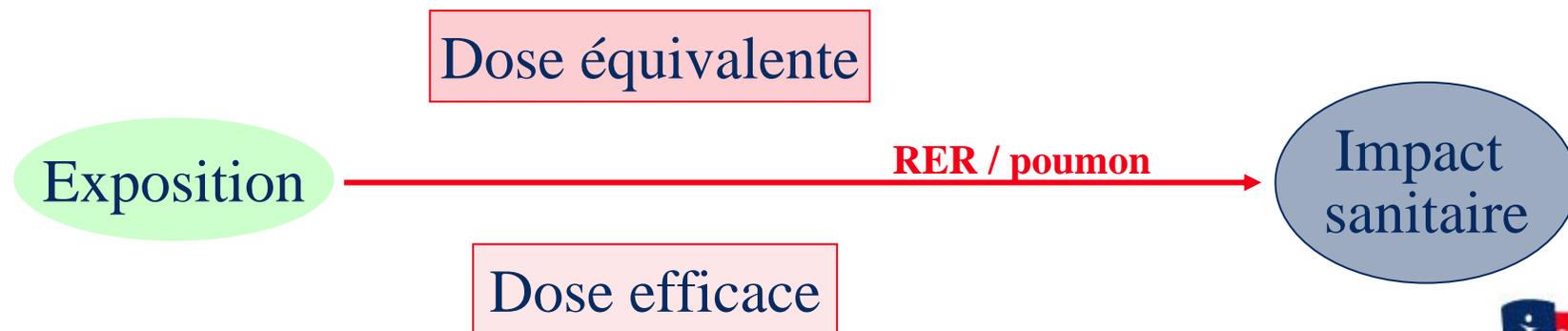
Essentiellement alpha

- **Mesure de l'exposition**

Exposition au radon mesurée individuellement

Exprimée en WLM (concentration en Bq/m<sup>3</sup> \* durée d'exposition)

- **Dose efficace ?**





# Utilité et indications de l'évaluation des risques

## 1. Sensibiliser à l'importance d'un problème

Population concernée  
Professionnels de santé publique  
Autorités nationales ou locales

## 2. Examiner la pertinence d'une action de prévention

Exemples : amiante, plomb, radon...

## 3. Définir une stratégie d'action

Exemples : pollution atmosphérique, sites pollués...

## 4. Examiner la pertinence d'une étude

Surveillance  
Épidémiologique  
Dépistage  
Prise en charge médicale

## 5. Calcul d'un impact sanitaire

Exprimer le résultat sous "une forme permettant le débat contradictoire"

# Application des résultats épidémiologiques dans les évaluations des risques

## Extrapolation

La relation de type linéaire ajustée aux fortes doses est valide aux faibles doses

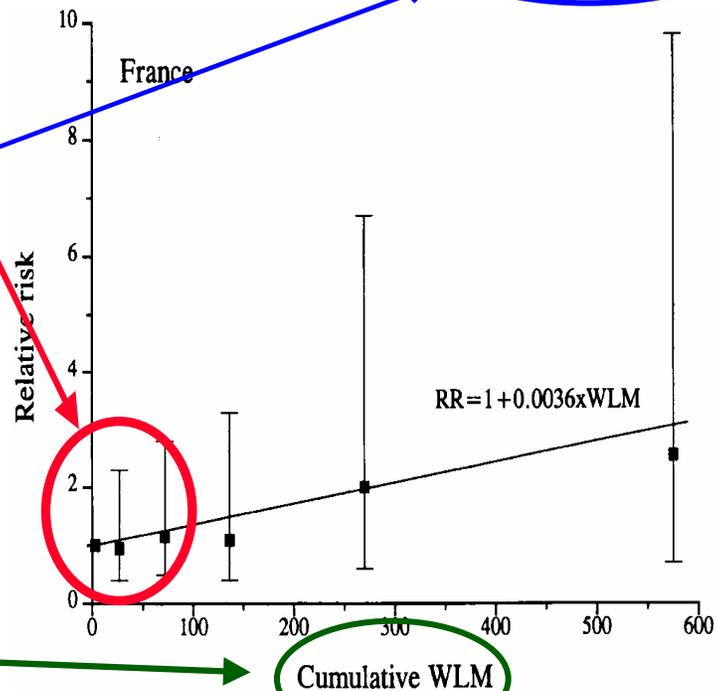
## Transposition

La relation est valide pour la population générale

## Analogies

Le mélange du radon et des descendants dans les maisons a le même potentiel cancérigène que celui des mines...

Ajustement sur les mineurs Français d'uranium



# Conclusions

- **De nombreux outils**
- **Choix des outils en fonction**
  - de la question posée
  - de la situation (urgence ou non)
  - de la grandeur de la population potentiellement impactée
  - des expositions et des pathologies suspectées
  - des outils de surveillance environnementale et sanitaire disponibles
  - ...
- **Interprétation des résultats en fonction des incertitudes**
  - Autour de la dose (facteurs de dose)
  - Autour de la relation dose-réponse ou exposition-réponse
  - Autour de la caractérisation de la population
  - ...



**Avant de prendre des décisions, besoin d'une concertation préalable et d'étudier la faisabilité des différentes options méthodologiques**