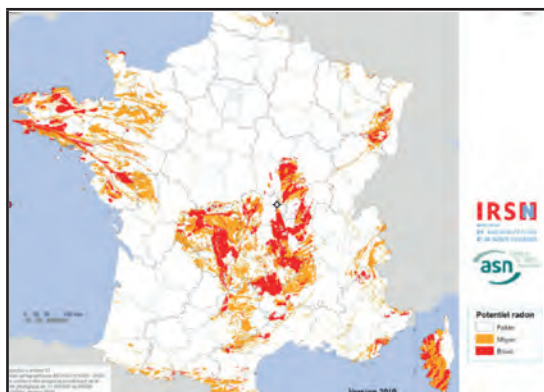


## Radioactivité et risques sanitaires

### HISTORIQUE DE LA RADIOACTIVITÉ



### RISQUES SANITAIRES ET RADIOACTIVITÉ



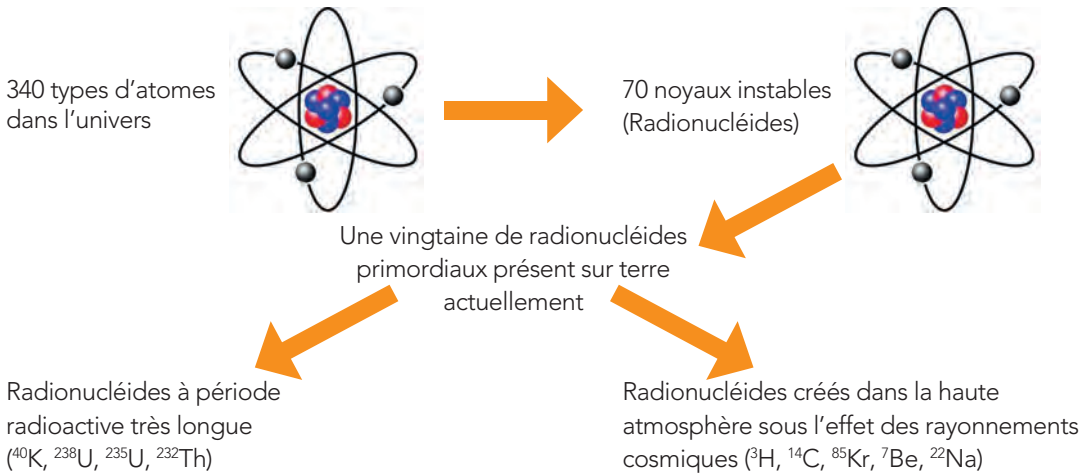
La présence de radioéléments est fréquente à très faible concentration en particulier sur les eaux issues d'un système hydrominéral profond associé à une assise plutonique ou volcanique

Ces éléments indésirables entrent dans les études d'impacts et de risque sanitaire.

Les caractéristiques spécifiques de ces éléments, et en particulier leur émission spontanée, sont aussi mises à profit lors de la prospection de ces eaux :

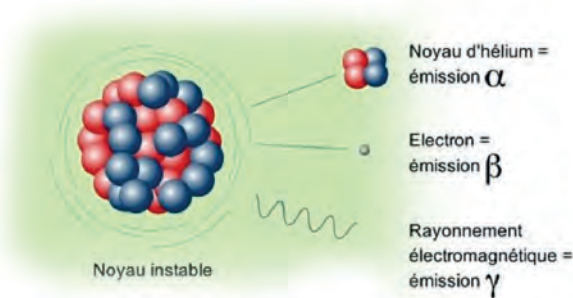
- dans les prospection radon afin de profiler le circuit hydrominéral, mais aussi de caractériser la géologie (indicateur de fracture) ;
- dans la datation des eaux thermales afin de mieux apprécier leur parcours souterrain.

## LE PHÉNOMÈNE DE LA RADIOACTIVITÉ

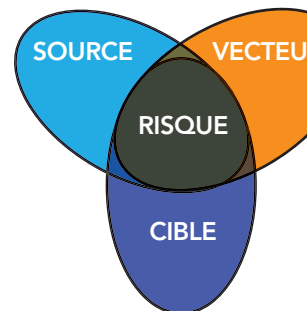


La plupart de ces radionucléides se désintègrent directement en éléments stables, trois d'entre eux ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) ont plusieurs descendants radioactifs (familles ou chaînes de désintégration comportant chacune entre dix et quinze radionucléides différents).

- Un phénomène spontané
- Différents types de rayonnements



RAYONNEMENTS	PARCOURS AIR	ÉCRANS MATIÈRE
$\alpha$	mm	Papier Peau
$\beta$ «mou»	cm	Gant Tissus
$\beta$ «dur»	m	Plexiglas Aluminium
$X\gamma$ et neutron	Plusieurs mètres	Béton Acier Plomb



## CARACTÉRISATION ET RÉGLEMENTATION

Arrêté du 5 mars 2007 relatif à la constitution du dossier de demande d'autorisation d'exploiter une source d'eau minérale naturelle ... **nécessité de faire une analyse de la radioactivité.**

- Analyse de la radioactivité : activité alpha globale (2)
- Activité bêta globale (2)
- Tritium (2)
- Autres radionucléides pour le calcul de la dose totale indicative (DTI) (2)

(2) En cas de valeurs de :

- l'activité alpha globale supérieures à 0,1 Bq/l ou de
- l'activité bêta globale supérieures à 1,0 Bq/l ou du
- tritium supérieures à 100 Bq/l,

il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques (arrêté du 12 mai 2004 fixant les modalités de contrôle de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine, mentionné à l'article R. 1321 20 du code de la santé publique).

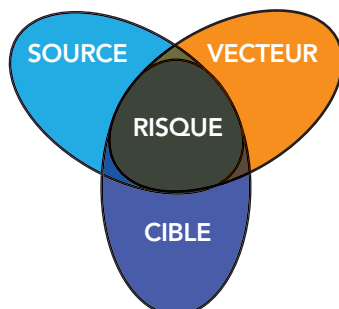
## LES UNITÉS ET DÉFINITIONS IMPORTANTES

Les unités de mesure de la radioactivité



## UNE APPROCHE SANITAIRE INTÉGRALE : MÉTHODOLOGIE

Modèle d'évaluation des risques radiologiques : concept « sources-vecteurs-cibles » identique à celui de l'évaluation du risque chimique.



Méthodologie similaire, qu'elle soit appliquée à un site pollué, une installation classée pour la protection de l'environnement ou bien **un projet pour lequel il est nécessaire d'évaluer l'impact potentiel sur la santé humaine. Cette méthodologie est utilisée comme un outil de gestion du risque.**

Le transfert des contaminants, l'eau thermale, vers le point d'exposition, le baigneur : **logiciel de modélisation MODUL'ERS de l'INERIS** (calcul des niveaux d'exposition et des niveaux de risque en fonction du temps).

**Nécessité d'une analyse critique des données fournies au logiciel de modélisation et des résultats par un ingénieur spécialisé dans les études de risques sanitaires.**

## UNE APPROCHE SANITAIRE INTÉGRALE : SOURCES, VECTEURS ET CIBLES

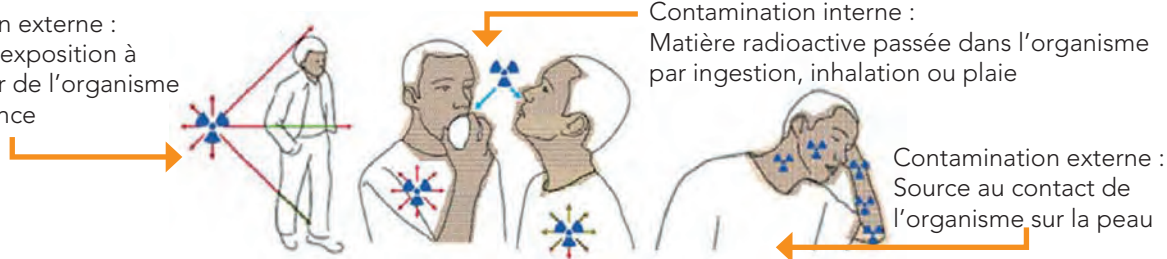
Source : certaines eaux thermales avec leur radioactivité

Vecteur : l'eau et l'air avec diverses voies d'exposition

Sources	État physique de l'eau	Vecteur	Voie d'exposition	Exposition potentielle
Eau thermale	Liquide	Eau	Externe cutanée	Exposition externe par baignade : $E_{\text{baignade}}$
			Interne digestive	Exposition interne par ingestion d'eau par inadvertance : $E_{\text{ingestion-eau par inadvertance}}$
	Liquide (aérosols gouttelettes)	Air	Externe	Exposition externe à l'air : $E_{\text{panache}}$
			Interne respiratoire	Exposition interne par inhalation : $E_{\text{inhalation-activités}}$

Cible : le baigneur

Exposition externe :  
Source d'exposition à l'extérieur de l'organisme et à distance



Contamination interne :  
Matière radioactive passée dans l'organisme par ingestion, inhalation ou plaie

Contamination externe :  
Source au contact de l'organisme sur la peau

## UNE APPROCHE SANITAIRE INTÉGRALE : ÉVALUATION DU RISQUE

Estimation des concentrations au point d'exposition

Type d'exposition	Calcul de la dose efficace en mSv et comparaison vis à vis de la valeur seuil de 0.1	Evaluation du risque
Exposition externe par baignade	X	Oui ou non
Exposition interne par ingestion d'eau par inadvertance	Y	Oui ou non
Exposition externe à l'air	Z	Oui ou non
Exposition interne par inhalation	W	Oui ou non

Exemple :

Doses efficaces totales	Dose efficace en mSv	
	Enfant	Adulte
Exposition externe par baignade	2.04E-04	2.04E-04
Exposition interne par ingestion d'eau par inadvertance	1.46E-02	2.48E-02
Exposition externe à l'air	1.08E-07	1.08E-07
Exposition interne par inhalation	3.28E-02	2.39E-02
<b>Doses totales</b>	<b>4.76E-02</b>	<b>4.88E-02</b>

## UNE APPROCHE SANITAIRE SIMPLIFIÉE : COMPARAISON AVEC LA RÉGLEMENTATION SUR L'EAU POTABLE

La dose totale indicative (DTI) représente la dose efficace résultant de l'incorporation des radionucléides présents dans l'eau durant une année de consommation. Elle est obtenue par le calcul en considérant que la consommation quotidienne d'eau est de 2 litres (Unité : mSv/an).

	Activité Tritium Bq/L	Activité $\alpha$ globale Bq/L	Activité $\beta$ globale Bq/L	Radon 222 Bq/L	Dose totale indication pour une consommation de 730 L/an mSv/an	Dose totale indication pour une consommation de 100 mL/jour soit 36L/an mSv/an
Unité	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	mSv/an	mSv/an
Référentiel qualité eau potable * Eau minérale pour les nourrissons (AFSSA 2 décembre 2003)					> 1 : eau déconseillée pour la boisson et la fabrication d'aliments	
		0,1 *	1 *	100 *	> 0,3 et <1 : eau déconseillée pour les nourrissons et les femmes enceintes	
					>0,1 et <0,3 : pas de restriction d'usage	
					<0,1 : inférieur au référentiel de qualité *	
Eau étudiée	<10	2,44 $\pm 0,9$	2,65 $\pm 1,06$	10,3 $\pm 5,9$	0,57	0,03

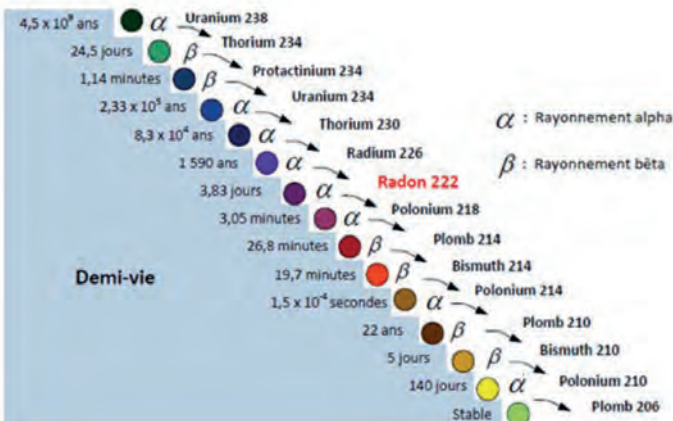
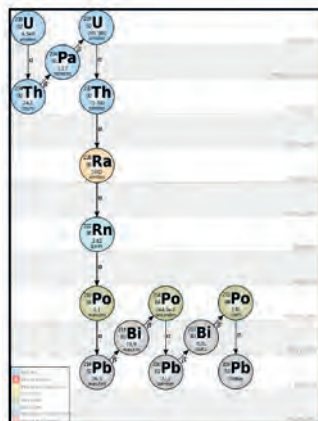
## UNE APPROCHE SANITAIRE INTÉGRALE : NOTION DE DOSES

Dose équivalente biologique	dose à l'organe qui permet d'estimer l'effet subi par un type de tissu ou organe exposé à une radioactivité.	Unité : Sv
<b>Dose efficace</b>	permet d'évaluer l'exposition du corps entier aux rayonnements et d'estimer les dommages subis par l'ensemble de l'organisme. La dose efficace est la somme des doses équivalentes délivrées aux différents tissus ou organes du corps par exposition externe et interne.	Unité : Sv
Coefficient de Dose (CD) ou la dose par unité d'incorporation (DPUI)	dose reçue par un individu exposé à des rayonnement. Il est utilisé pour les calculs des doses équivalente ou efficace qui sont des indicateurs de la probabilité d'apparition des effets stochastiques des rayonnements (Analogie avec les effets sans seuils - ERU). Lorsque les doses absorbées se trouvent au delà des seuils d'apparition des effets déterministes on utilise la dose absorbée WT (Analogie avec les effets à seuils).	Unité : fonction du type d'exposition

Le code de la santé publique (article R1333 8 du code de la santé publique) fixe à 1 mSv/an la limite maximale des expositions que peuvent recevoir les membres de la population.



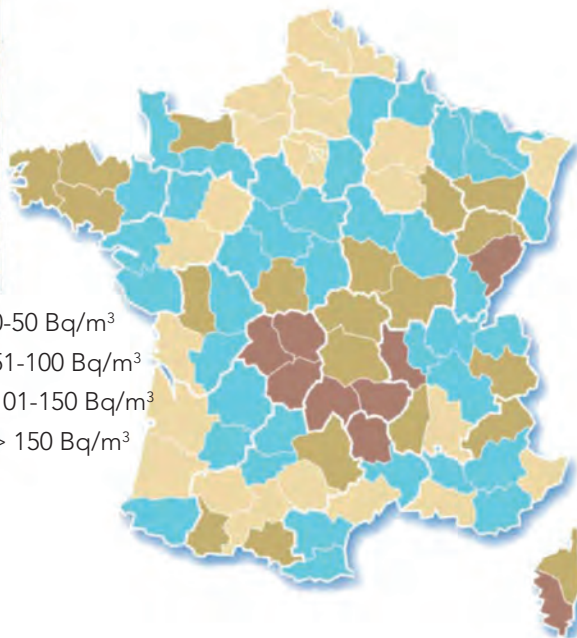
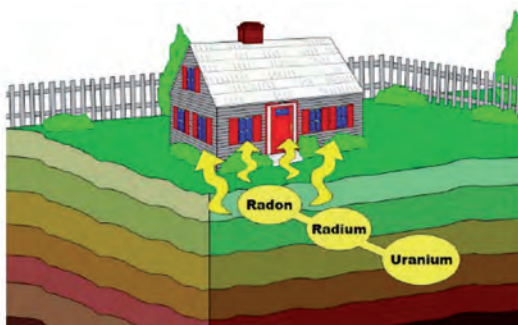
## LE RADON



ALPHA : faisceau de noyaux d'hélium composé de deux protons et deux neutrons.

BÊTA : électron ou d'un antiélectron / cause plus de dégâts que le rayonnement alpha car chargé électriquement.

GAMMA : photons de haute énergie, sorte de rayonnement X super puissant



Seuil : 300 Bq/m<sup>3</sup>

Moyenne d'exposition en France : 1,43 mSv/an

## LA RÉGLEMENTATION RADIOPROTECTION

La réglementation française pour la protection des personnes contre les risques liés aux rayonnements ionisants résulte de la transposition de la directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013, au sein des articles L. 4451-1 et suivant de R 4445-1 et suivants du Code du travail.

- Décret n° 2018-434 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire
- Décret n° 2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants
- Décret n° 2018-438 du 4 juin 2018 relatif à la protection contre les risques dus aux rayonnements ionisants auxquels sont soumis certains travailleurs
- Code du travail
- Code de la santé publique
- Décrets, arrêtés, décisions