

N. MAURILLON
hydrogéologue
EAUGEO Environnement



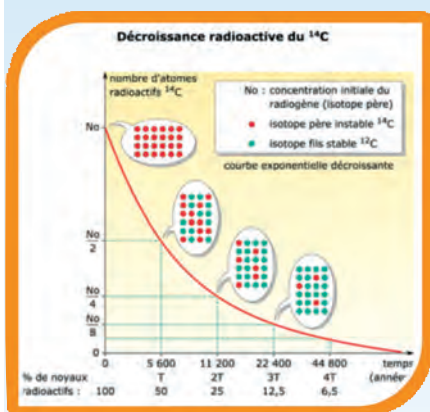
C. LAMOTTE (BRGM)



Géosciences pour une Terre durable

brgm

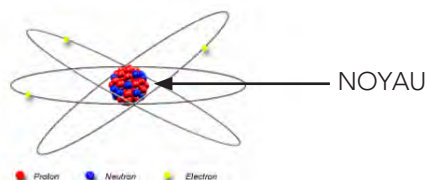
LE DOSSIER



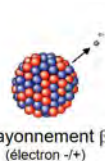
Qu'est-ce que LA RADIOACTIVITÉ ?

■ LA RADIOACTIVITÉ EST UN PHÉNOMÈNE NATUREL, qui existe depuis la formation des atomes, à la création de la Terre.

Certains atomes ont des noyaux instables
→ radionucléides → désintégration → autre atome



Rayonnement α
(atome Hélium 4)



Rayonnement β
(électron -/+)



Rayonnement γ
(onde électromagnétique)

■ RAYONNEMENT ET DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

Les principaux radionucléides (émissions) naturellement présents dans les eaux souterraines α

Rayonnements émis	Radionucléides
Rayonnement alpha	Uranium-238 et 234, Thorium-230 et 232, Radium-226, Polonium-210, 211, 212, 214 Radon-222. Plutonium-238, 239, 240 Américium-241
Rayonnement bêta	Plomb-210, 211, 212, 214 Radium-228 Thallium-207

Types de rayonnements émis par les radionucléides (Gambini, Granier, 1997).

Chaque radionucléide reste radioactif pendant une durée qui lui est propre. Celle-ci est définie par ce que l'on appelle la période radioactive (temps au bout duquel la moitié de la quantité d'un même radionucléide aura naturellement disparu par désintégration).

Le saviez vous ?

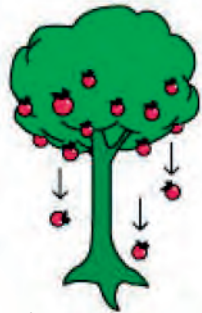
L'uranium 238 a une période radioactive de 4,5 milliards d'années, soit l'âge de la Terre ! Ainsi, la moitié de l'uranium 238 présent lors la création de notre planète a aujourd'hui disparu par désintégration naturelle. En se désintégrant, il a donné naissance à de nombreux autres atomes radioactifs comme le radium 226, le radon 222 ou le polonium 210.

Afth

■ INTENSITÉ DE LA RADIOACTIVITÉ (ACTIVITÉ)

À l'état naturel, certains radionucléides sont faiblement radioactifs, alors que d'autres sont très radioactifs. Pour deux échantillons de matière contenant chacun des radionucléides de deux types différents, on peut ainsi passer d'une radioactivité de quelques dizaines de becquerels à plusieurs millions de milliards de becquerels par gramme.

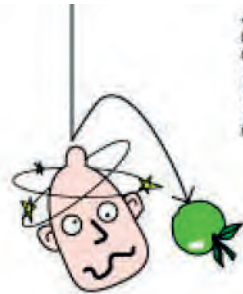
Radioélément	Période	Activité massique
Iode 131	8 jours	4,6 millions de milliards de Bq/g
Césium 137	30 ans	3 200 milliards de Bq/g
Plutonium 239	24 000 ans	2,3 milliards de Bq/g
Uranium 238	4,5 milliards d'année	12 300 Bq/g



Le nombre de pommes qui tombent peut se comparer au **Becquerel** (nombre de désintégration par seconde)



Le nombre de pommes reçues par le dormeur peut se comparer au **Gray** (dose absorbée)

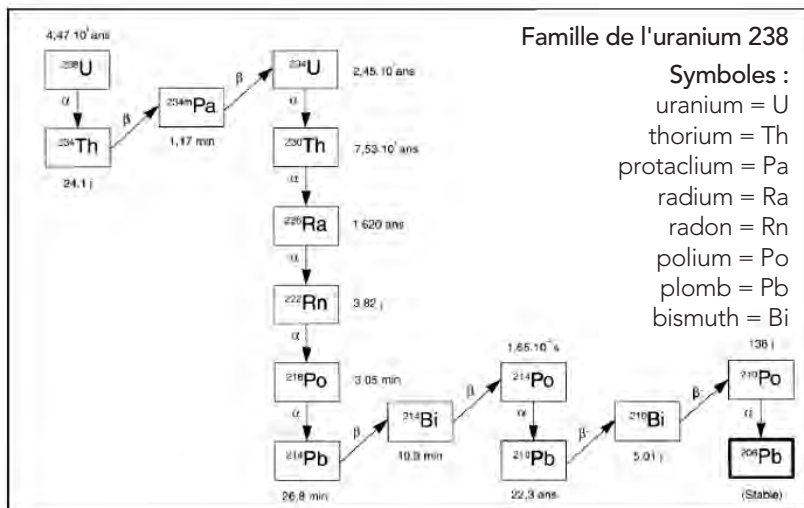


L'effet laissé sur son corps selon le poids et la taille des pommes peut se comparer au **Sievert** (effet produit)

Source : C.E.A.

■ FILIATION

Les atomes radioactifs sont instables : ils se transforment par désintégration pour devenir d'autres atomes radioactifs ou des atomes stables. Ce phénomène naturel se déroule dans un ordre et dans un laps de temps spécifique à chaque radionucléide. Cet enchaînement est appelé "chaîne de désintégration" ou "chaîne de filiation".

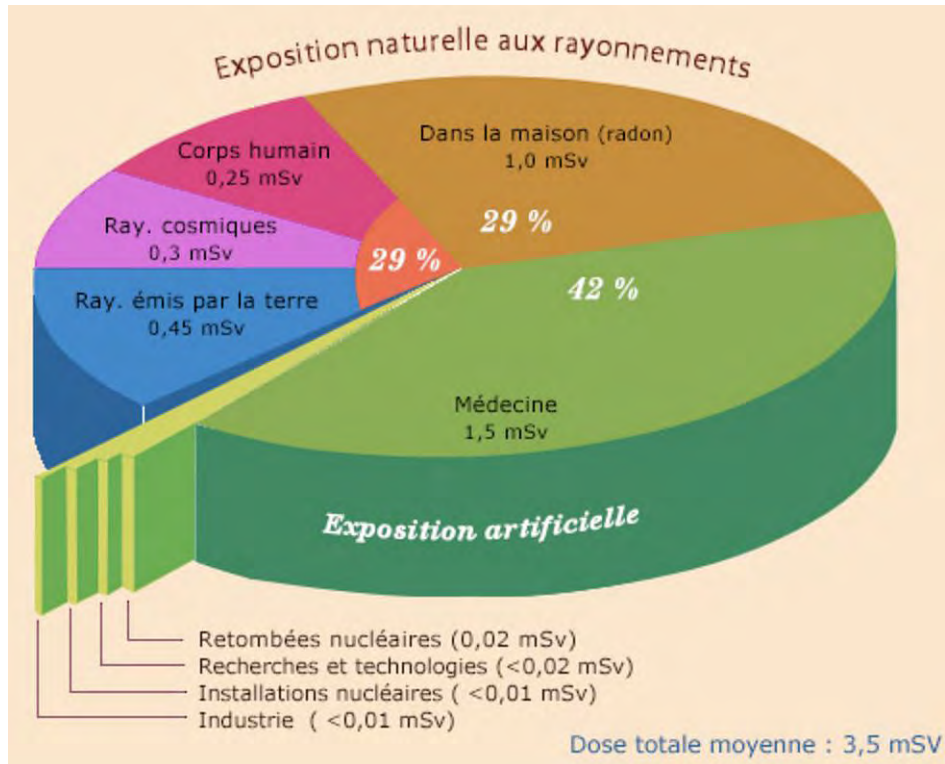


■ ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE

→ **SOLS** (^{238}U , ^{232}Th , ^{235}U) (granite > sédimentaire)

↓
Eaux souterraines
> surface

↓
Air (Radon)



■ L'ANALYSE DE LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE DANS LA RESSO DES EMN

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)

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).

Ces analyses sont reprises dans l'Arrêté du 22 octobre 2013 relatif aux analyses de contrôle sanitaire et de surveillance des eaux conditionnées et des eaux minérales naturelles utilisées à des fins thérapeutiques dans un établissement thermal ou distribuées en buvette publique.

- Dans le cadre de la RESSO ces analyses sont répétées tous les 5 ans

L'ANALYSE DE LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE DANS LA RESSO DES EMN

Radioactivité : l'activité est comparée à la limite de la détection

Strontium 90	63R0T*	<0.08	Bq/l	Compteur à gaz proportionnel	NF EN ISO 13160:2021	0.4			
Strontium 90 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Compteur à gaz proportionnel	NF EN ISO 13160:2021				
Radium 226 total	63R0T*	2.41	Bq/l	Emanométrie	NF ISO 13165-2:2020	0.02			
Radium 226 total : incertitude (k=2)	63R0T*	0.4	Bq/l	Emanométrie	NF ISO 13165-2:2020	0			
Cobalt 60	63R0T*	<0.48	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#
Cobalt 60 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#
Césium 134	63R0T*	<0.63	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#
Césium 134 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#
Césium 137	63R0T*	<0.42	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#
Césium 137 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#
Plutonium 238	63R0T*	<0.023	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13167:2016	0.04			
Plutonium 238 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13167:2016				
Plutonium 239 + 240	63R0T*	<0.012	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13167:2016	0.04			
Plutonium 239 + 240 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13167:2016				
Américium 241	63R0T*	<0.014	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13167:2016	0.06			
Américium 241 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13167:2016				
Plutonium 238 + 239 + 240	63R0T*	<0.035	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13167:2016	0.04			
Plutonium 238 + 239 + 240 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13167:2016				
Iode 131	63R0T*	<0.32	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				†
Iode 131 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				†
Plomb 210	63R0T*	0.156	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#
Plomb 210 : incertitude (k=2)	63R0T*	0.043	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#

Comme vu auparavant les unités sont les Bq/l pour l'activité radiologique et le milli-sievert par an pour la dose reçue

Radium 228	63R0T*	0.360	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#
Radium 228 : incertitude (k=2)	63R0T*	0.065	Bq/l	Spectrométrie Gamma	NF EN ISO 10703:2021				#
Radon 222	63R0T*	397.3	Bq/l	Spectrométrie gamma	NF EN ISO 13164-1:2020 et -2:2020				16
Radon 222 : incertitude (k=2)	63R0T*	33.0	Bq/l	Spectrométrie gamma	NF EN ISO 13164-1:2020 et -2:2020				16
Polonium 210	63R0T*	<0.0053	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF EN ISO 13161:2020	0.01			
Polonium 210 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF EN ISO 13161:2020				
Carbone 14	63R0T*	< 3	Bq/l	Scintillation liquide	NF EN ISO 13162:2021	3			
Carbone 14 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Scintillation liquide	NF EN ISO 13162:2021	-			
Uranium 234	63R0T*	0.025	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13166:2020	0.020			
Uranium 234 : incertitude (k=2)	63R0T*	0.011	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13166:2020				
Uranium 238	63R0T*	<0.0079	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13166:2020	0.020			
Uranium 238 : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Spectrométrie alpha	NF ISO 13166:2020				
Activité alpha globale	63R0T*	6.093	Bq/l	Compteur à gaz proportionnel	NF EN ISO 10704:2019	0.160			#

activité alpha globale : incertitude (k=2)	63R0T*	1.775	Bq/l	Compteur à gaz proportionnel	NF EN ISO 10704:2019	1.775		#
Activité bêta globale	63R0T*	4.272	Bq/l	Compteur à gaz proportionnel	NF EN ISO 10704:2019	0.525		#
Activité bêta globale : incertitude (k=2)	63R0T*	1.251	Bq/l	Compteur à gaz proportionnel	NF EN ISO 10704:2019	1.251		#
Potassium 40	63R0T*	2.654	Bq/l	Calcul à partir de K				
Potassium 40 : incertitude (k=2)	63R0T*	0.212	Bq/l	Calcul à partir de K				
Activité bêta globale résiduelle	63R0T*	1.898	Bq/l	Calcul				
Activité bêta globale résiduelle : incertitude (k=2)	63R0T*	0.556	Bq/l	Calcul				
Tritium	63R0T*	< 10	Bq/l	Scintillation liquide	NF EN ISO 9698:2019	10		#
Tritium : incertitude (k=2)	63R0T*	-	Bq/l	Scintillation liquide	NF EN ISO 9698:2019	-		#
Dose indicative	63R0T*	0.75341	mSv/an	Interprétation				

L'ANALYSE DE LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE DANS L'EAU POTABLE

Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

C. - Paramètres indicateurs de radioactivité

PARAMÈTRES	RÉFÉRENCES DE QUALITÉ	UNITÉS	NOTES
Activité alpha globale			En cas de valeur supérieure à 0,10 Bq/ L, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R. 1321-20.
Activité bêta globale résiduelle			En cas de valeur supérieure à 1,0 Bq/ L, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R. 1321-20.
Dose indicative (DI)	0,1	mSv/an	Le calcul de la DI est effectué selon les modalités définies à l'article R. 1321-20
Radon	100	Bq/ L	Uniquement pour les eaux d'origine souterraine
Tritium	100	Bq/ L	La présence de concentrations élevées de tritium dans l'eau peut être le témoin de la présence d'autres radionucléides artificiels. En cas de dépassement de la référence de qualité, il est procédé à l'analyse des radionucléides spécifiques définis dans l'arrêté mentionné à l'article R. 1321-20.

L'ANALYSE DE LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE DANS L'EAU POTABLE

Aucune étude globale sur les eaux thermales récente n'existe, seule une ancienne publication de l'INSERM de 1968 fait état de 250 sources analysées.

Concernant les EMN embouteillées une étude de 2013 a regardé 67 EMN embouteillées concluant sur :

- La conformité de 96 % des échantillons à la référence de qualité ($DTI \leq 0,1$ mSv/an) ;
- Qu'aucune valeur de concentration en uranium supérieure à 30 $\mu\text{g/l}$ n'a été mesurée dans les eaux analysées ;
- Que 6 eaux minérales naturelles présentent des DTI supérieures à 0,1 mSv/an.

Toutes les valeurs de DTI sont inférieures à 0,3 mSv/an

■ QUELQUES ÉLÉMENTS DE COMPARAISON

Quelques valeurs repères de radioactivité naturelle autour de nous

- Lait : 50 à 80 Bq/L
- Viande : 90 Bq/kg
- Pommes de terre : 100 à 150 Bq/kg
- Terre de jardin : 1 000 Bq/kg
- Sol granitique : 8 000 Bq/kg
- Eau de mer : 10 Bq/L

Infographie d'échelle de doses efficaces annuelles et ponctuelles. © CEA

