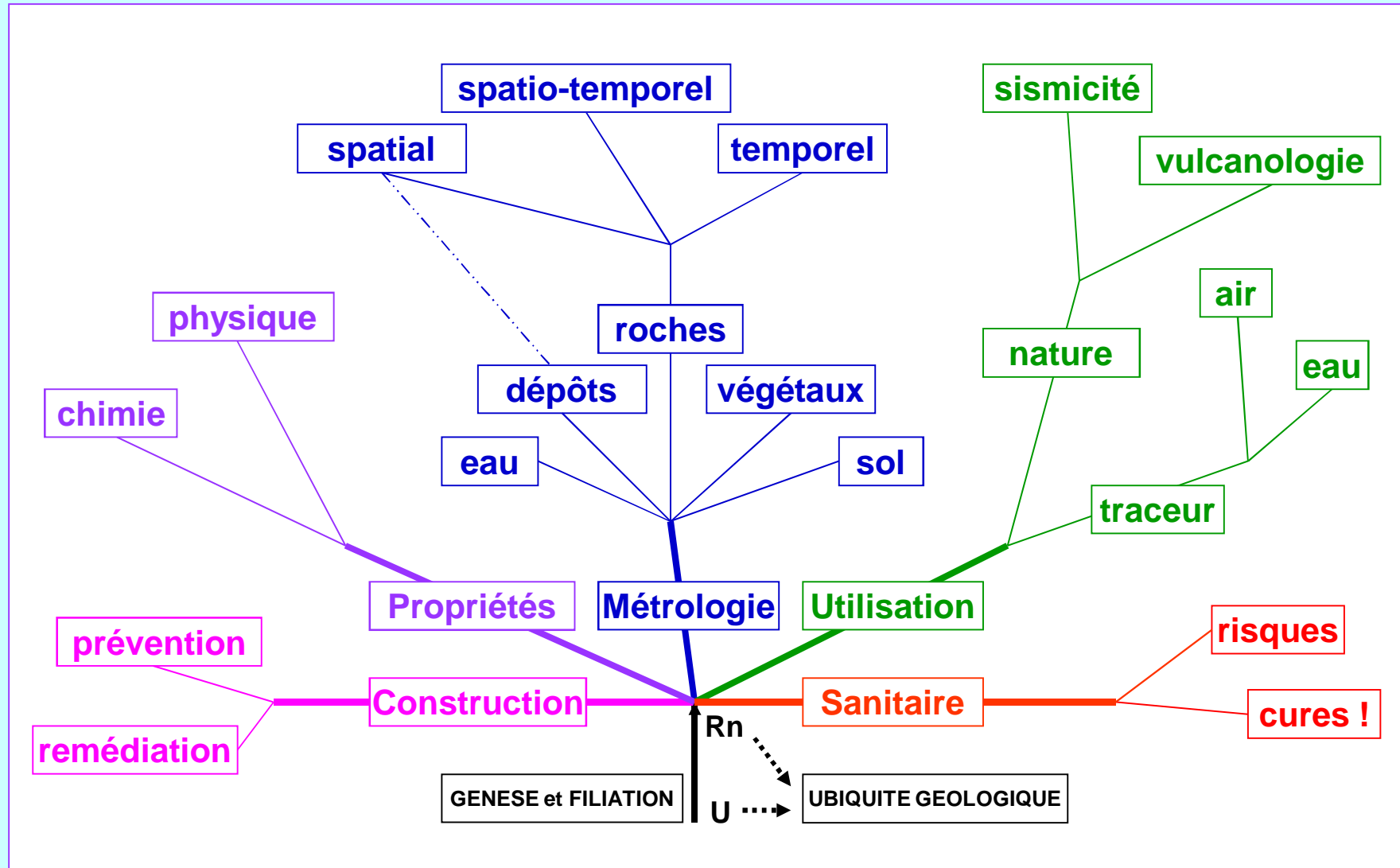


«Phylogénie» de la problématique radon



Le radon

1. Introduction:

généralités et aspects sanitaires

Radon ?

- **Gaz**

- naturel

- incolore, inodore, insipide

- **radioactif** (1/2 vie = 3,8j)

- fils du ^{222}Ra , lui-même descendant « lointain » de ^{238}U
(U: présent dans toutes les roches depuis l'origine de la terre)

- **Nuisible**

- par lui-même

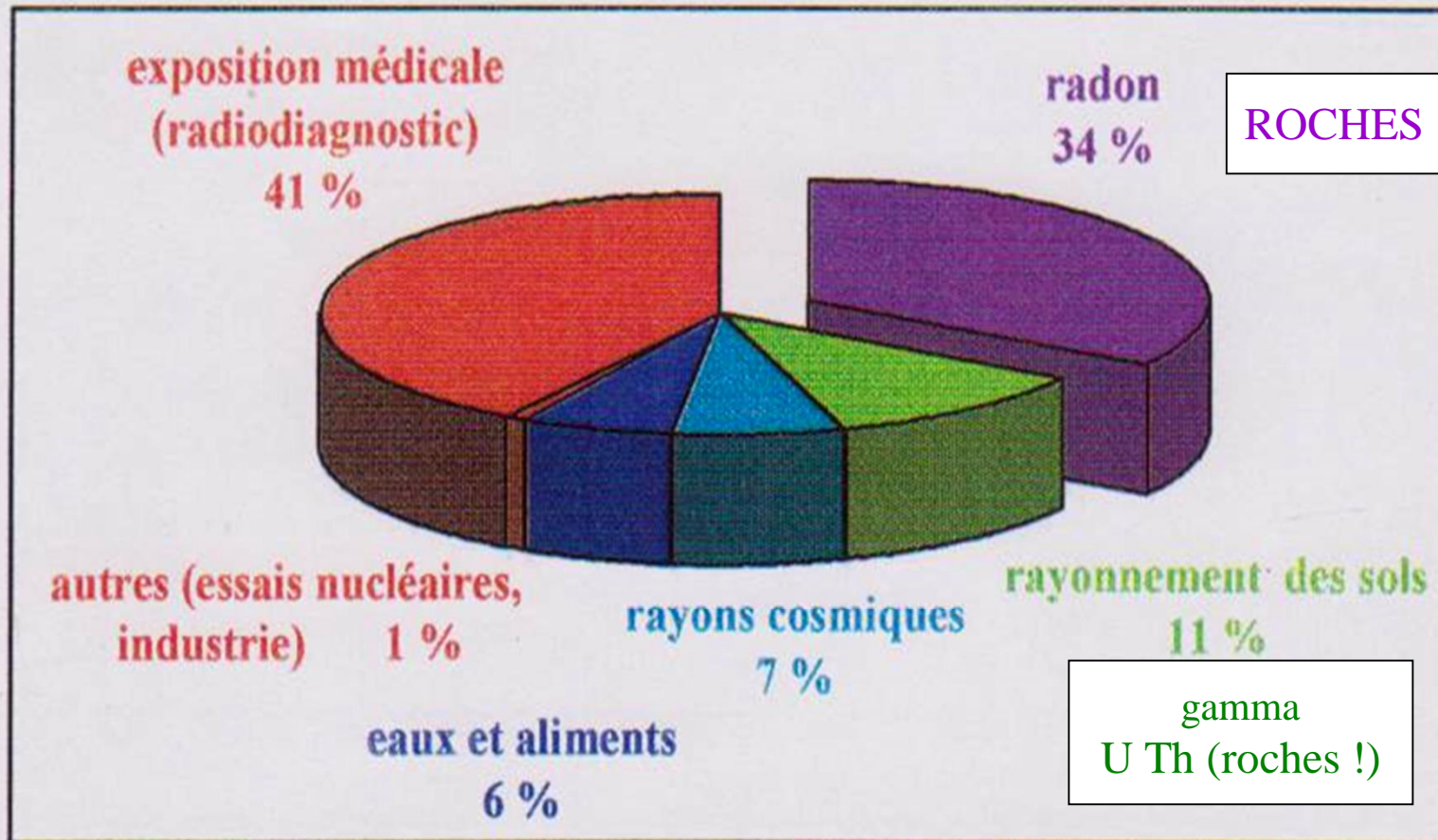
- **(surtout) par ses « descendants »**

= produits de filiation:

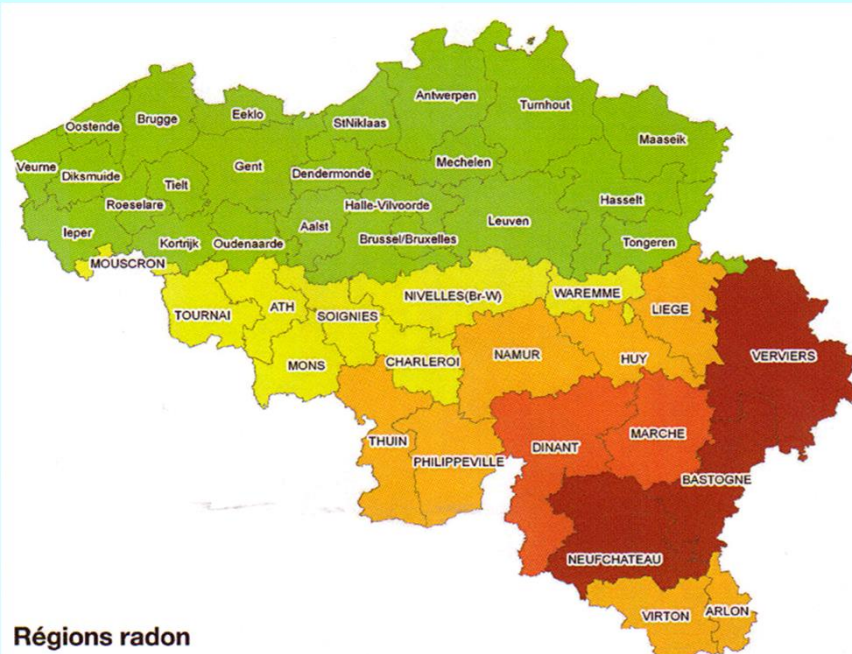
$\text{Po}_{3\text{min}}$ $\text{Pb}_{27\text{min}}$ $\text{Bi}_{20\text{min}}$
 $\text{Po}_{0,2\text{ms}}$ $\text{Pb}_{22\text{a}}$

ORIGINE DE L'EXPOSITION INDIVIDUELLE MOYENNE (F)

Rapport (déc. 1997) de IPSN: *Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire*

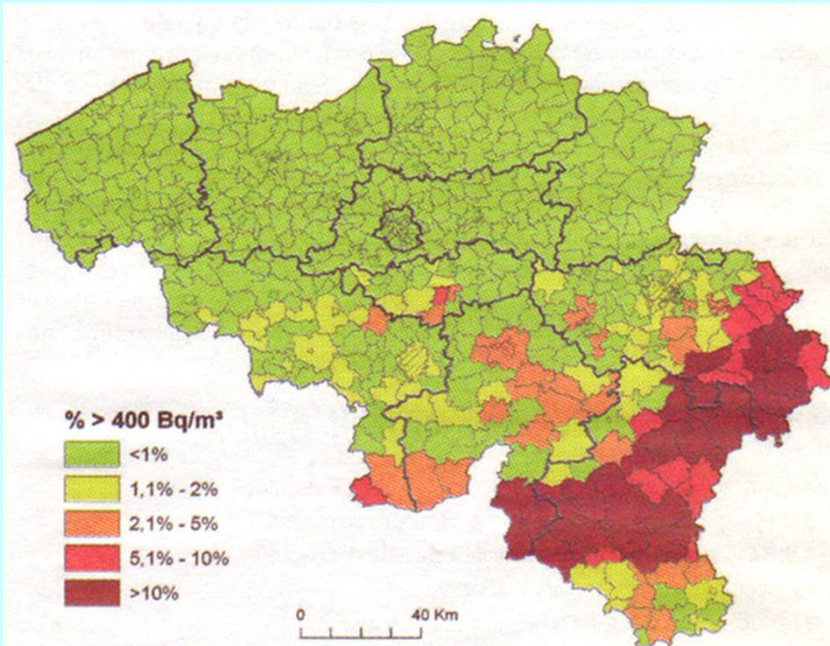


Radon en Belgique



Régions radon

- 0 (<1 % des maisons au-dessus du niveau d'action)
- 1a (1 à 2 % des maisons au-dessus du niveau d'action)
- 1b (2 à 5 % des maisons au-dessus du niveau d'action)
- 2a (5 tot 10 % des maisons au-dessus du niveau d'action)
- 2b (>10 % des maisons au-dessus du niveau d'action)

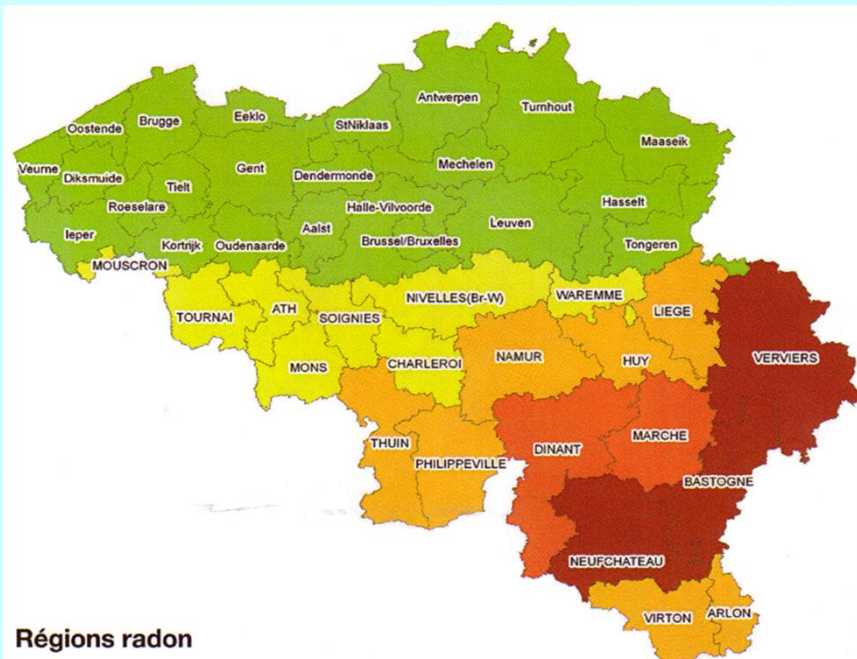


La carte officielle du radon, en Belgique, attire l'attention sur l'Ardenne. Basée sur des moyennes locales, elle ne dit pas tout. On peut être significativement exposés au radon à Namur, comme à Wavre, Tournai, etc

Site A.F.C.N. (Agence fédérale de contrôle nucléaire)

Journal « En Marche » du 1^{er} novembre 2012

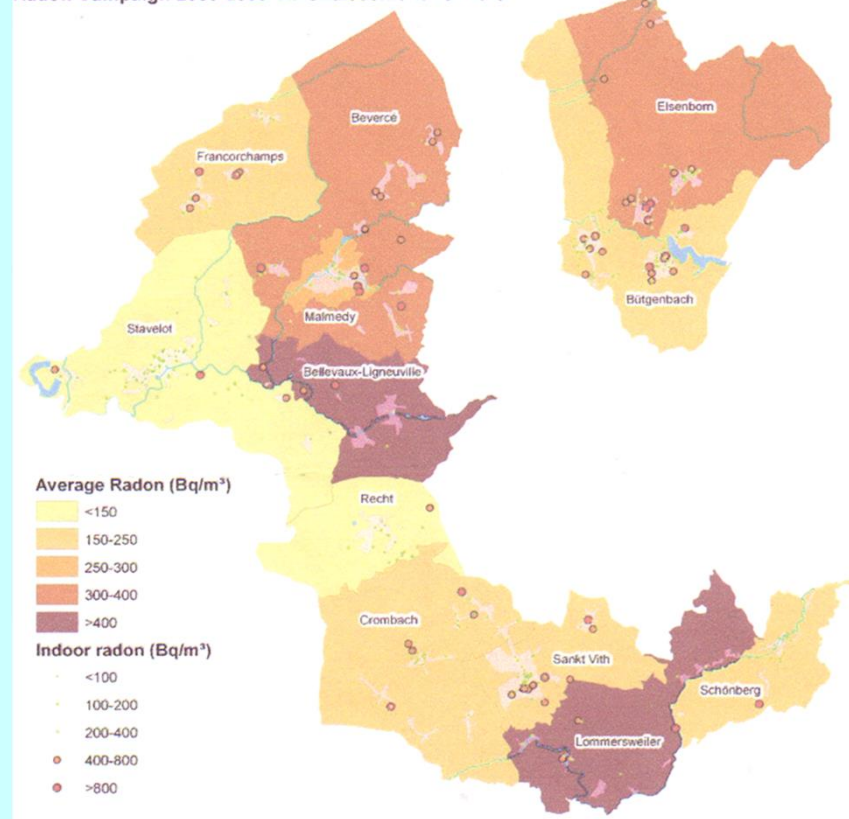
Radon en Belgique



Régions radon

- 0 (<1 % des maisons au-dessus du niveau d'action)
- 1a (1 à 2 % des maisons au-dessus du niveau d'action)
- 1b (2 à 5 % des maisons au-dessus du niveau d'action)
- 2a (5 tot 10 % des maisons au-dessus du niveau d'action)
- 2b (>10 % des maisons au-dessus du niveau d'action)

Radon Campaign 2008-2009 Arrondissement Verviers



Site A.F.C.N. (Agence fédérale de contrôle nucléaire)

A. F. C. N. (par J. GOUDERS)

Autorités compétentes : Fédér., Prov.

NL : FR : DE

AFCN

agence fédérale de contrôle nucléaire

RADON

Dernière mise à jour

Radon

LE PLAN D'ACTION RADON DE L'AFCN

Vous avez un problème de radon dans votre maison ? L'AFCN s'occupe de vous...

En Belgique, l'AFCN est l'autorité compétente pour les problèmes de radon dans les bâtiments.

L'AFCN identifie les zones à risque et, en collaboration étroite avec les autorités régionales, contrôle la concentration en radon dans les bâtiments situés à l'intérieur de ces zones. Elle promeut des actions correctives et préventives.

L'AFCN a mis en œuvre un plan d'action dont l'objectif est de diminuer les risques d'exposition au radon dans les bâtiments.

A long terme, l'AFCN veut maintenir l'exposition au radon telle qu'elle existe en Flandre et amener une situation proche en Wallonie. Au niveau des statistiques de cancers pulmonaires, cela signifie un maintien du statu quo en Flandre et, en Wallonie, une diminution du nombre de cancers pulmonaires radon-induits de 150 p. an. Soit une réduction de 2 à 3% pour l'ensemble de la Belgique.

Le plan d'action de l'AFCN comporte trois volets :

- Le contrôle des habitations ;
- Le contrôle des lieux de travail ;
- La communication.

Ce plan s'exécute en collaboration avec les pouvoirs régionaux, provinciaux et communaux.

En savoir plus...

Notre objectif : vous informer pour vous protéger

Une question sur le radon ? L'AFCN vous répond

Les taux de radon dans votre commune

Méfiez-vous des idées reçues

Le plan d'action radon de l'AFCN

Informations scientifiques et techniques

Radon au travail

Une question sur les zones à risque radon ?

Un renseignement supplémentaire ? Postez-nous votre demande ici

Aidez-nous à mieux vous aider

Adresses utiles

Liste des professionnels utiles

Site de l'AFCN

Département Prévention-Santé
Province de Luxembourg

Ma maison...
ma santé!

LE RADON

Prévenir, un geste simple !
Collaboration de la Santé

SAMI-Lux

Service d'Analyse des Milieux Intérieurs
de la Province de Luxembourg

Fascicule de la Province de Luxembourg

Région wallonne

Série « La Santé et l'Habitat » • Fiche d'information n° 10 • Décembre 2011

Je peux réduire mon exposition au radon en provenance du sous-sol!

CHEZ MOI...



- Je n'ai jamais entendu parler du radon
- Mon voisin m'a dit qu'il avait du radon dans sa maison, je me demande s'il y en a aussi chez moi ?



- Il y a des fissures dans le sol et les murs de la cave
- J'ai aménagé une pièce de vie en sous-sol



- L'air intérieur est très peu renouvelé
- J'envisage de construire une maison



- Une ou plusieurs personnes fume(nt) à l'intérieur

SI VOUS AVEZ COCHÉ PLUSIEURS , CETTE INFORMATION PEUT VOUS INTÉRESSER !

Et si je loue ou vends ma maison ?

➤ Selon le Code wallon du Logement (définissant les critères minimaux de salubrité), un logement présentant dans une ou plusieurs pièces des concentrations de radon supérieures à 400 Bq/m³ (becquerels par mètre cube = unité de radioactivité) est réputé avoir un impact sur la santé des occupants. Cette valeur-seuil est susceptible d'évoluer, notamment au vu du seuil de 100 Bq/m³ recommandé par l'OMS (Organisation mondiale de la Santé).

Penser au radon au moment de construire ou en cas de grosse transformation

➤ Mieux vaut prévenir que guérir, c'est plus efficace et moins coûteux ! Parlez donc du radon avec votre architecte et votre entrepreneur : quel que soit l'endroit où l'on construit,



il est intéressant d'investir dans une membrane imperméable au radon (film pare-radon). Elle est d'ailleurs également efficace pour parer aux remontées d'humidité dans le bâtiment.

Dans tous les cas, renouveler l'air régulièrement

➤ Le renouvellement de l'air intérieur est un remède efficace pour diminuer les concentrations des polluants dont on n'a pas pu prévenir la présence dans la maison*.

Ainsi, en cas de faible pollution en radon, ouvrir les fenêtres régulièrement peut s'avérer aussi efficace qu'un système de ventilation. Cependant en cas de trop forte concentration, le renouvellement d'air risque d'être insuffisant pour limiter le radon de façon acceptable : il faut mettre en place des mesures de remédiation.



*Lire les autres fiches d'information de la Série « La Santé et l'Habitat ».

QUI CONTACTER ?

— Je cherche des informations sur le radon ou une liste d'organismes spécialisés pour commander un test radon

➤ Agence fédérale de Contrôle nucléaire (AFCN) : 02 289 21 11
info@fanc.fgov.be
www.fanc.fgov.be

➤ Espace Environnement : 071 300 300 (permanence du lundi au vendredi de 9h30 à 12h30 et de 13h30 à 16h30)
Rue de Montigny 29, 6000 Charleroi
www.espace-environnement.be
www.sante-habitat.be
http://blog.sante-habitat.be/

— Je cherche des informations sur les critères minimaux de salubrité ou sur la prime à la réhabilitation pour remédier à une concentration trop importante de radon

➤ Numéro vert de la Région wallonne : 0800 11 901

— Je suis architecte ou entrepreneur ; je cherche des solutions pour prévenir ou remédier à l'entrée de radon dans les maisons

➤ Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC)
Division Avis Techniques : 02 716 42 11
www.cstc.be

— Je crois que mes problèmes de santé sont liés à la présence de polluants dans ma maison

➤ Votre médecin généraliste
Il peut contacter (ou vous-même)
Espace Environnement pour obtenir les coordonnées d'un Service d'Analyse des Milieux Intérieurs (SAMI)

Communiquez cette information à vos voisins !



Wallonie

Espace Environnement

- **SEOUL, 2013 Oct. 14 (Yonhap) -- South Korea has the world Nr 2 level of cancer-causing radon concentrations in dwellings.**
- According to Rep. Jang Ha-na of the main opposition Democratic Party, the average annual concentrations of radon gas was **124.9 becquerels per cubic meter (Bq/m³)** in 7,885 randomly selected homes around the country, **the second highest after the Czech Republic: 140 Bq/m³.**
- Under the 2010 World Health Organization (**WHO = OMS**) guidelines for air quality, the **Czech Republic topped** the list of countries with the highest levels of radon concentrations,
- **followed by Finland (120 Bq/m³), Luxembourg (115Bq/m³) and Sweden (108 Bq/m³).**
-
- The comparable figures for other Asian countries: **16 Bq/m³ for Japan and 44 Bq/m³ for China.**
-
- **According to the United States Environmental Protection Agency,**
- **radon is the second most frequent cause of lung cancer, after cigarette smoking,**
- **causing 21,000 lung cancer deaths per year in the United States.**
-
- South Korea **primary schools**, where children spend many hours a day, were measured to have an
- **annual average radon concentration of 98.4 Bq/m³.**
- **Seventy-seven primary schools in Gangwon Province, had an annual average of 156.8 Bq/m³,**
- **far exceeding the 140 Bq/m³ for the Czech Republic.**

Renseignements et contacts

ADRESSES UTILES

Information générale

Agence fédérale de Contrôle nucléaire (AFCN/FANC)

Rue Ravenstein 36
1000 BRUXELLES
Tél. : 02/ 289.21.11
Fax : 02/ 289.21.12
Email : pointcontact@fanc.fgov.be
Site web : www.fanc.fgov.be

Information technique pour architectes et entrepreneurs

Centre scientifique et technique de la Construction (CSTC / WTCB)

Avis techniques
Lozenberg I nr. 7
1932 SINT-STEVENS-WOLUWE
Tél. : 02/716.42.11
Fax : 02/ 725.32.12
Site web: www.cstc.be

Information générale et demande de tests

Hainaut Vigilance sanitaire (HVS)

Boulevard Saintelette 55
7000 MONS
Tél. : 065/40.36.10
Fax : 065/ 34.74.80
Email : hvs.radon@hainaut.be

Service d'Analyse des Milieux intérieurs de la province du Brabant wallon (SAMI Brabant wallon)

Parc des Collines
Bâtiment Galilée
Chaussée des Collines, 54
1300 Wavre
Tél: 010/23.62.77 et 010/23.62.02
Fax: 010/23.66.09

Services d'Analyse des Milieux intérieurs de la province de Luxembourg (SAMI-Lux)

Observatoire provincial de la Santé
Rue de la station 49
6900 MARLOIE
Tél. : 084/ 31.05.03
Fax : 084/ 31.18.38
Email : samilux@province.luxembourg.be

Services d'Analyse des Milieux intérieurs de la province de Namur (SAMI-Namur)

Rue Lelièvre 6
5000 NAMUR
Tél. : 081/77.67.14

Service d'information de la Communauté germanophone

Ministerium der Deutschsprachigen Gemeinschaft
Allgemeine Dienste – Fachbereich Infrastruktur
Gospertstraße 1
4700 EUPEN
Tél. : 087/ 78.96.22
Fax : 087/74.03.85
Email : radon@dgov.be

AFCN 
agence fédérale de contrôle nucléaire

RENSEIGNEMENTS SUPPLEMENTAIRES

Wallonie

Espace Environnement

rue de Montigny 29

6000 Charleroi

Tél.: 071 300 300 (perm.: L à V 9h30 à 12h30 et 13h30 à 16h30)

www.espace-environnement.be

www.sante-habitat.be

<http://blog.sante-habitat.be/>

Premier plan d'actions régionales en matière de radon

Publié le 28/02/2013

Le Gouvernement wallon adopte le premier plan d'actions régionales en matière de radon.

.....

õ ...

Les actions dégagées sont les suivantes :

- **Instauration d'un certificat relatif au sous-sol**
- **Amélioration des données cartographiques existantes relatives au radon**
- **Mesure de prévention du radon pour toutes les nouvelles constructions**

Instauration d'une annexe dans le dossier de permis d'urbanisme relatif à la construction d'un bâtiment, précisant les mesures techniques (actives/passives) prévues par l'architecte pour prévenir le risque radon.

- **Information des acteurs et mise en place d'une réflexion relative à la Formation structurée de ces acteurs.**

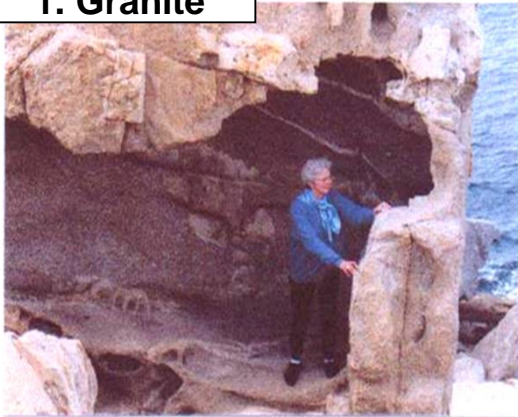
Dans un premier temps définir le contenu d'une information vers les différents acteurs identifiés (privés et publics) ainsi que la mise en place d'un groupe de travail pour organiser in fine la formation des professionnels de la construction, des enquêteurs du département du logement, des architectes,õ

- **Aides à la remédiation des logements présentant un taux de radon élevé**

Abaissement du montant minimum de travaux pour prétendre à la prime à la réhabilitation (500 EUR au lieu de 1 000 EUR) ; élargissement des « travaux » subsidiés (membranes étanches, portes étanches au sous-sol, õ), admission des tests radon prouvant que des travaux doivent être réalisés ou que les travaux réalisés sont efficaces et diminuent le taux de radon ;

EXHALATION DU RADON PAR LES ROCHES (ordre)

1. Granite



2. Schiste noir



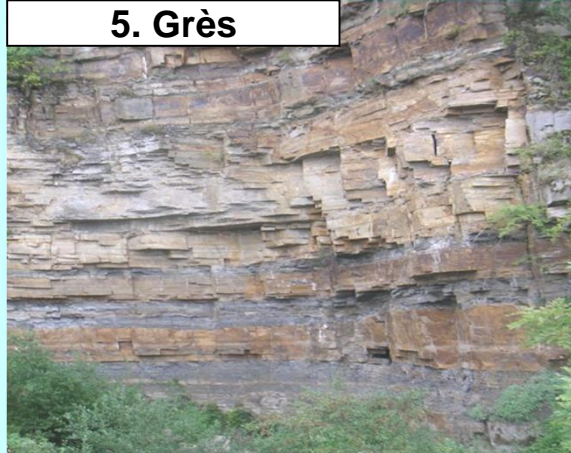
3. Schiste gris



4. Schiste gréseux



5. Grès



6. Quartzite

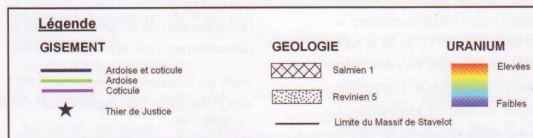
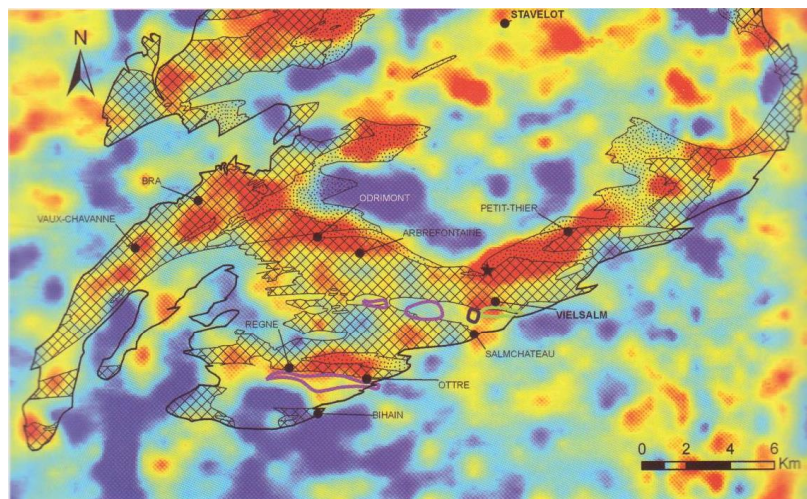
7. Calcaire gris

8. Calcaire « blanc »

(Poudingue, Craie,
Craie phosphatée, ...)

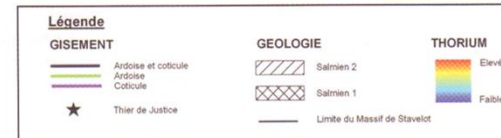
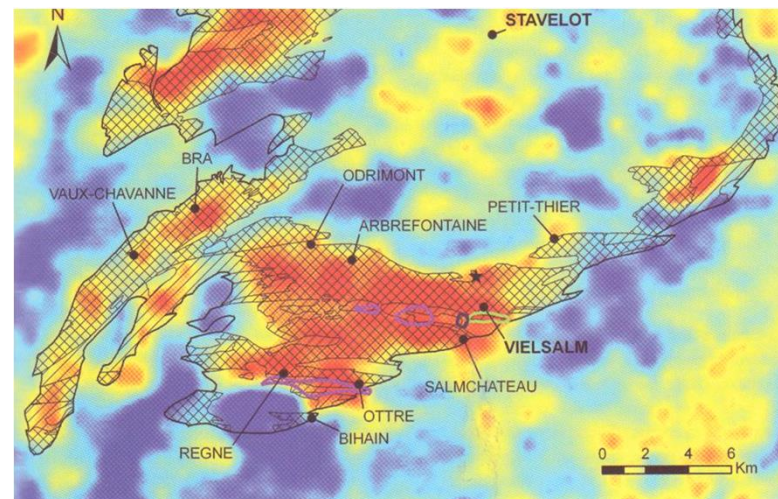
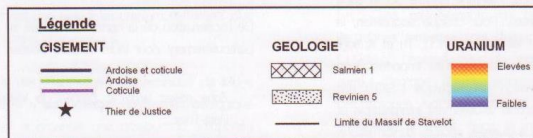
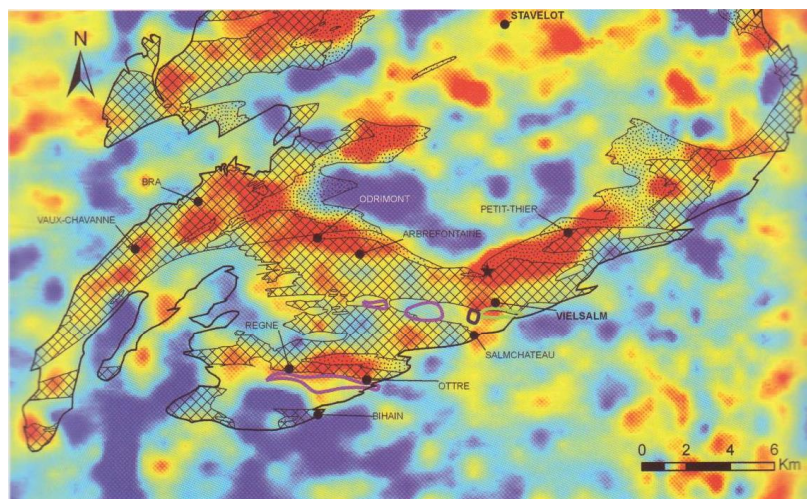
« RAYONNEMENTS PAR LES SOLS »

Mesures aéroportées (Sud du Massif de Stavelot)



« RAYONNEMENTS PAR LES SOLS »

Mesures aéroportées (Sud du Massif de Stavelot)



RISQUES SANITAIRES RECONNUS DU RADON

Rapport (déc. 1997) de IPSN: *Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire*

La nature du risque est bien identifiée, à savoir le développement d'un **cancer du poumon** consécutif à l'inhalation de radon et de ses descendants solides. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le radon en 1987 comme cancérigène pulmonaire chez l'homme sur la base des résultats d'études épidémiologiques conduites chez les mineurs ainsi que sur les données d'expérimentation chez l'animal. En revanche, le lien entre l'exposition au radon et d'autres pathologies, notamment les leucémies, a été écarté [DA95]

Rapport (2010) de OMS: *Organisation Mondiale de la Santé*

L'OMS admet « officiellement » que le radon contribue à l'augmentation du risque d'apparition d'un type particulier de leucémie infantile

ACCROISSEMENT DU RISQUE POUR LES FUMEURS

Solubilité du radon dans l'eau: 0,26 l / l d'eau à 20°C et 1 atm

(N.B.: Concentr. aquifères = 100 à 10000 fois concentr. à l'air libre à l'équilibre)

Solubilité dans les liquides organiques:

Supérieure à la solubilité dans l'eau (en général):

- Sang: 0,5
- Alcool éthylique: 6
- Toluène: 13
- Graisses: 16

Conséquence particulière pour les fumeurs:

Stockage **radon** et **donc produits de filiation (!!!)**
dans les voies « respiratoires » (tapissées de goudrons)

effet multiplicatif



RISQUE SANITAIRE « NOUVEAU » !?

Idée et suggestion émises par:

Prof. J.L. Lilien, Institut Montefiore «Transport et Distribution Haute Tension »:

Rapprochement entre 3 faits scientifiquement évoqués:

Accroissement du risque d'un type de leucémie infantile au voisinage des « lignes à H.T. » (reconnu OMS)
Concentration supérieure du radon sous les lignes à H.T. (semble avéré scientifiquement mais non expliqué)
Fréquence supérieure des décharges de foudre sous les lignes à H.T. (scientifiquement avéré et expliqué)

Thèse proposée:

Déstructuration (fissuration accrue) du sol par la foudre (cf fulgurite) accroissement de l'exhalation radon
accroissement risque leucémie par le radon

Etude concentration de radon sous lignes H.T.

Collaboration Prof. Lilien, Dr A. Poffijn, ...

Taux d'exhalation de référence

Valeurs «guides»* (Union Européenne)

Air ambiant (habitation ancienne): 400 Bq/m³

Air ambiant (habitation neuve): 200 Bq/m³

Eau alimentaire: 100 Bq/l

Valeurs «limites»* (Suisse et Etats-Unis)

Air ambiant (toute habitation) Suisse: 1000 Bq/m³

U.-S.: 150

***Définitions: valeur guide: en-dessous: il n'y a pas lieu de « remédier »**

valeur limite: au dessus: inacceptable

Le radon

2. Notions de radioactivité naturelle

Programme

- **Eléments de physique nucléaire**
 - Atome et noyau
 - Radioactivité . désintégration
 - Types (alpha, bêta, gamma, γ)
 - Notion de « $\frac{1}{2}$ vie »
 - Filiation radioactive ou « famille radioactive »
- **Exemple de la filiation de l'Uranium 238**
 - Uranium \rightarrow radium \rightarrow radon \rightarrow plomb
 - $\frac{1}{2}$ vies
- **Isotopes**
- **Demi-vie**

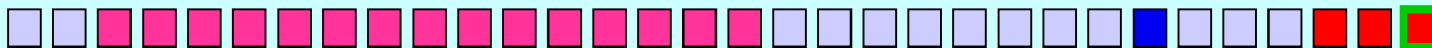
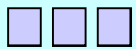
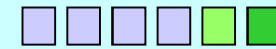
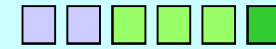
Tableau périodique de Dmitri Ivanovitch Mendeléïev

1,01 H 1																	4 He 2
7 Li 3	9 Be 4											5 B 5	6 C 6	7 N 7	16 O 8	9 F 9	20 Ne 10
																18 Cl 18	40 Ar 18
19 K 19																35 Br 36	84 Kr 36
						43 Tc 43											132 Xe 54
		57 La 57	72 Hf 72								80 Hg 80		82 Pb 82	83 Bi 83			222 Rn 86
	88 Ra 88	89 Ac 89	104 Rf 104	Tous artificiels et radioactifs →													

La (lanthane) ⇒ 15 « lanthanides » ou « terres rares »

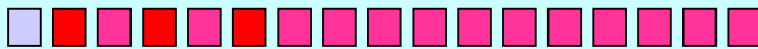
Ac (actinium) ⇒ 15 « actinides » dont uranium

Présentation complète



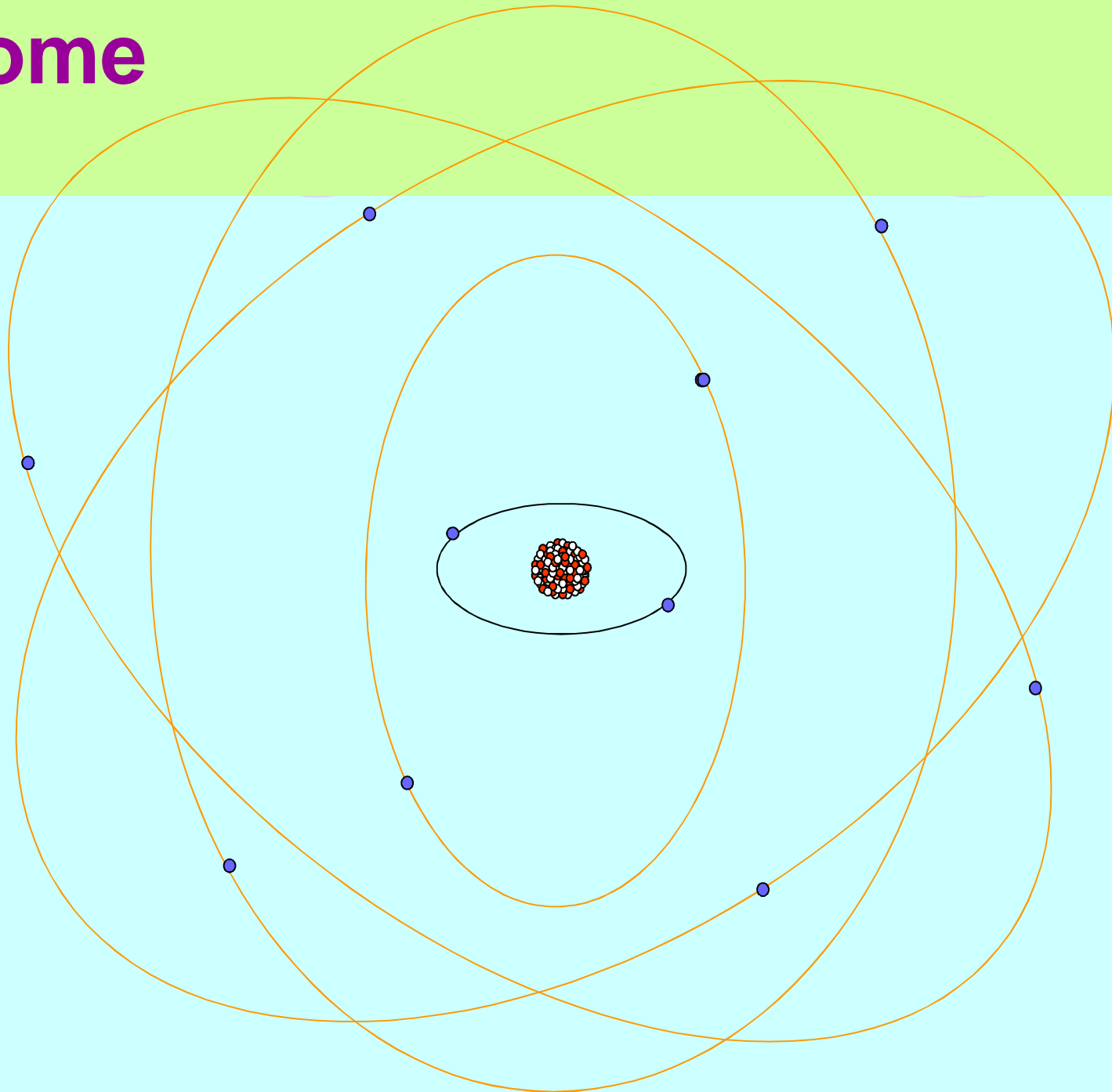
57

72

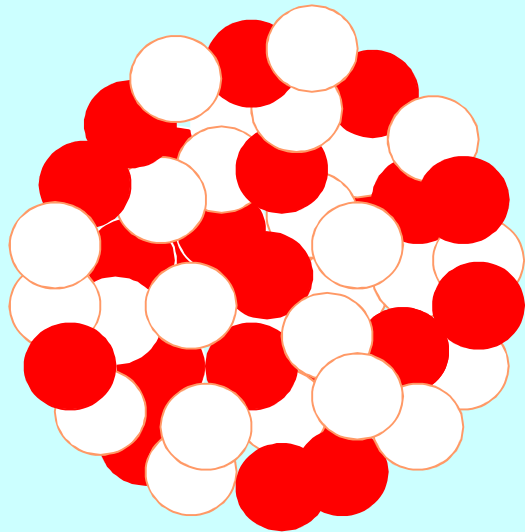


88 89

atome



noyau



● Uranium ^{238}U $_{92}\text{U}$

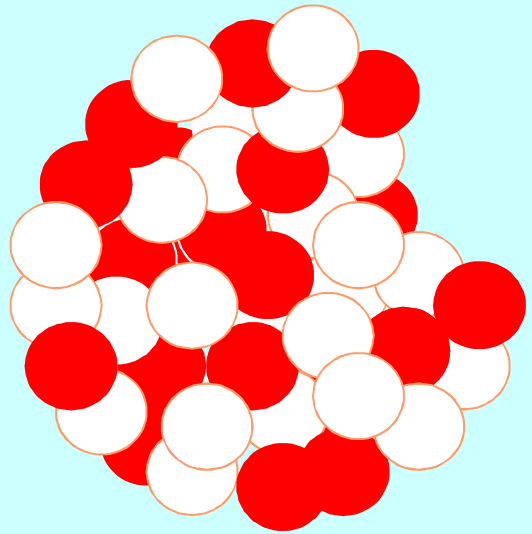
● 92 électrons

● 92 protons = Z

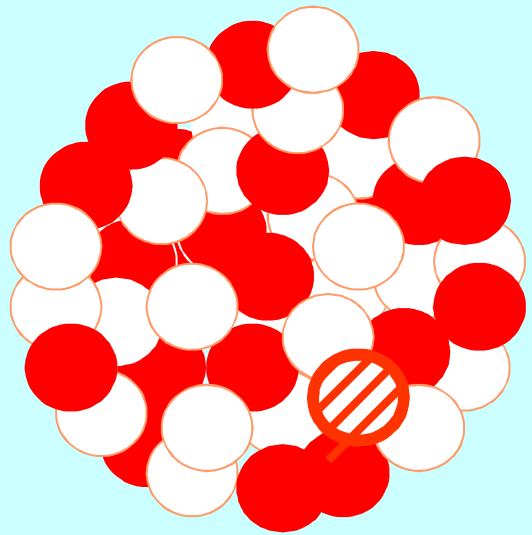
● 146 neutrons = N

● 238 = Z + N = A

Radioactivité naturelle (types qui nous intéressent ici !)

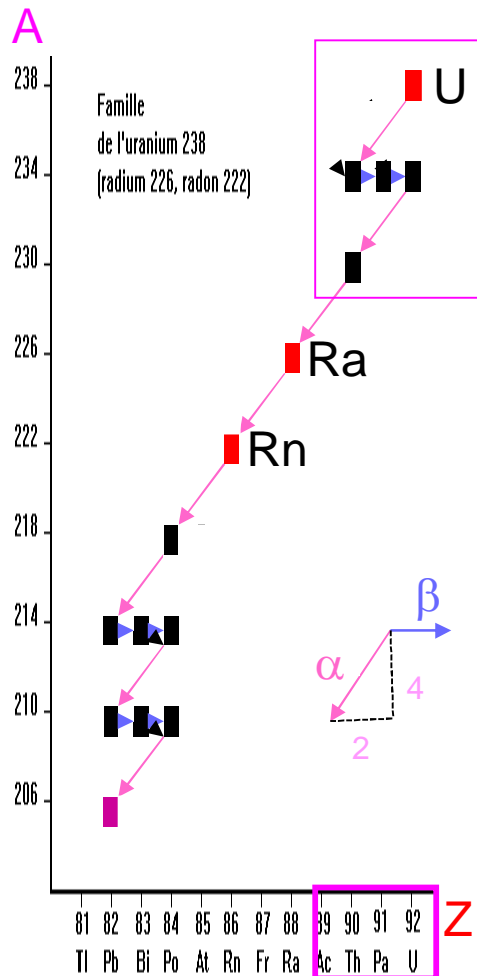


α (+ γ)



β (+ γ)

Filiation de l'uranium 238



● Notions

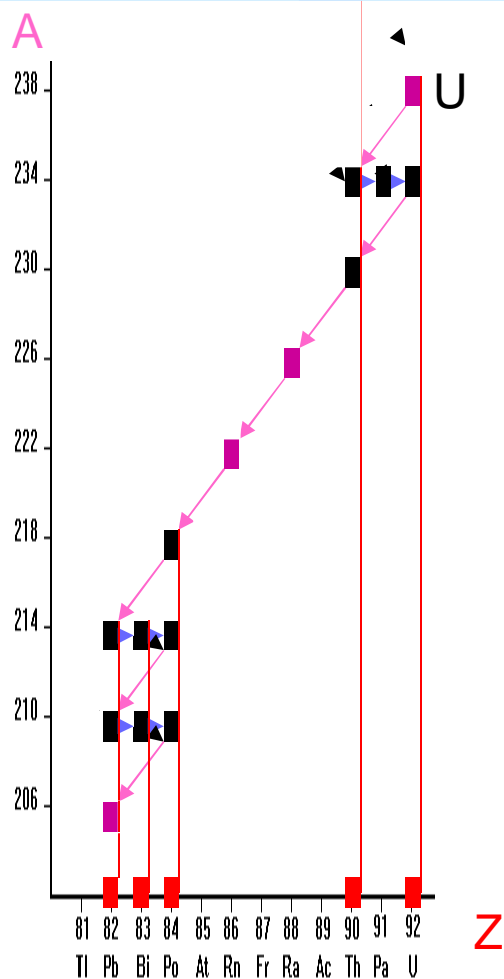
- Famille ou Filiation
- 1^{er} parent
- Père, fils, ò (daughter)

- Chaîne principale
- Branches secondaires

- Isotopes
 - intra-familiaux
 - inter-familiaux

- Demi-vie

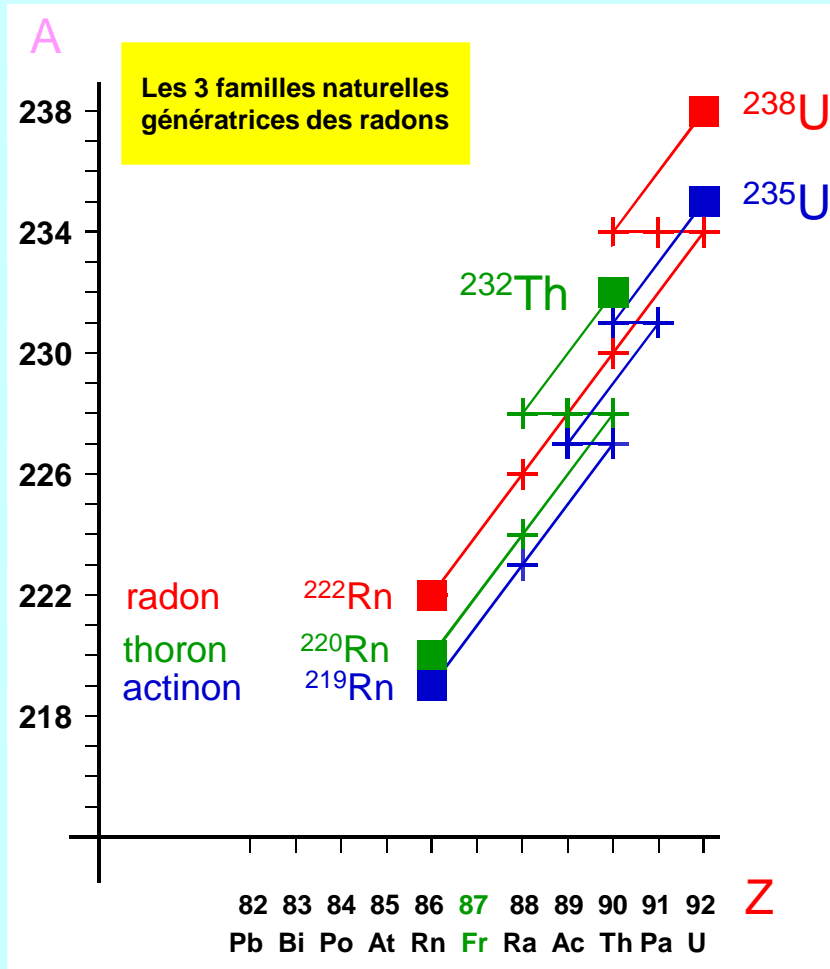
Filiation de l'uranium 238



● Notions

- Famille ou Filiation
- 1^{er} parent
- Père, fils, ã
- Chaîne principale
- Branches secondaires
- **Isotopes**
 - **intra-familiaux**
 - **inter-familiaux**
- Demi-vie

Les « 3 » isotopes du radon



Proportions isotopiques naturelles

uranium 238	99,2743%
235	0,7200%
234	0,0057%

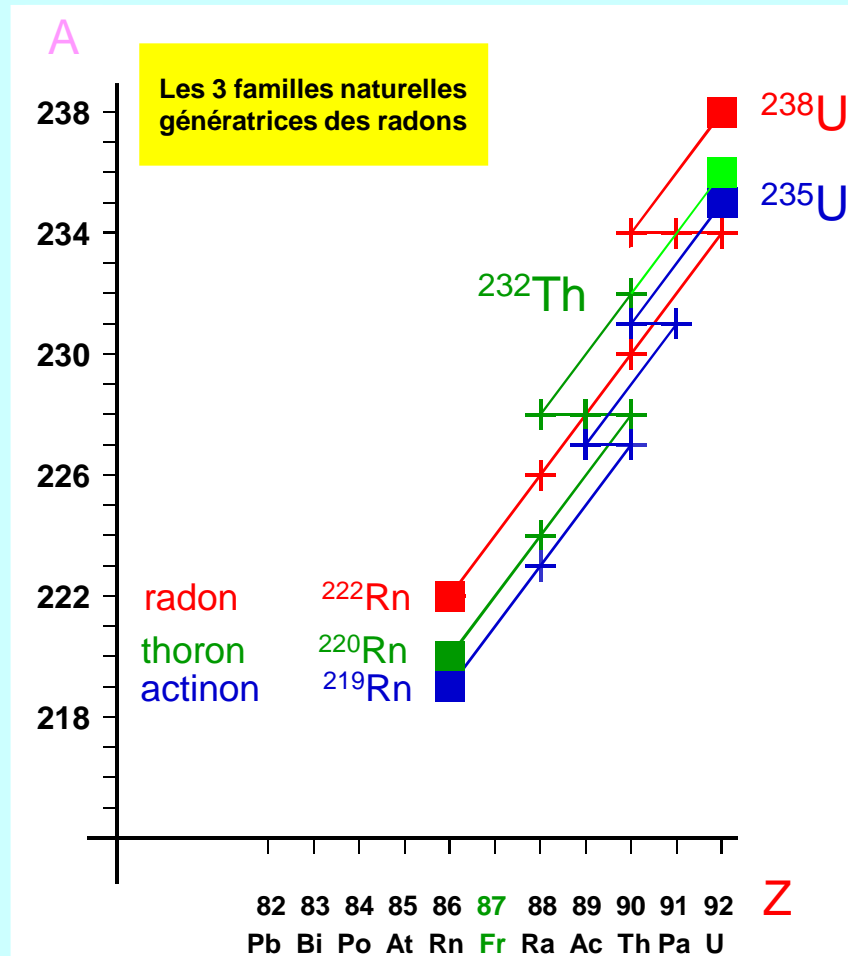
thorium 232 100% pratiq.

« U enrichi : 3% uranium 235 »

Teneur roches et sols

uranium	3 ppm
thorium	9 à 12 ppm

Uranium 236

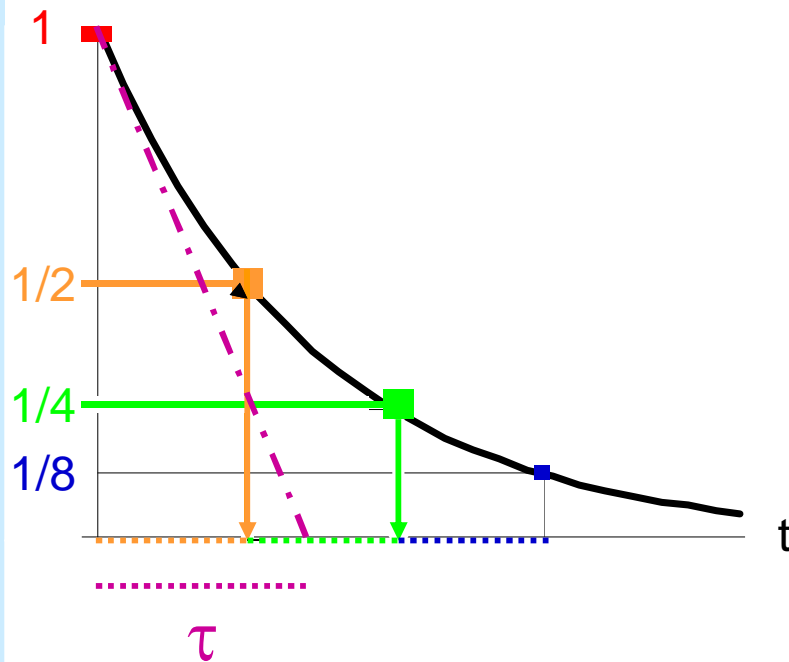


« Uranium 236 » disparu ?
(demi-vie « courte » 23 Ma)

Actuellement produit
artificiellement
(capture de n par uranium 235)

Demi-vie $t_{1/2}$

Loi **STATISTIQUE** d'évolution
de la quantité d'atomes « radiogéniques »



Loi de la désintégration radioactive

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0$$

$$N = N_0 \exp(-\lambda t) = N_0 \exp(-t/\tau)$$

$$\tau = t_{1/2} / \ln 2 \approx 1,44 t_{1/2}$$

λ : constante de désintégration

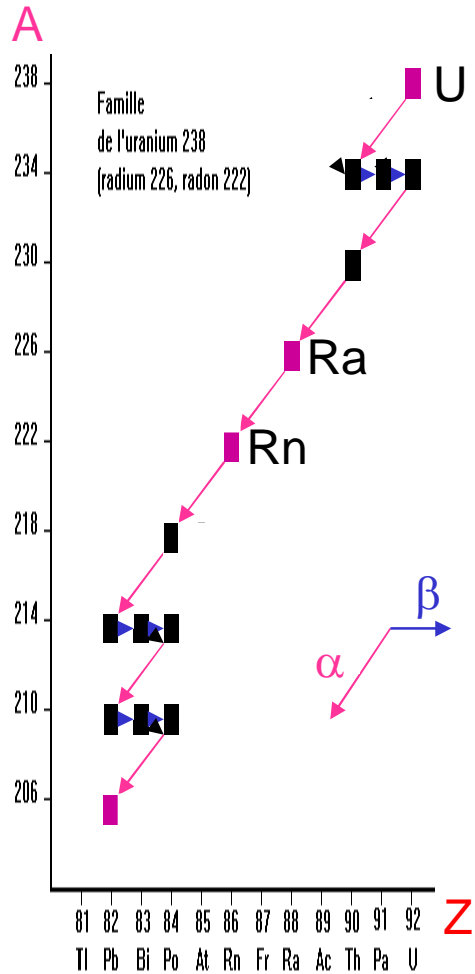
U 238

$$\lambda \approx 1/(6,5 \cdot 10^9) \text{ a}^{-1}$$

En moyenne:

\approx 1 atome sur 6,5 milliards
se désintègre par an

Exemples de demi-vies



	4,468 Ga	
24,1 j	1,17 min	0,248 Ma
	75 000 a	
	1602 a	
	3,825 j	
	3,05 min	
26,8 min	19,7 min	0,164 ms
22,2 a	5,01 j	138 j
	Infinie (?)	

Tableau périodique de Dmitri Ivanovitch Mendeléïev

1 H 1	→		2 D 1	3 T 1											14 C 6	←	18 O 8	←	4 He 2				
7 Li 3	9 Be 4											5 B	12 C 6	7 N 7	16 O 8	9 F 9	20 Ne 10						
19 K															17 Cl	40 Ar 18							
																35 Br	84 Kr 36						
																				53 I	132 Xe 54		
		57 La	72 Hf											80 Hg	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	222 Rn 86				
87 Fr	226 Ra 88	89 Ac																					
		57 La																					71 Lu
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	94 Pu	95 Am					101 Es	102 Fm			118 No	119 Lr						

Le radon

3. Méthodes de mesure

Unité de mesure de l'« activité volumique unitaire »

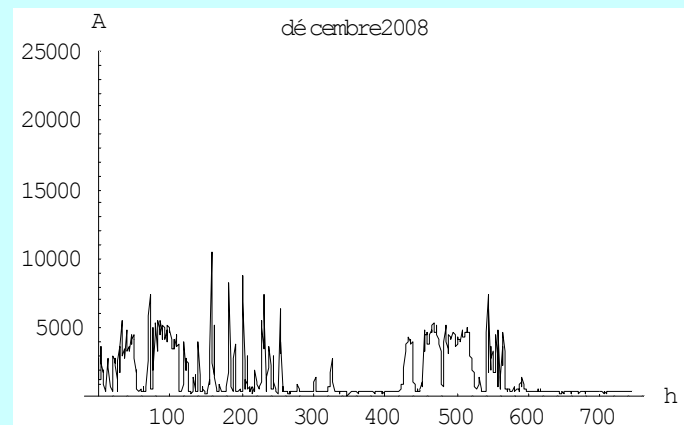
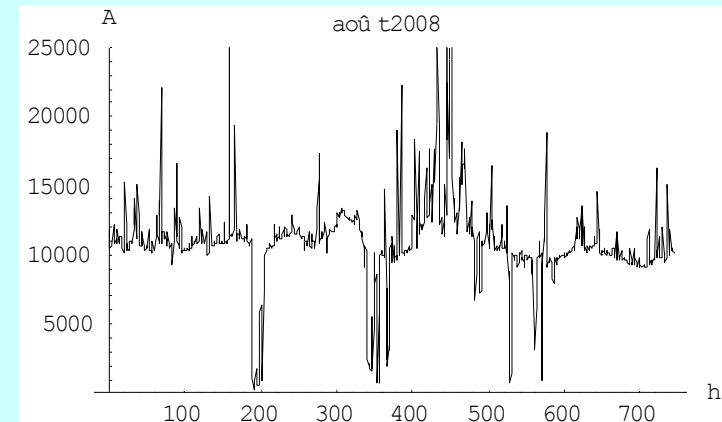
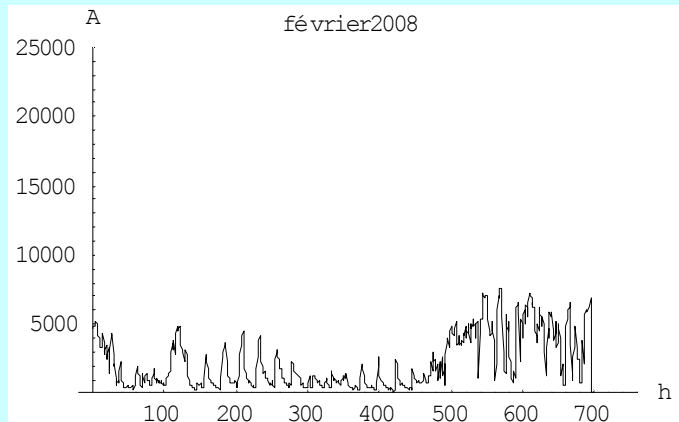
- La présence du radon dans l'air se **détecte** grâce à sa **désintégration**.
 - Elle est **quantifiée** (= « activité ») par son **taux** de désintégration:
 - **L'activité** (volumique unitaire)
 - dans l'air se chiffre en **Bq/m³** (becquerels par mètre cube)
 - dans l'eau en **Bq/l** (becquerels par litre)
- **1 Bq = 1 désint./seconde => 1 α / s => 1at. He / s**

Becquerel: 3 générations de physiciens
Antoine: piézoélectricité, pile photovoltaïque
Edmond: principe de la spectrographie
Henri: radioactivité en 1896 (Prix Nobel en 1903)

Découverte Radon
F. E. Dorn
1900

1^{ère} **mesure radon**
Montefiore: 1906
(Eaux Spa)
E. Gérard, F. Fontaine

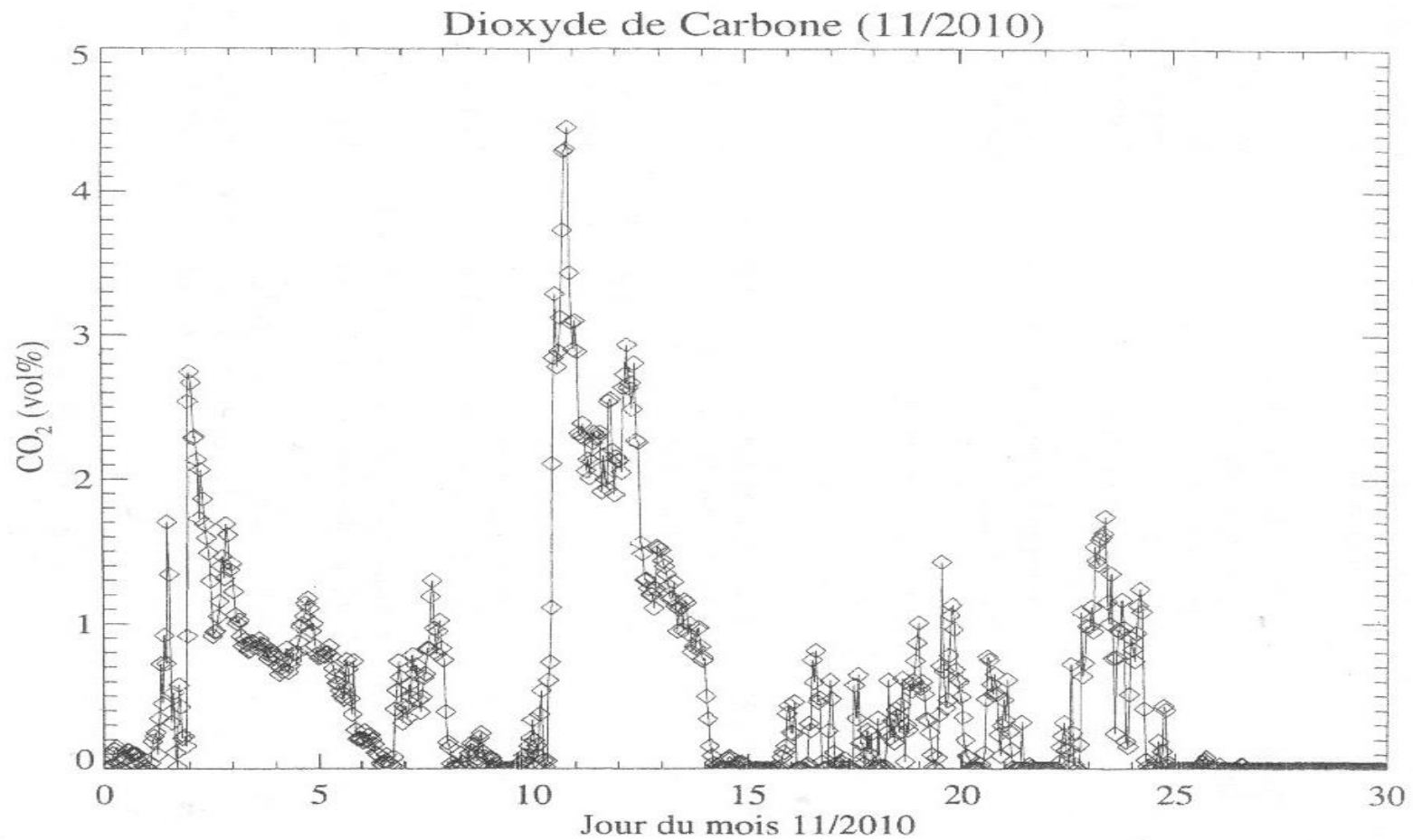
Exemples types de « comportement » du radon



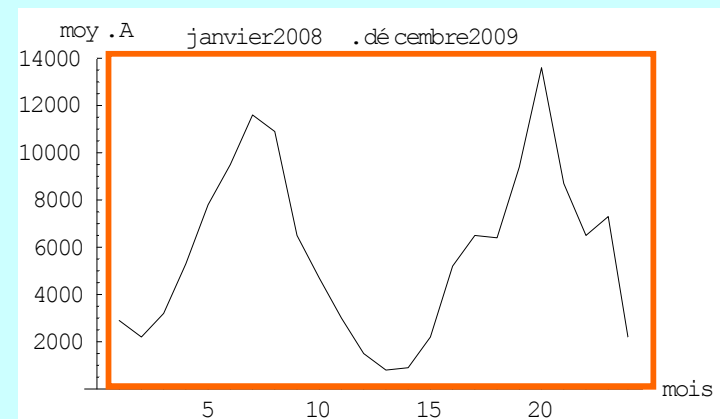
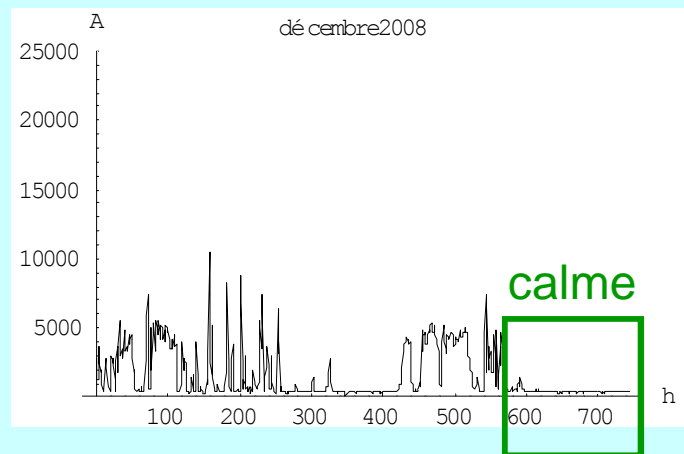
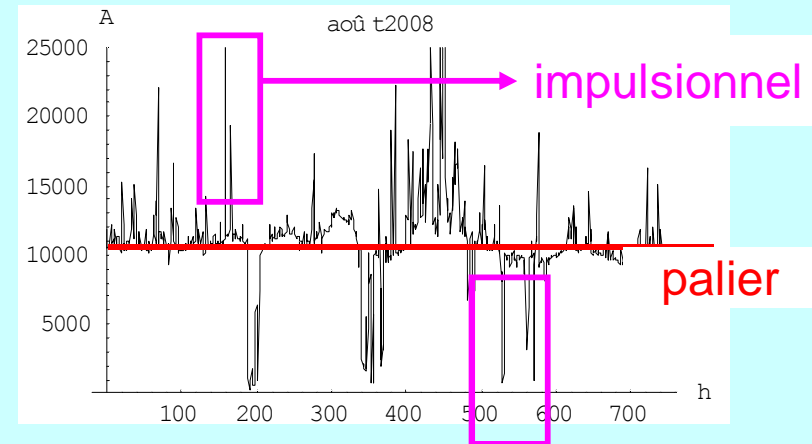
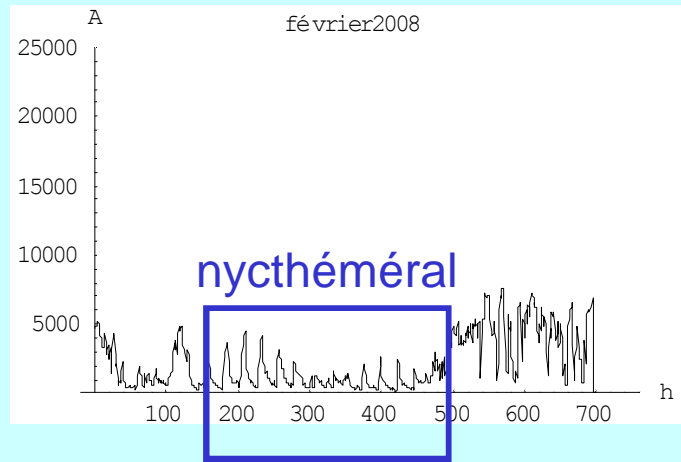
N'importe quoi ?

Radon « capricieux » ?

Autre exemple !



Exemples typiques de « comportements » du radon



Périodicité annuelle moyenne

Conditions atmosphériques È « *variations semi-brutales* »

Séquence très particulière en quelques jours
du 25 au 30 janvier 2013

gel - dégel . pluie abondante . assèchement rapide - venteux . sec et calme !

gel (-5°C => 8 jours):	« bruit de fond »:	qq Bq/m ³
dégel brutal (+5°C en qq heures):		70 Bq/m ³
pluie abondante (pendant des heures):		qq Bq/m ³
assèchement rapide (quelques heures):		< 20 Bq/m ³
venteux (pendant des heures):		qq Bq/m ³
sec et calme		25 Bq/m ³

(A Liège, au 4^{ème} étage !)

Conclusion: 2 catégories de mesures

Mesures moyennes longue durée

Caractérisation d'ambiance domestique et régionale

AFCN (Agence Fédér. de Contr. Nucléaire)
et Services de contrôle Provinciaux

Idéalement: 1 année

En pratique: 3 mois
(compromis qualité-durée)

Mesures dynamiques courte (ou longue) durée

Caractérisation de matériaux (roches, dépôts, végétaux)

Moyennes par min. / quelques heures

Teneur (en radon) des eaux (alimentaire ou à l'émergence)

= Activité moyenne sur une demi-heure

Détermination de l'efficacité des moyens de remédiation

Moyenne horaire / qq jours à 3 semaines

Suivi de l'évolution sur site: caractérisation longue durée

Moyenne horaire / qq mois ou années

Appareillage

Mesures moyennes sur longue durée

Caractérisation de l'ambiance domestique et régionale

AFCN (Agence Fédér. de Contr. Nucléaire)
et Services de contrôle Provinciaux

Idéalement: 1 année
En pratique: 3 mois
(compromis qualité-durée)



Appareillage



Mesures dynamiques courte (ou longue) durée

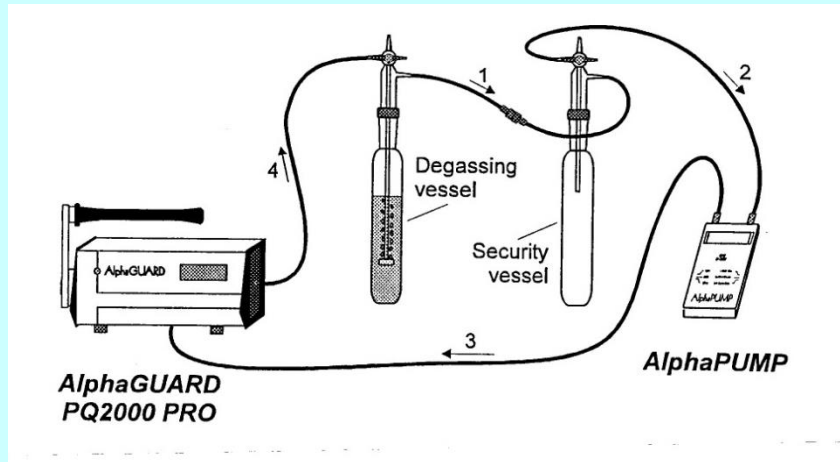
**Caractérisation de matériaux
(roches, dépôts, végétaux)**
Moyennes par min. / quelques heures

**Teneur (en radon) des eaux
(alimentaire ou à l'urgence)**
= Activité moyenne sur une demi-heure

**Détermination de l'efficacité
des moyens de remédiation**
Moyenne horaire / qq jours à 3 semaines

**Suivi de l'évolution sur site:
caractérisation longue durée**
Moyenne horaire / qq mois ou années

Appareillage



Mesures dynamiques courte (ou longue) durée

Caractérisation de matériaux
(roches, dépôts, végétaux)

Moyennes par min. / quelques heures

**Teneur (en radon) des eaux
(alimentaire ou à l'émergence)**

= Activité moyenne sur une demi-heure

Détermination de l'efficacité
des moyens de remédiation

Moyenne horaire / qq jours à 3 semaines

Suivi de l'évolution sur site:
caractérisation longue durée

Moyenne horaire / qq mois ou années



Appareillage



**Mesures dynamiques
courte (ou longue) durée**

**Caractérisation de matériaux
(roches, dépôts, végétaux)**

Moyennes par min. / quelques heures

**Teneur (en radon) des eaux
(alimentaire ou à l'émergence)**

= Activité moyenne sur une demi-heure

**Détermination de l'efficacité
des moyens de remédiation**

Moyenne horaire / qq jours à 3 sem.

**Suivi de l'évolution sur site:
caractérisation longue durée**

Moyenne horaire / qq mois ou années

Appareillage



Mesures dynamiques courte (ou longue) durée

Caractérisation de matériaux
(roches, dépôts, végétaux)

Moyennes par min. / quelques heures

Teneur (en radon) des eaux
(alimentaire ou à l'urgence)

= Activité moyenne sur une demi-heure

Détermination de l'efficacité
des moyens de remédiation

Moy. horaire / qq jours à 3 semaines

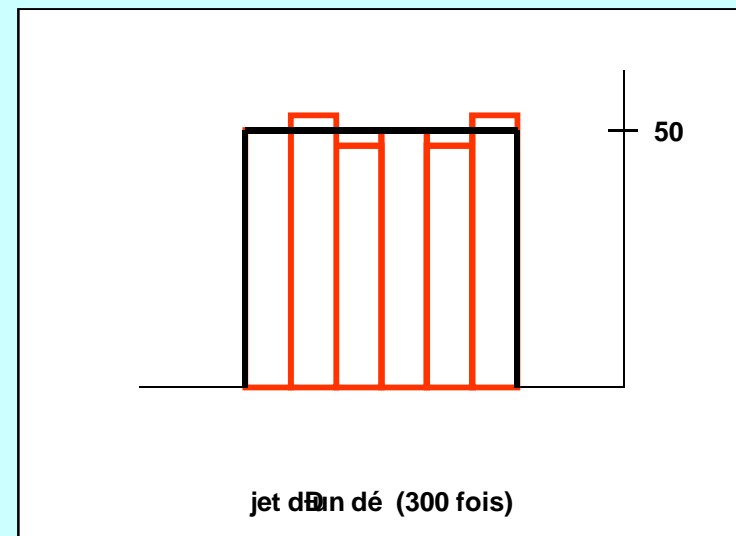
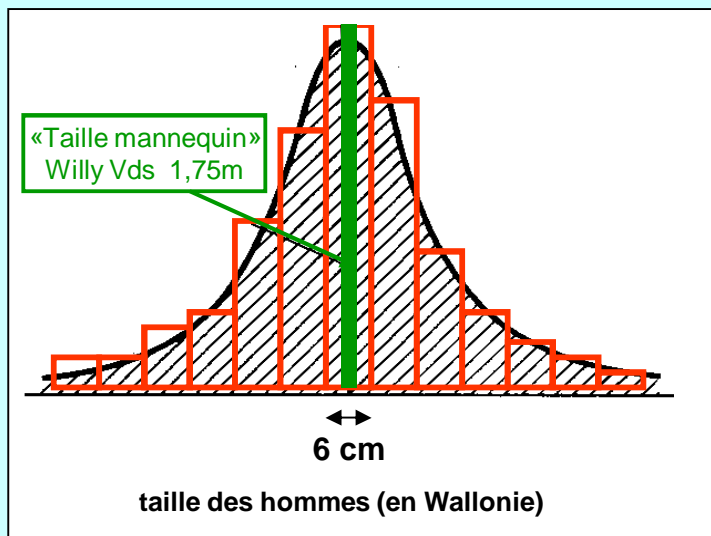
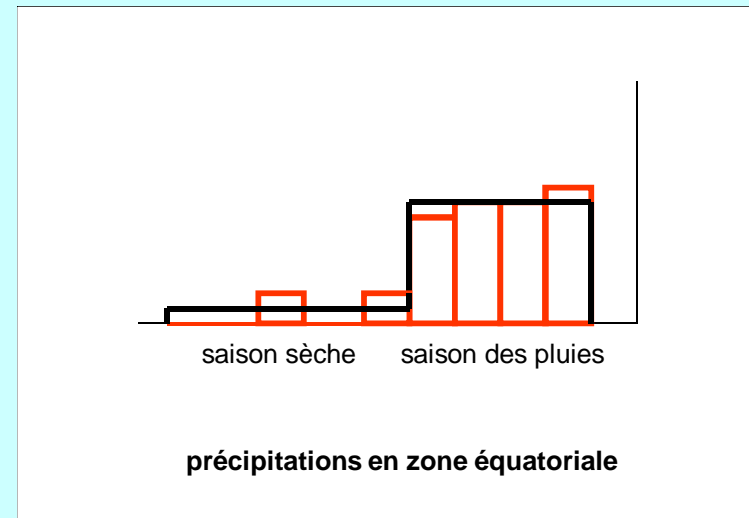
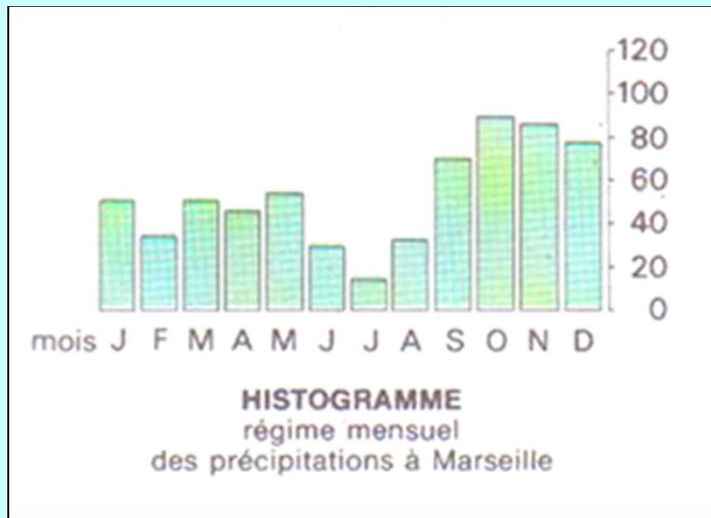
Suivi de l'évolution sur site:
caractérisation longue durée

Moy. horaire / qq mois à qq années

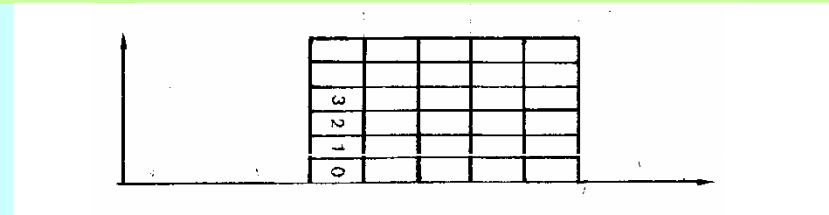
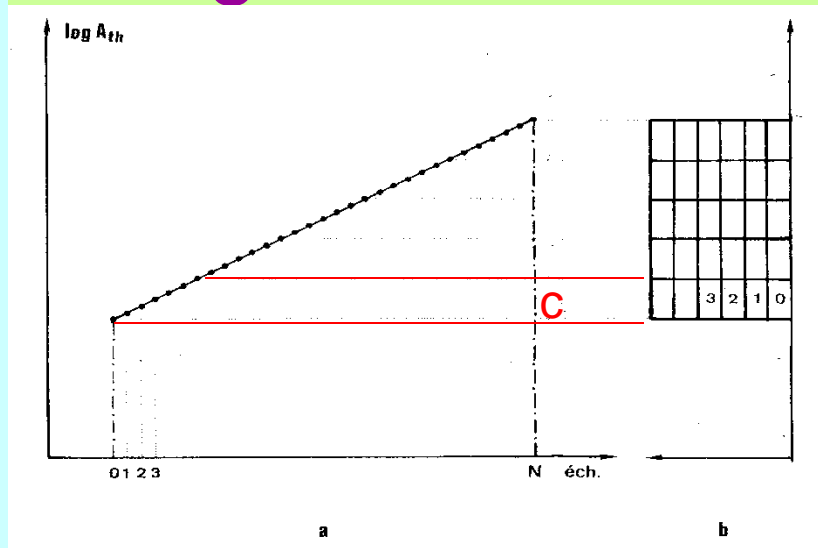
Le radon

4. Petite introduction mathématique
(non conventionnelle)
aux statistiques et probabilités

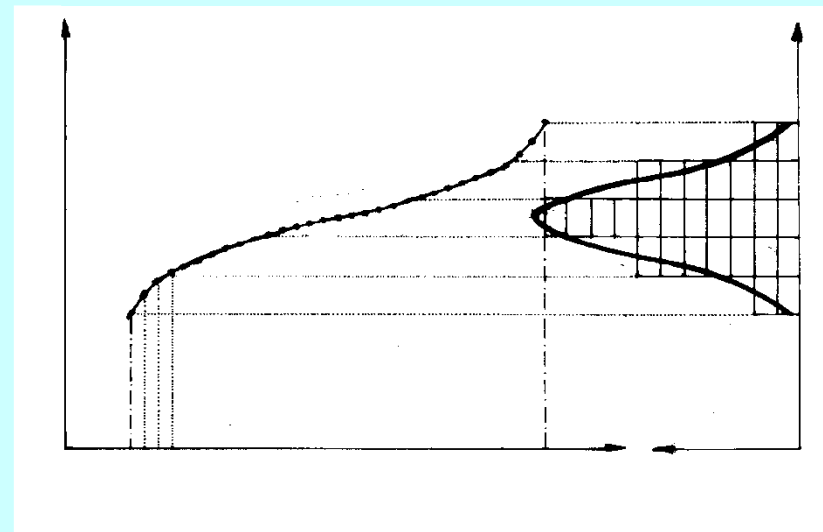
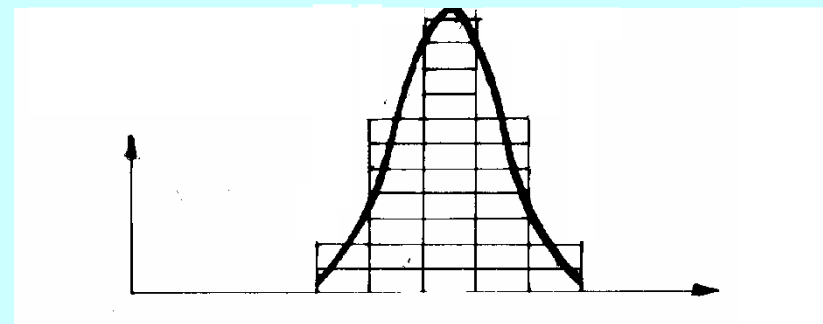
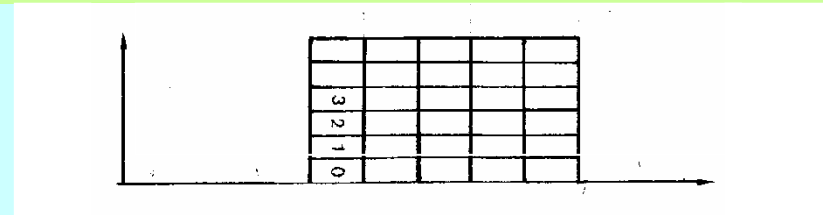
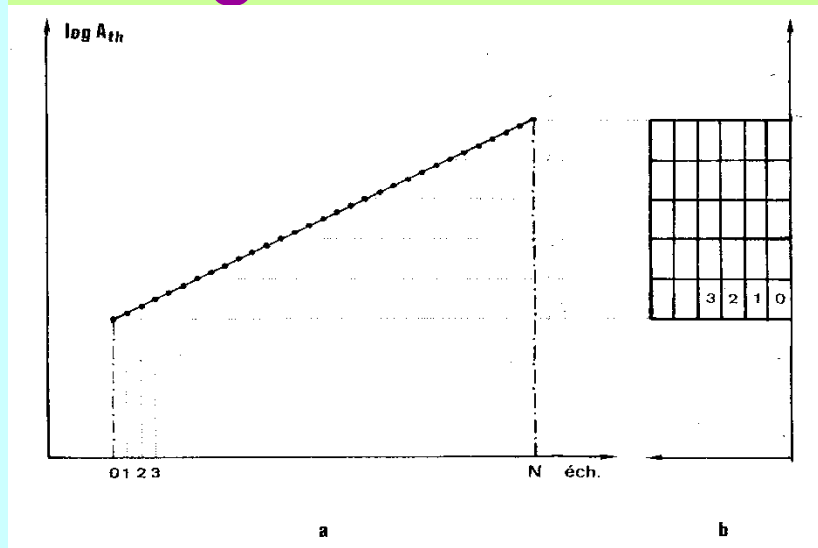
Notion d'HISTOGRAMME



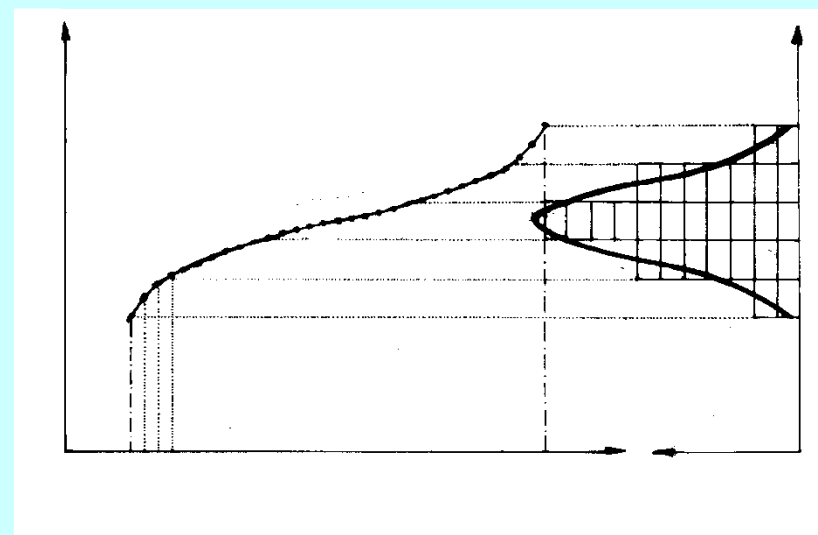
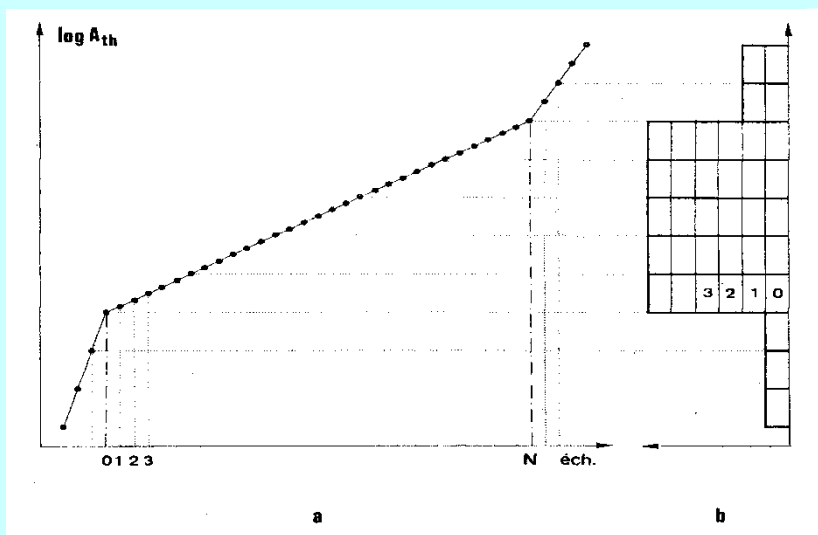
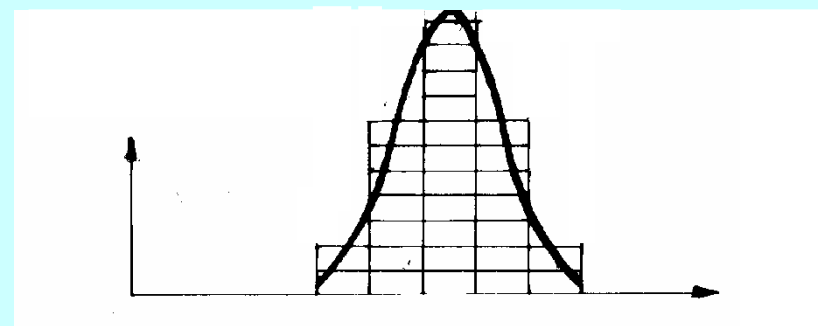
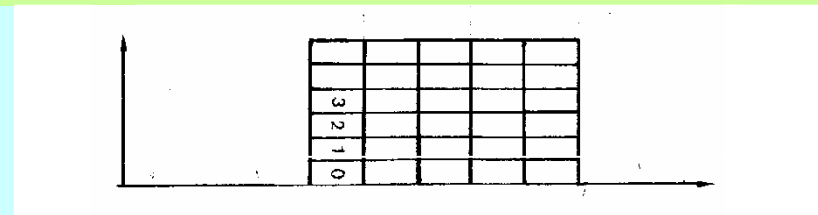
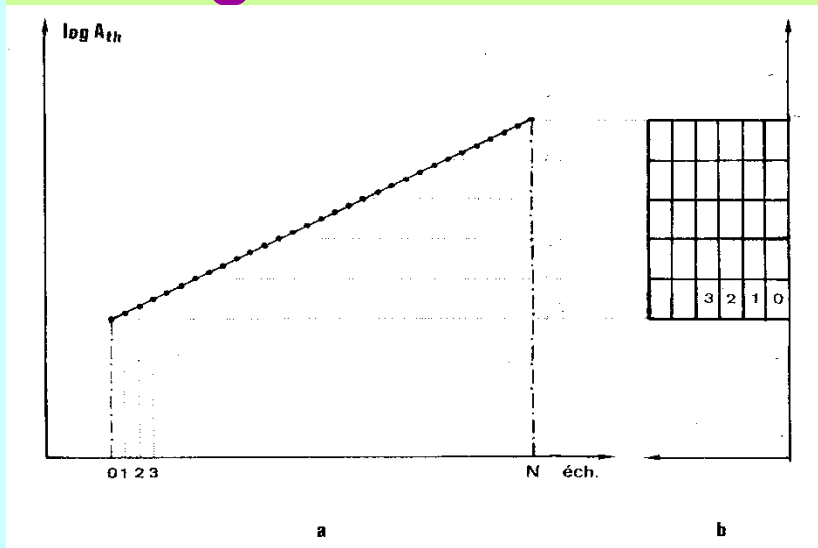
Signification de la distribution linéaire



Signification de la distribution linéaire



Signification de la distribution linéaire



Le radon

5. Propriétés physiques fondamentales:

Diffusion dans l'air

Diffusion au travers des solides

(Simple évocation mais essentielle !)

Remarque générale:
Rn comparable aux autres GAZ

sauf:

toujours ultra dilué (« ultra rare »)
dans l'air ou les liquides à prendre considération

PROBABILITE INFIME que 2 atomes Rn se rencontrent (agit. therm.)

mais:

si cet aspect peut être passionnant pour le physicien pur et dur,
seule conséquence apparente « pour nous » :
grande longueur de diffusion (libre parcours > m)

Rn peut s'insinuer partout et vite
pour tendre à l'uniformisation de la pression
(propriété générale des gaz !!)

Diffusion du radon dans l'air

Rn peut s'infiltrer partout et vite
pour tendre à l'uniformisation de la pression
(propriété générale des gaz !!)

CONSEQUENCES PRINCIPALES

1. Dans 1 local à l'équilibre :

les gaz ne se stratifient pas

« isobarité »

répartition uniforme

2. Entre locaux hors équilibre:

« infiltration »

quelle que soit la finesse de la fissure (ou le diamètre du trou)
seule change la vitesse de « remplissage » du local le plus pauvre

Diffusion du radon au travers de solides

Parmi les plus mauvais « isolants » :

Argile sèche (vides ventilés !)

Silicone (obturation joints et fissures !!!!!!!!!!!)

Caoutchouc

Les meilleurs:

Argile plastique (humide : nature)

Métaux

Verre

Polyester, polyuréthane (obturation joints et fissures)

Tygon® (tuyaux souples / appareillages de mesure)

Diffusion du radon au travers de solides

Parmi les plus mauvais « isolants » :

Argile sèche (vides ventilés !)

Silicone (obturation joints et fissures !!!!!!!!!!!)

Caoutchouc

FR Tuyau en silicone

- Pour pompes à air pour aquarium avec raccords pour tuyau de diamètre 4 mm (intérieur)
- Facile à déplacer. Ne convient pas pour CO₂