

Les substances radioactives naturelles (SRN) se trouvent partout dans notre environnement et même en nous. Certaines substances incluent des nucléides radioactifs naturellement présents, en concentration suffisamment élevée pour qu'ils puissent facilement être détectés par rapport au rayonnement de fond. La classification périodique des éléments liste environ 108 éléments. De ces 108, l'uranium est l'élément naturel le plus lourd (nombre atomique 92, nombre de masse 238). Tous les éléments ont des isotopes radioactifs, même si on ne trouve pas certains de ceux-ci dans la nature, à cause de leur demi-vie très courte. Le **Tableau des nucléides** [1] identifie plus de 3 166 nucléides (certains des éléments n'ont même pas encore été nommés).

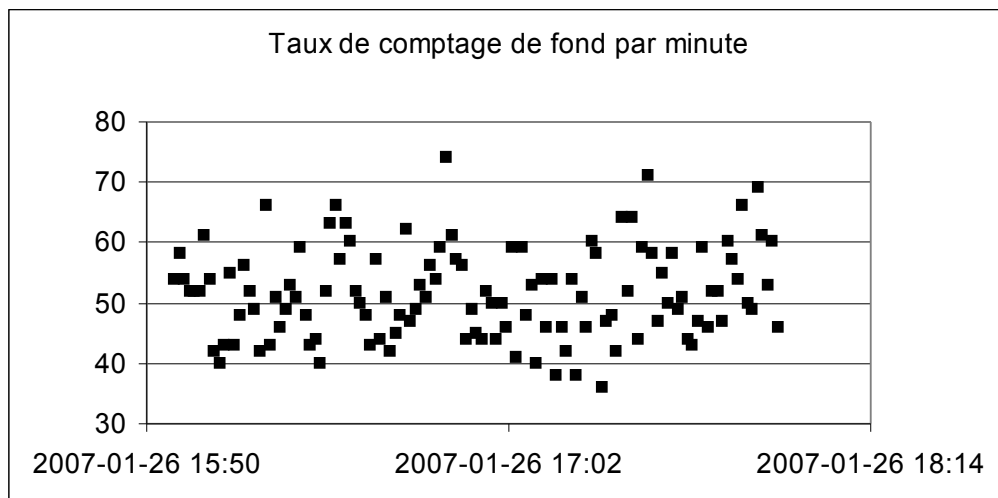
Rayonnement de fond

Le rayonnement de fond est dû aux nucléides radioactifs naturels, à la désintégration du gaz radon qui est formé localement ou qui est transporté d'ailleurs par le vent, aux rayons cosmiques [2], et à la retombée radioactive provenant des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère (faits avant la signature du traité défendant ces essais dans l'atmosphère).

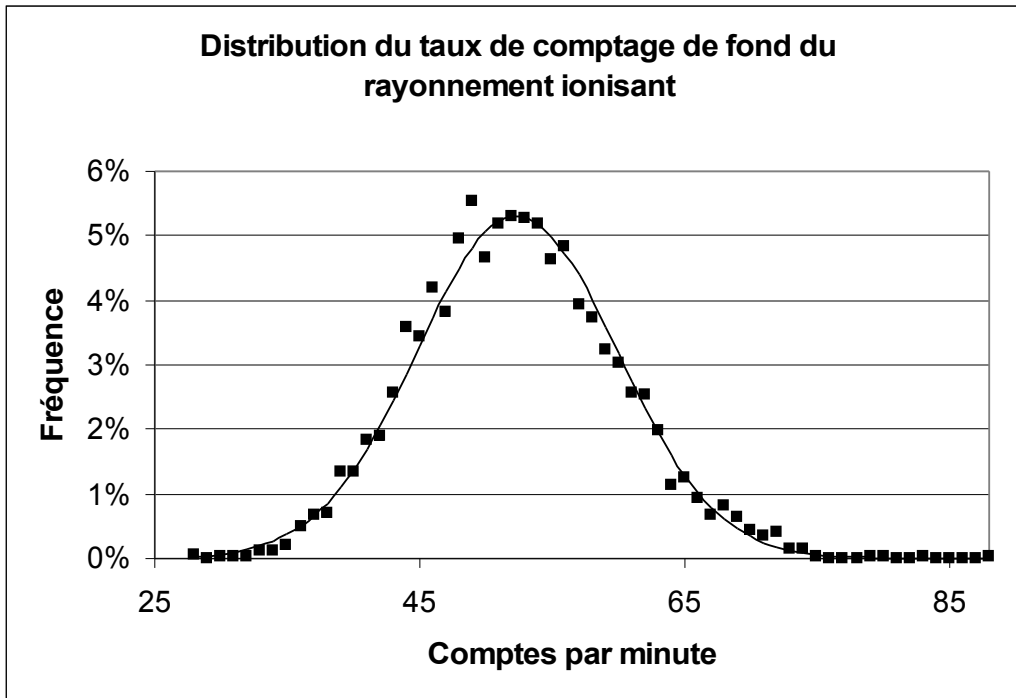
Un compteur Geiger-Mueller est une chambre en métal remplie de gaz, avec un électrode à haute tension à l'intérieur [3]. Ce détecteur a une fenêtre mince en métal ou en mica qui permet au rayonnement ionisant de type varié et sur un large intervalle en énergie de pénétrer à l'intérieur et d'interagir avec le gaz. Le rayonnement ionise les atomes de gaz par collision avec des électrons : il peut ainsi parfois les « libérer » de leur attraction au noyau atomique. Les électrons ainsi libérés sont accélérés par le champ électrique de l'électrode, ce qui donne lieu à l'ionisation d'autres atomes du gaz. Cette multiplication des ionisations cause un arc électrique assez puissant pour être détecté par les équipements électroniques associés.

L'interaction avec le détecteur **d'un seul** photon à haute énergie, d'une particule alpha (un noyau d'atome d'hélium), ou d'une particule bêta (électron de haute énergie) est détectable. Le détecteur ne peut réagir à des ionisations subséquentes si celles-ci se présentent à l'intérieur d'un « temps mort » (l'intervalle de temps avant que le détecteur ne puisse répondre à nouveau, typiquement 30 à 40 μ s).

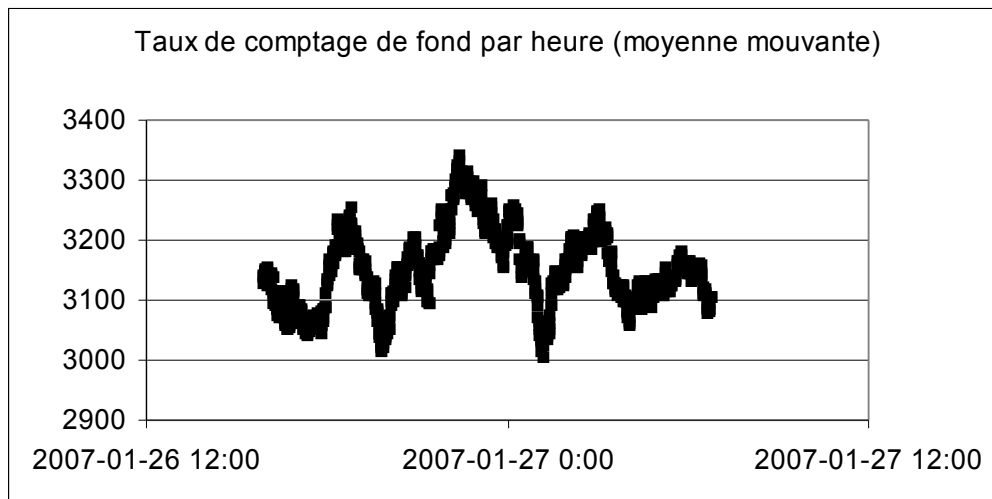
Le rayonnement de fond dans le sous-sol d'une maison à Deep River, en Ontario, a été mesuré et enregistré pendant 3807 minutes, sur une période de plusieurs semaines. Le nombre d'événements détectés chaque minute (par Geiger RM80 [3]) a été enregistré sur ordinateur. Le taux de comptage par minute sur un intervalle de deux heures est représenté graphiquement ici.



Le taux de comptage varie de minute en minute, ce qui en rend l'interprétation difficile. Le graphique ci-dessous montre (au moyen d'un histogramme) la fréquence observée de chaque valeur du taux de comptage par minute, ainsi qu'une distribution « normale » (gaussienne) ayant la même moyenne et la même déviation standard. (Ce n'est pas la distribution qui donne l'ajustement optimal, mais elle est facile à développer sur une feuille de calcul électronique, de même que l'histogramme.)



Le taux de comptage moyen est d'environ 52 comptes par minute. Il est évident que la distribution approxime une distribution normale. *Pourquoi dévie-t-elle?* Les processus qui sont à l'origine du rayonnement de fond ne sont pas constants dans le temps ! Pour mieux étudier ceci, le taux de comptage de fond a été analysé à l'aide d'un filtre numérique afin de calculer une moyenne par heure mouvante. Le graphique ci-dessous montre le résultat de cette analyse filtre pour le segment continu le plus long.

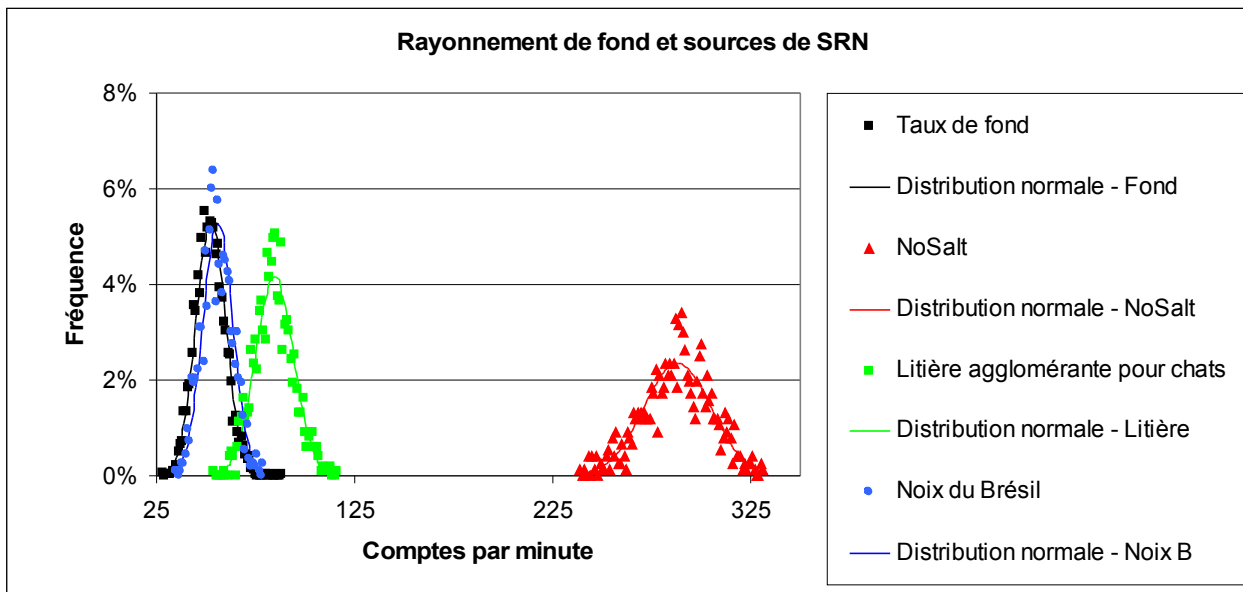


On voit que le taux de comptage varie d'environ 10% d'un pic à l'autre sur un intervalle de plusieurs heures. *Quels sont les facteurs qui influencent ce taux de comptage de fond?* La vitesse et la direction du vent, ainsi que le système de chauffage de la maison, peuvent faire varier l'apport du radon au taux de fond. Celui des rayons cosmiques dépend en partie de la partie de la galaxie qui est au zénith en fonction

du temps sidéral.

Détecter une source

Quand une source de rayonnement ionisant est proche du détecteur, le rayonnement émanant de cette source est détecté en plus du taux de comptage de fond. La source peut aussi servir d'écran pour une partie du rayonnement de fond, ou même en diffuser une partie, qui aurait pu être détectée en l'absence de ces effets. Les distributions correspondant à quelques conditions de comptage différentes sont représentées graphiquement ci-dessous.



Sur l'échelle du graphique il est difficile de distinguer une différence entre la distribution normale du taux de comptage correspondant aux noix du Brésil et celle correspondant au taux de fond. Par contraste, on distingue facilement la litière agglomérante pour chats du taux de fond, tandis qu'un contenant de NoSalt® donne des taux de comptage beaucoup plus élevés.

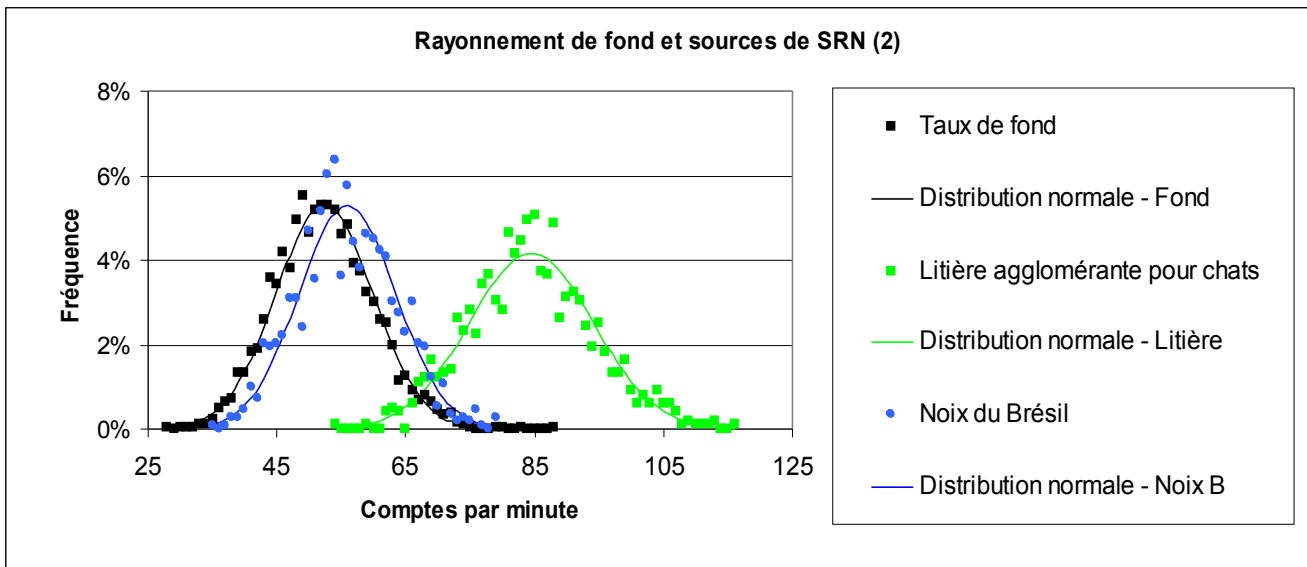
NoSalt® est un chlorure de potassium, une source raffinée et relativement pure de potassium [4]. Le potassium-40 (^{40}K) est un nucléide radioactif naturel. Son abondance atomique relative est de 0,0117% (c'est-à-dire que 11 ou 12 atomes de potassium sur 1 million sont des atomes de cet isotope). Dans la distribution mesurée qui est illustrée, ce sont surtout les rayons gamma provenant de la désintégration du ^{40}K qui étaient détectés. 89% des désintégrations du K-40 donnent des électrons (β^-) de 1,3 MeV, qui sont plus facilement diffusés ou absorbés que les γ de 1,46 MeV associés au 11% des désintégrations par capture d'électron. ^{40}K a une demi-vie de $1,277 \times 10^9$ années – ce qui est du même ordre de grandeur que la demi-vie des isotopes radioactifs d'uranium présents dans la nature.

Si l'on omet les résultats pour le NoSalt® et l'on ajuste l'échelle de l'axe X, la différence devient plus apparente – voir plus bas.

La litière agglomérante pour chats contient de l'argile bentonite [5, 6]. Cette substance a des concentrations relativement élevées d'uranium, de thorium et de potassium. Au prix d'environ \$1 le litre, c'est une source de rayonnement ionisant peu coûteuse. Les noix du Brésil ont des concentrations relativement élevées des nucléides présents dans les chaînes de désintégration de l'uranium et du thorium [7]. De petits morceaux de noix du Brésil, et de la poudre de coquilles de noix du Brésil, ont donné des taux de comptage semblables à ceux qui sont illustrés.

Les nucléides de métaux lourds, par exemple ceux de l'uranium et du thorium, se désintègrent par émission de particules alpha. La majorité des particules alpha sont absorbées dans le matériel lui-même, et n'interagissent pas avec le détecteur Geiger. Les atomes créés dans la désintégration par émission de particules alpha sont eux aussi radioactifs, et le chaîne de désintégrations qui en résulte est souvent en

équilibre avec la source de nucléides lourds (à moins que le matériel n'ait été traité chimiquement). Plusieurs des désintégrations des étapes subséquentes émettent un rayonnement gamma, qui est le plus facile à détecter.



Tandis qu'il est possible de démontrer assez facilement que le NoSalt® et la litière agglomérante pour chats sont radioactifs, il faut un intervalle de comptage plus long pour démontrer que les sources plus faibles, telles les noix du Brésil, sont en fait radioactives.

Où obtenir des sources de SRN

Toutes ces sources de SRN sont disponibles dans la plupart des épicereries. L'origine de leur radioactivité est antérieure à la formation du système solaire.

Les Règlements sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement, *Gazette du Canada Partie II, Vol. 134, No. 13, 2000-06-21* (www.nuclearsafety.gc.ca/pubs_catalogue/uploads/Sor207.pdf) stipule la quantité de toute substance radioactive que l'on a le droit d'avoir en sa possession pour usage comme source radioactive sans avoir un permis de la Commission canadienne de sûreté nucléaire. Voir [4].

Si l'on utilise un détecteur Geiger-Muller moins sensible l'on obtient des résultats semblables, avec des taux de comptage moins élevés. Il faudra donc sans doute des intervalles de comptage plus longs pour identifier les sources faibles par rapport au taux de comptage de fond. Un exemple avec RM70 suit [2].

Références:

[1] Tableau des nucléides:

www.mndc.bnl.gov

[2] La radioactivité naturelle:

www.physics.isu.edu/radinf/natural.htm

[3] Aware Electronics: www.aw-el.com

[4] SNC, « Feuillet éducatif sur Nu-Salt ou NoSalt comme source radioactive » :

www.cns-snc.ca/ecc/K40_4pg_fr.pdf

[5] Les produits radioactifs au consommateur :

www.orau.org/ptp/collection/consumer_products/consumer.htm

[6] Litière pour chats: www.orau.org/PTP/collection/consumer%20products/catlitter.htm

[7] Noix du Brésil : www.orau.org/PTP/collection/consumer%20products/brazilnuts.htm

