



Société Nucléaire Canadienne

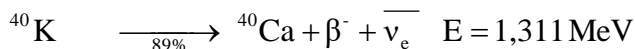
Feuillelet éducatif sur succédanés de sel comme
source radioactive

www.cns-snc.ca → Outreach → Teachers ...

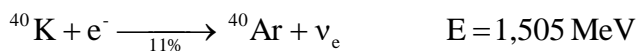
$^{40}_{19}\text{K}$

Nu-Salt®, NoSalt®,
ou Windsor® Sans Sel

Le Potassium-40 (^{40}K) est un isotope radioactif naturel de l'élément potassium, qui représente environ 2,4% (par poids) de la croûte terrestre. Le ^{40}K est un élément primordial : sa demi-vie est de $1,248 \times 10^9$ ans [1]. L'abondance atomique relative du ^{40}K est de 0,0117% (celle du ^{39}K est 93,26% et celle du ^{41}K est 6,73%, et ces deux isotopes sont stables).

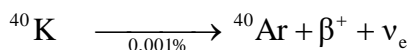


(Le ^{40}Ca et l' ^{40}Ar sont stables, énergie moyenne β^- de 560 keV)



(La capture d'un électron, ou la désintégration par émission de β^+ (0,001%), donne de l' ^{40}Ar et des rayons γ)

$$\gamma = 1,46 \text{ MeV}$$



(énergie moyenne β^+ de 0,24 MeV; le β^+ s'annihile en interagissant avec un e^- , avec l'émission de 2 γ de 0,511 MeV dans des directions opposées)

Dans l'eau, les particules bêta d'énergie la plus élevée peuvent traverser une distance maximum d'un centimètre. Les interactions de ces particules avec les atomes des matières ambiantes donnent des particules bêta de plus basse énergie, ainsi que des rayons gamma de basse énergie. Les neutrinos et anti-neutrinos emportent une certaine fraction de l'énergie. La capture d'un électron est suivie de transitions d'électron orbital vers des niveaux de plus en plus bas en énergie, avec émission de rayons X d'énergie allant jusqu'au maximum indiqué.

Le rapport $^{40}\text{Ar} / ^{40}\text{K}$ dans les matières qui interceptent l'argon peut être utilisé dans la datation géologique.

Malgré que le potassium soit un élément très commun, on ne le trouve pas d'habitude en forme concentrée (sauf comme potasse dans les fertilisants). Nu-Salt® et NoSalt® sont des succédanés alimentaires du sel de table (le chlorure de sodium). Les médecins recommandent ces produits à certains patients, afin de réduire leur consommation de sodium. (N.B.: Le chlorure de potassium est administré de manière intraveineuse dans certaines procédures médicales pour son effet sur le rythme cardiaque, et une solution *concentrée* est utilisée dans certains pays comme *moyen d'exécution par injection mortelle*.)



Ces succédanés de sel offrent une source radioactive naturelle pratique pour une utilisation dans les démonstrations en classe. Ils sont facilement disponibles à faible coût dans les épiceries et les pharmacies.

La page des Questions Souvent Posées (QSP, « FAQ » en anglais) de Nu-Salt® contient les détails suivants [2]:

1. **Quels sont les ingrédients de Nu-Salt®?**

Nu-Salt contient du chlorure de potassium, de la crème de tartre, du silicate de calcium, et des saveurs naturelles dérivées d'agrumes et de miel.

2. **Quelle est la fonction de chaque ingrédient?**

Chlorure de potassium = succédané de sel.

Crème de tartre = modifie la saveur.

Silicate de calcium = agent antimottant (agent « d'anticaking »).

Saveur naturelle = modifie la saveur.

3. Pourquoi le *Nu-Salt*® contient-il tant de potassium?

Les adultes requièrent un minimum de 1 600 à 2 000 milligrammes (approximativement) de potassium par jour. Le *Nu-Salt* contient 530 milligrammes de potassium par 1/6 de cuillère à thé (1 g), ce qui correspond à environ la quantité de potassium dans une banane de taille moyenne, ou une tasse de cantaloup frais. Le chlorure de potassium est utilisé comme succédané de sel (chlorure de sodium).

Analyse

La page QSP de *Nu-Salt* indique qu'une (*grande?*) banane contient environ 528 mg de potassium. Le tableau suivant montre le contenu de potassium dans certaines denrées, ainsi qu'une évaluation approximative du niveau d'activité correspondant (environ 0,032 Bq par mg de potassium).

Contenu en potassium et niveau approximatif d'activité du potassium-40 dans certaines denrées				
Denrée	Portion	Potassium [mg]	⁴⁰ K [µg]	Activité [Bq]
Saucisses (« hot dog »)	1 (nature) / 98 g	143	16,7	4,5
Hamburger, galette double, condiments et légumes	1 / 226 g	570	66,7	18,1
Poulet à rôtir, rôti	¼ / 195 g	447	52,3	14,2
Pommes de terre, frites	10 frites / 50 g	306	35,8	9,7
Broccoli cru	3 bottes / 93 g	302	35,3	9,6
Café filtre	250 mL / 250 g	135	15,8	4,3
Banane crue	1 moyenne / 150 g	454	53,1	14,4
Jus d'orange, réfrigéré	250 mL / 263 g	500	58,5	15,9
Lait 2%	250 mL / 258 g	398	46,6	12,6
Lait écrémé	250 mL / 259 g	429	50,2	13,6
Figues, séchées, non cuites	10 / 137 g	1331	155,7	42,2
Pomme de terre, cuites au micro-ondes, chair et pelure	1 / 202 g	844	98,7	26,8
Bran Flakes, Post ^{MC}	175 mL / 37 g	177	20,6	5,6
Sirop d'érable	15 mL / 20 g	41	4,8	1,3
Pain entier	1 tranche / 28 g	71	8,3	2,3
Pain blanc	1 tranche / 25 g	30	4,0	1,0
Graines de tournesol	75 mL / 41 g	345	40,4	10,9
Beurre d'arachide	30 mL / 32 g	234	27,4	7,4
Oeuf	1 grand / 33 g	47	5,0	1,5

Source: "Valeur nutritive de quelques aliments usuels", Direction générale de la protection de la santé Canada: http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/fiche-nutri-data/nutrient_value-valeurs_nutritives-tc-tm-fra.php

Le contenant de 2,5 onces de *Nu-Salt*® contient environ 71 g de KCl - environ 34,7 g de potassium (0,96 molécule-gramme). Le contenant de *Nu-Salt* équivaut à environ 66 « grandes » bananes, chaque banane étant donc une source d'environ 17 Bq (à comparer avec les 14 Bq pour une moyenne banane, dans le tableau ci-haut).

Le contenant de *Nu-Salt* contient environ $5,73 \times 10^{23}$ atomes de potassium, dont $6,7 \times 10^{19}$ sont des atomes de ⁴⁰K. La moitié de ceux-ci se désintègrent en $1,25 \times 10^9$ années, donc, *en moyenne* 1 179 atomes de ⁴⁰K dans le contenant se désintègrent initialement chaque seconde, ce qui représente une source radioactive de 1,18 kBq.

Un plus grand contenant de *NoSalt*® et *Windsor*® Sans Sel (de 311 g) a environ $2,8 \times 10^{20}$ atomes de ⁴⁰K, dont 4 927 se désintègrent par seconde (*en moyenne*), c'est-à-dire une activité de 4,93 kBq. (Remarque re quantités d'exemption Annexe: ce qui correspond à 15,9 Bq / g.)

Une personne pesant 70 kg contient environ 140 g de potassium [3] - environ 4 fois le montant de potassium dans un contenant de 2,5 onces de *Nu-Salt* - ou à peu près 90% du montant dans le grand contenant de *NoSalt*. Ceci représente une source d'à peu près 4,44 kBq. Le ⁴⁰K est le radionucléide que l'on trouve en plus grande quantité dans le corps humain ; il y dépose une dose d'environ 0,2 mSv par année [4]. La valeur de référence de l'Apport

Suffisant du potassium est de 4700 mg chaque jour [5] (149 Bq). (Un mâle de 75 kg est une source d'environ 8 kBq [6].)

Nu-Salt®, *NoSalt*® et *Windsor*® Sans Sel sont de bonnes sources radioactives pour les salles de classe dans les écoles. On les trouve dans la section des épices dans les supermarchés et les pharmacies. Voir l'Annexe « Octroi de permis pour sources radioactives au Canada ».

Nu-Salt® est une marque de commerce déposée de Cumberland Packing Corp., Brooklyn, New York 11205.

NoSalt® est une marque de commerce déposée de Joh. A. Benckiser, GmbH.

Windsor® Sans Sel est une marque de commerce déposée de La Société canadienne de Sel, Limitée, Pointe-Claire Québec.

Les fertilisants chimiques sont une autre source commune de potassium concentré. Dans ce cas, le potassium est en forme de "potasse soluble", K_2O . Les fertilisants pour pelouse, tel le 7-7-7, contiennent 7% (par poids) de potasse soluble [7]. (L'azote total - le premier des trois chiffres - est également 7%; ceci n'inclut pas les autres éléments présents dans les molécules contenant de l'azote.) Ce fertilisant est une source beaucoup plus faible de ^{40}K que le chlorure de potassium, à 18 kBq dans un sac de 10 kg de 7-7-7 (ou 1,8 Bq/g, comparé à ~16 Bq/g).

Références:

- [1] Carte des nucléides, www.nndc.bnl.gov/chart/
- [2] Page internet du Nu-Salt, www.nusalt.com
- [3] Ed Uthman, M.D., "Elemental Composition of the Human Body", web2.iadfw.net/uthman/elements_of_body.html
- [4] Radioactivity in Nature, Idaho State University; <http://physics.isu.edu/radinf/natural.htm>
- [5] http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/reference/table/ref_elements_tbl_f.html
- [6] Potassium-40 – New Mexico State University phi.nmsu.edu/~pvs/teaching/phys593/potassium.pdf (originally from Argonne National Laboratory)
- [7] <http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/7-7-7.pdf>

Suggestions d'expériences:

1. Quelle densité de masse par surface est requise pour réduire de moitié le taux de comptage « excédentaire » (différence entre le taux de comptage obtenu et le taux de comptage du fond naturel de rayonnement)?
(Suggestion : Utiliser des feuilles minces de substances de faible Z, tels le papier ou les feuilles d'aluminium.)
2. Mesurer le taux de comptage excédentaire obtenu avec une masse connue de KCl, par rapport au taux de comptage de fond. Calculer la radioactivité de cet échantillon. Déterminer l'efficacité de la disposition de votre détecteur.
(Suggestion : Négliger la rétrodiffusion provenant de la table, normaliser le taux de comptage en divisant par le rapport de la surface fenêtre de votre détecteur à la surface d'une sphère ayant un rayon égal à la distance source-détecteur.)
- Quelle disposition maximise l'efficacité?

COMMENTAIRES? S'il vous plaît envoyez-nous vos commentaires sur cette fiche d'information.
ecc@cns-snc.ca

Exemple de procédure et résultats:

Improvisez un « piédestal » pour placer le détecteur *Aware*® au dessus de l'échantillon, par exemple utiliser un petit verre en plastic de diamètre à peu près égal. Pour un détecteur RM-80, le contenant en plastic pour « muffin » est de taille appropriée.

1. Utiliser une petite quantité de sel de table (NaCl) - disons ¼ de cuillère à thé (1,25 mL). Vous aurez peut-être besoin d'une bouteille en plastic ou autre contenant afin d'assurer que le diamètre de la pile de sel est environ le même que celui de la fenêtre du détecteur.
2. Mesurer le taux de comptage de fond.
3. Remplacer le sel de table par une quantité égale de KCl.
4. Mesurer le taux de comptage.
5. Couper une feuille mince d'aluminium en petits cercles de même diamètre que l'intérieur du piédestal.
6. Ajouter les cercles d'aluminium un à la fois (au moins 8), et mesurer le taux de comptage à chaque fois.
7. Revérifier une fois de plus le taux de comptage de fond.
8. Représentez graphiquement le de taux de comptage excédentaire en fonction du nombre de disques d'aluminium.

Veillez noter que cette expérience mesure un champ de rayonnement mixte (électrons énergétiques et rayons gamma). Les électrons énergétiques sont atténués par une petite quantité d'aluminium. Les rayons gamma ne sont pas atténués aussi facilement. Il se peut que le taux de comptage augmente après un premier minimum. Comme explications possibles, il faut mentionner la diffusion de rayons gamma, qui produirait une « dose » d'électrons de faible énergie, pouvant être comptés plus efficacement que les gammas, ou autres effets de diffusion.

Ce genre de graphique présente d'habitude des « barres d'incertitude ». Qu'est-ce qui détermine la grandeur de ces barres?

Annexe

Octrois de permis pour sources radioactives au Canada

La Commission Canadienne de Sûreté Nucléaire (anciennement nommée Commission de contrôle de l'énergie atomique) est l'agence du Gouvernement du Canada responsable d'octrois de permis pour l'utilisation sécuritaire des sources radioactives.

Les Règlements sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement, Section 5, stipulent que la quantité (laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2000-207/TexteCompleet.html) exempte d'octroi de permis d'une source radioactive n'apparaissant pas sur « l'annexe 1 ». En cas de K^{40} la concentration d'activité est de 1×10^2 Bq / g et l'activité maximale est de 1×10^6 Bq. Comme indiqué précédemment, le KCl correspond à 15,9 Bq / g. Par conséquent, tant que le montant total est inférieur à 70 kg (202 conteneurs) l'activité maximale ne sera pas dépassée.

Par conséquent, pour être utilisé comme une source radioactive, on peut avoir un maximum de 202 *NoSalt*® ou *Windsor*® Sans Sel conteneurs (65 kg) sans avoir obtenu un permis de la CCSN.

La vente et la consommation de KCl comme succédané alimentaire du NaCl sont sujettes aux règlements de Santé Canada. Dans le cas du KCl, les épiceries et les pharmacies, ainsi que les consommateurs, ne sont pas sujets aux règlements de la CCSN, étant donné qu'ils ne possèdent pas cette substance aux fins de l'utiliser comme source de rayonnement ionisant.

Pour plus d'informations, veuillez vous mettre en contact avec le Comité de l'éducation et des communications de la SNC ⇒ <http://www.cns-snc.ca/>