Commission de Recherche et d'Information Indépendantes
sur la Radioactivité

RADIAMETRE RADEX RD 1212

MANUEL D'UTILISATION

ET INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

NOTE CRIIRAD N°16-54 V1

LABORATOIRE DE LA CRIIRAD
29, cours Manuel DE FALLA
26000 VALENCE

http://www.criirad.org
radex@criirad.org

☎ 04 75 41 82 58
(lundi-vendredi, 10h-12h)
🗎 04 75 81 26 48

Droits d'auteur

Document élaboré par la CRIIRAD :

- Julien SYREN, ingénieur géologue, responsable du service radiamètres, pour les parties 1, 2, 3, 5, 9, 10, 11 ;
- Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire, directeur du laboratoire, pour les parties 4, 6, 7, 8.

Reproduction et diffusion même partielles interdites sans autorisation préalable.

SOMMAIRE

MANUEL D'UTILISATION

1 Introduction : applications et limites du RADEX RD1212 4
1.1 Applications 4
1.2 Limites 5
2 Présentation du RADEX RD1212 6
2.1 Vue d'ensemble 6
2.2 Précautions d'emploi 8
3 Mode d'emploi 9
3.1 Alimentation 9
3.2 Mise en fonctionnement et arrêt de l'appareil 9
3.3 Mesures 10
3.4 Emplacement du tube Geiger-Müller 11
3.5 Fonctionnalités supplémentaires 13
4 Interprétation des mesures : notions de base 18
4.1 Principe du détecteur 18
4.2 Que mesure le RADEX RD1212 ? 18
4.3 Avertissement préalable : soyez prudents 19
4.4 Mesures d'ambiance 20
4.5 Mesures au contact 23
5 CONDITIONS DE GARANTIE DU RADEX RD1212 26

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

6 Exemples d'utilisation de radiamètres / sols 27
7 Exemples d'utilisation de radiamètres / eau et aliments 37
8 Exemples d'utilisation de radiamètres / objets de la vie courante 41
9 Performances du RADEX RD1212 48
10 Principales caractéristiques du RADEX RD1212 53

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

1 Introduction : applications et limites du RADEX RD1212

Le RADEX RD1212[1] est un radiamètre grand public diffusé par la CRIIRAD depuis 2017, sensible aux rayonnements gamma, X et aux particules bêta de haute énergie. Il remplace le RADEX RD1503, et le QUARTEX RD8901, que la CRIIRAD avait mis en vente respectivement entre 2005 et 2017 et entre 1995 et 2005. La gamme de mesure du RADEX RD1212 (0 à 999 µSv/h) est plus étendue que celle de ses prédécesseurs (0 à 9,99 µSv/h).

Cet appareil est destiné à l'usage des particuliers en tant qu'outil de prédétection et ne saurait être recommandé pour des usages professionnels. Les applications et les limites du détecteur sont présentées ci-dessous.

1.1 Applications

Cet appareil peut vous permettre :

- d'estimer l'exposition externe ambiante due aux rayonnements gamma (et aux particules bêta les plus énergétiques) en un lieu donné,
- de contrôler de petits objets de la vie courante susceptibles d'être radioactifs (réveils, montres, manchons de lampes à gaz, paratonnerres, détecteurs d'incendie, émanateurs au radium, poteries, carreaux, céramiques, …),
- de détecter la présence de sources radioactives ou de niveaux de contamination radiologique importants dans l'environnement.

Vous trouverez ci-dessous une liste non exhaustive de situations rencontrées dans l'environnement où ce compteur Geiger peut détecter une anomalie radiamétrique :

1/ Mise en évidence de l'augmentation de l'irradiation externe en altitude. Exemple : voyage en avion à 10 000 mètres d'altitude.

2/ Mise en évidence de niveaux de radiation anormalement élevés au voisinage d'installations nucléaires (influence de l'entreposage de matières radioactives détectable à proximité des clôtures) ou de véhicules (trains, camions) transportant des matières radioactives.

3/ Mise en évidence du caractère irradiant de minéraux (ex : pechblende) dans les musées ou chez les collectionneurs.

4/ Mise en évidence du caractère irradiant de certaines galeries de mines et stockages de stériles autour d'anciens sites d'extraction d'uranium.

5/ Mise en évidence du caractère irradiant de personnes auxquelles ont été administrés un ou plusieurs radionucléides pour un radiodiagnostic ou une radiothérapie (iode 123, iode 131, technétium 99m, etc...).

[1] Il existe deux modèles de RADEX RD1212 : le RD1212 BT, équipé d'un système de transfert de données par technologie Bluetooth, et le RD1212, dépourvu de système Bluetooth (le transfert de données s'effectue par connexion USB). Ce manuel s'applique au modèle RD1212.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

1.2 Limites

Ce compteur Geiger, comme tous les radiamètres classiques, ne permet pas de répondre à tous les problèmes de radiodétection et de radioprotection.

A titre d'exemple, cet appareil n'est pas adapté :

- pour le contrôle de l'eau et des aliments, sauf en cas de contamination très importante. Ce point est développé dans le chapitre 7 page 37 ;
- pour la mesure du radon dans les habitations, qui nécessite l'utilisation de détecteurs spécifiques
  (cf. http://www.criirad.org/laboratoire/radon/pres.radon.html) ;
- pour la détection de certains radionucléides qui n'émettent pas de rayonnements situés dans la gamme de sensibilité du RADEX (émetteurs alpha purs, émetteurs bêta purs de faible énergie tels que le tritium) ;
- pour des contrôles à vitesse rapide, à l'intérieur d'un véhicule à 40 km/h par exemple, le temps de réaction de l'appareil étant trop long.

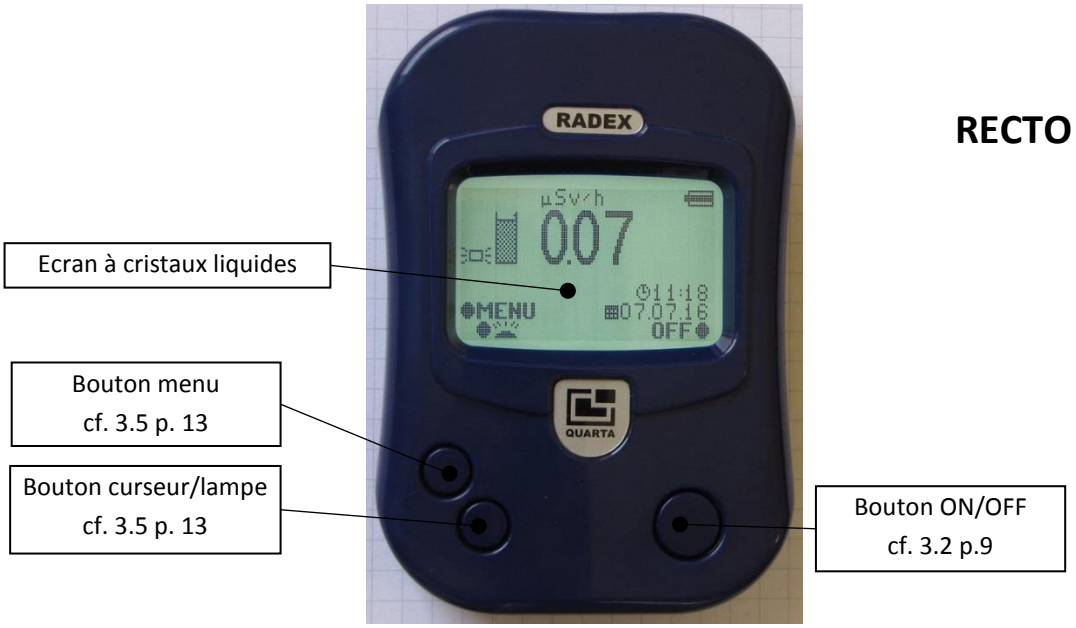
La CRIIRAD propose depuis 1995 un stage " Utilisation d'un compteur Geiger ". Lors de ce stage, des mesures pratiques effectuées au contact d'échantillons (dans des conditions de sécurité garanties) permettent de mettre en évidence les possibilités de mesure de compteurs Geiger grand public tels que le RADEX.

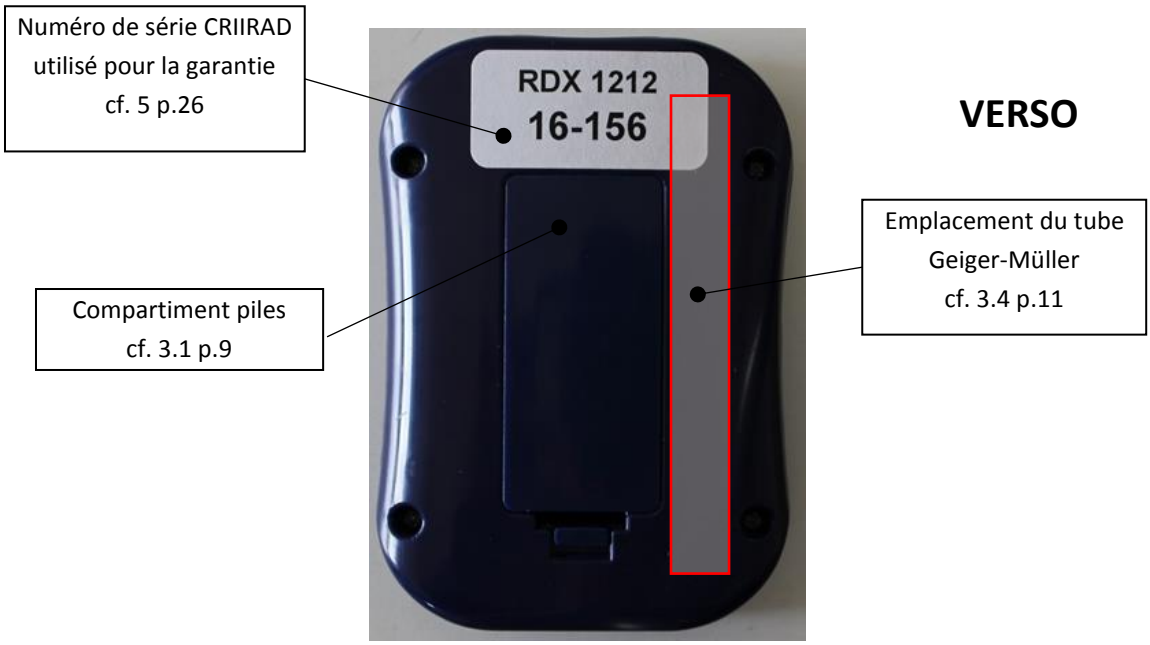
QUARTEX RD8901, RADEX RD1503 et RADEX RD1212 (photo CRIIRAD)

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

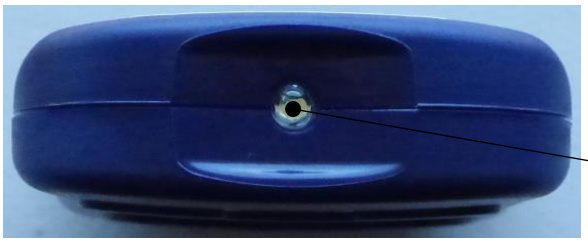
2 Présentation du RADEX RD1212

2.1 Vue d'ensemble





© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés



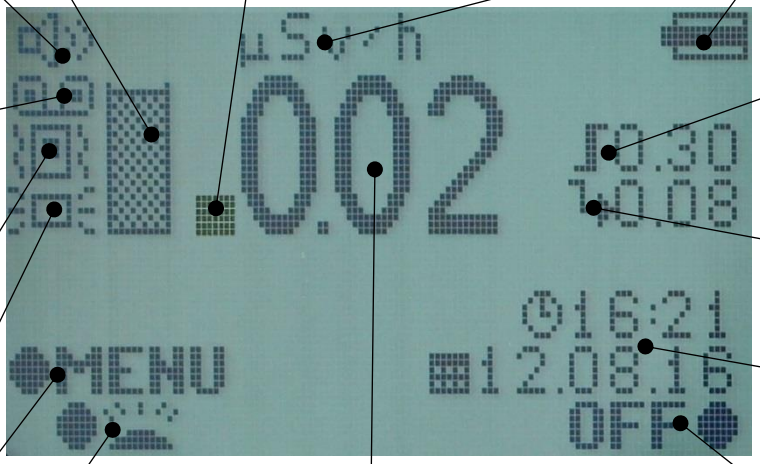
FACE SUPERIEURE

Lampe : cf. 3.5 p.13

FACE INFERIEURE

Port mini USB : cf. 3.5.4 p.16

ECRAN



Indicateur de durée de mesure Cf. 3.3 p.10

Carré visible à chaque détection de rayonnement Cf. 3.3 p.10

Unité

Témoin des piles Cf. 3.1 p.9

Son Cf. 3.5.5 p.17

Enregistrement des données Cf. 3.5.4 p.16

Seuil d'alarme sonore Cf. 3.5.2 p.14

Vibreur Cf. 3.5.5 p.17

Bruit de fond Cf. 3.5.3 p.14

Rétroéclairage Cf. 3.5.5 p.17

Date et heure Cf. 3.5.5 p.17

Fonction du bouton menu Cf. 3.5.1 p.14

Bouton ON/OFF Cf. 3.2 p.9

Résultat de mesure

Fonction du bouton curseur Cf. 3.5.1 p.14

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

2.2 Précautions d'emploi[2]

- S'assurer régulièrement que les piles sont en bon état
  (pour plus d'informations : cf. 3.1 p.9).
- Ne pas ouvrir le boîtier, le tube de détection est alimenté sous haute tension
  (pour plus d'informations : cf. 4.1 page 18).
- L'appareil n'est pas étanche et ne peut donc pas être utilisé nu sous la pluie* ou être placé dans l'eau. Si de l'eau entre dans l'appareil, il est nécessaire de l'éteindre, de l'essuyer avec un tissu doux, de le placer dans un endroit chaud et sec pour en déshumidifier complètement l'intérieur.
- Préserver l'appareil des chocs, de la poussière* et de l'humidité.
  (pour plus d'informations : cf. 4.5.3 page 25).
- Ne pas laisser de substances chimiques agressives, comme des acides, de l'alcali, des solvants, etc… tomber sur l'afficheur et éviter les zones où ces substances sont présentes.
- Ne pas essuyer l'afficheur avec un abrasif.
- Ne pas placer l'appareil dans un four à micro-ondes et ne pas l'approcher d'un ioniseur d'air ou d'un générateur d'ozone allumé.
- Ne pas laisser l'appareil exposé à la lumière solaire directe ou à la lumière fluorescente pendant une longue période.
- Si l'appareil a été stocké au froid, le laisser à température de la pièce pendant une heure avant utilisation pour éviter la condensation.
- Ne pas utiliser l'appareil en dehors des conditions d'environnement indiquées.

**** : il est possible de protéger le RADEX en l'enveloppant dans un sachet plastique transparent. Cette précaution n'altère pas la mesure.***

[2] Source : Nano Sense, ancien distributeur français du RADEX RD1503.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

3 Mode d'emploi

Le RADEX RD1212 est un petit appareil léger (moins de 100 grammes avec piles) et portable (9,7*6,8*2,4 cm).

Il est relativement robuste dans sa conception. Mais un tube Geiger est fragile par définition et il est évidemment déconseillé de faire subir à cet appareil des chocs, pressions, immersions ou de l'utiliser sous la pluie. Il ne s'agit pas en effet d'un appareil à usage professionnel et il devra être utilisé dans cet esprit.

3.1 Alimentation

L'appareil est alimenté par deux piles 1,5V de type LR03 (AAA)[3]. Son autonomie est de 300 heures[4]. Il est livré avec des piles (non rechargeables). Il peut également être utilisé avec des accumulateurs (rechargeables). Les piles sont placées dans un compartiment situé au dos de l'appareil. Il convient de respecter les polarités, de ne pas mélanger une pile usagée avec une pile neuve et d'enlever les piles en cas de non-utilisation prolongée.

Un témoin est situé en haut à droite de l'écran. : piles chargées / : piles déchargées (le passage de l'état « chargé » à l'état « déchargé » est progressif).

3.2 Mise en fonctionnement et arrêt de l'appareil

Le RADEX RD1212 est :

- mis en marche par une pression courte sur le bouton ON-OFF (gros bouton) ;
- arrêté par une pression prolongée sur le même bouton.

RADEX éteint **RADEX allumé**

[3] Contrairement au RADEX RD1503 précédemment commercialisé par la CRIIRAD, il n'est pas possible d'alimenter le RADEX RD1212 avec une seule pile.

[4] Avec 2 piles 1 350 mAh, ambiance < 0,3 µSv/h, options d'usine (cf. tableau p.53).

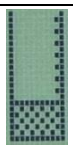
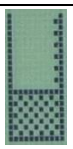
© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

(il faut attendre 10 secondes avant qu'une valeur s'affiche)

3.3 Mesures

Le comptage des rayonnements ionisants débute à la mise en fonctionnement de l'appareil. Pendant le temps de comptage, chaque impulsion est enregistrée et accompagnée par l'affichage de l'icône ■ et un signal sonore court (si le son est activé et le seuil désactivé). La fréquence d'apparition de l'icône sur l'écran est par conséquent proportionnelle à la quantité de rayonnements ionisants détectée.

Après la mise en fonctionnement (temps T_0), il faut attendre 10 secondes avant qu'une valeur s'affiche. De T_0 + 10 secondes à T_0 + 100 secondes, la valeur affichée correspond à la moyenne de tous les cycles de 10 secondes écoulés. Chaque cycle de 10 secondes est identifié par une icône représentant une échelle graduée qui se remplit progressivement (cf. tableau ci-après). Au-delà de T_0 + 100 secondes, la valeur affichée correspond à la moyenne glissante des 10 derniers cycles de 10 secondes, et l'échelle graduée reste pleine en permanence.

Icône										
Durée (s)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100 et plus

La série est interrompue soit par une mesure s'écartant sensiblement des résultats précédents (dans ce cas, l'appareil débute une nouvelle série), soit par l'arrêt de l'appareil.

Les résultats des premiers cycles de 10 secondes sont peu représentatifs. Afin d'optimiser la précision d'un contrôle, il est conseillé d'attendre 100 secondes avant de retenir le résultat. Dans la mesure du possible, il est souhaitable de réaliser dans les mêmes conditions de mesure, plusieurs comptages complets de 100 secondes, de vérifier la stabilité du résultat et de retenir la moyenne des résultats obtenus.

Il faut en effet toujours avoir à l'esprit que, quelle que soit la technique de mesure employée pour appréhender les phénomènes radioactifs (compteur Geiger, scintillateur, spectromètre), les rayonnements ionisants détectés sont émis lors de la désintégration des radionucléides présents dans l'environnement du détecteur. Cette désintégration, ainsi que la détection proprement dite des rayonnements, obéissent à des phénomènes statistiques.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

Ainsi, d'après le fabricant, l'incertitude[5] associée aux valeurs affichées par le RADEX RD1212 au bout d'un comptage complet de 100 secondes est de l'ordre de 75% à 0,1 µSv/h (cette valeur devrait donc se lire 0,10 ± 0,08), 45% à 0,2 µSv/h (0,20 ± 0,09), 35% à 0,3 µSv/h (0,3 ± 0,1), 21% à 1 µSv/h (1,0 ± 0,2).

Pour une même mesure, c'est-à-dire en un même lieu, ou au contact d'un même objet, plus la durée de comptage est longue ou encore plus la quantité de mesures est grande et meilleure est la probabilité que la moyenne de ces mesures corresponde à la réalité.

3.4 Emplacement du tube Geiger-Müller

Le RADEX RD1212 possède **un seul tube** Geiger-Müller, situé dans la longueur de l'appareil à gauche de l'écran. Si l'on regarde le verso de l'appareil, le tube occupe l'espace situé à droite du compartiment des piles et à gauche des deux vis[6].

C'est au niveau du tube que le RADEX est sensible aux rayonnements.

Il est important de noter que selon la distance et l'angle entre l'objet mesuré et le tube Geiger-Müller, ce dernier ne reçoit pas la même quantité de rayonnements et peut donc afficher des résultats différents. Afin de réaliser des séries de mesures comparables, il convient de toujours procéder selon le même protocole (par exemple en centrant toujours les objets mesurés sur la face arrière du Radex, ou en les plaçant toujours sur le côté de l'appareil). Dans certains cas il peut toutefois être intéressant d'effectuer plusieurs mesures à différents angles sur l'objet contrôlé, afin de documenter l'hétérogénéité du champ de rayonnement.

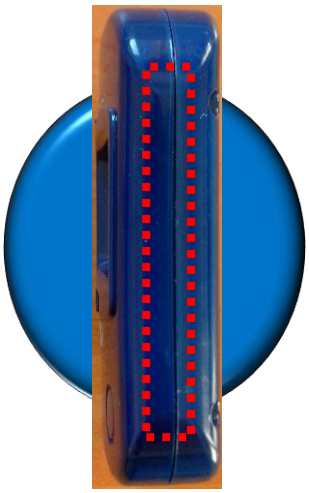
[5] L'incertitude est égale à 15 +6/P où P est le débit d'équivalent de dose en µSv/h.

[6] Contrairement au RADEX RD1503, le tube du RADEX RD1212 ne se trouve donc pas à l'extrémité de l'appareil.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

(1)
Objet centré
sur le dos du RADEX

(2)
Objet centré
sur le tube



(3)
Objet centré
sur le côté du RADEX
où se trouve le tube

Echantillon		Résultat (100 secondes)		
Code	**Nature**	**(1) Objet centré sur le dos du RADEX**	**(2) Objet centré sur le tube**	**(3) Objet centré sur le côté du RADEX où se trouve le tube**
SA 06	Carreau de cuisine (^{238}U)	10,5 µSv/h	Non mesuré	7,8 µSv/h
SR 04	Réveil (^{226}Ra)	2,2 µSv/h	3,5 µSv/h	2,4 µSv/h
SR 07-1	Manchon de lampe à gaz (^{232}Th)	4,3 µSv/h	6,3 µSv/h	3,9 µSv/h

<u>Disparité des résultats pour un même objet selon la façon de le mesurer</u>

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

3.5 Fonctionnalités supplémentaires

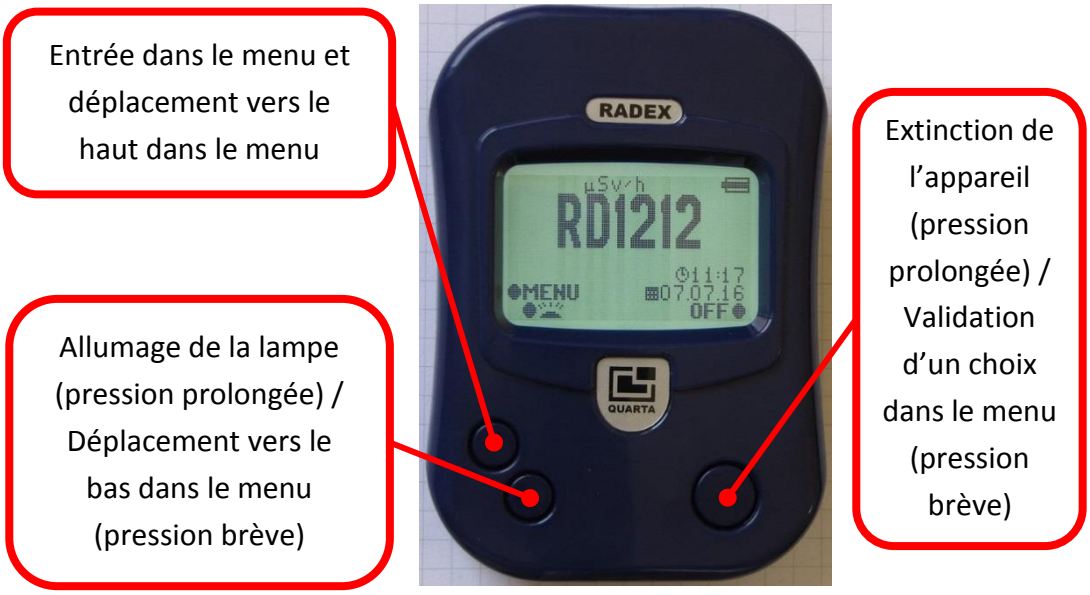
Le RADEX RD1212 présente les fonctionnalités suivantes : mise en place de seuils d'alarme, paramétrage d'un bruit de fond, enregistrement des données, signal sonore, vibreur, rétro-éclairage, paramétrage de la date et de l'heure, choix de la langue.

Ces fonctionnalités peuvent être réglées à partir d'un menu visible sur l'écran d'affichage.

La navigation au sein des menus est effectuée à l'aide des trois boutons situés en bas de l'écran du RADEX :

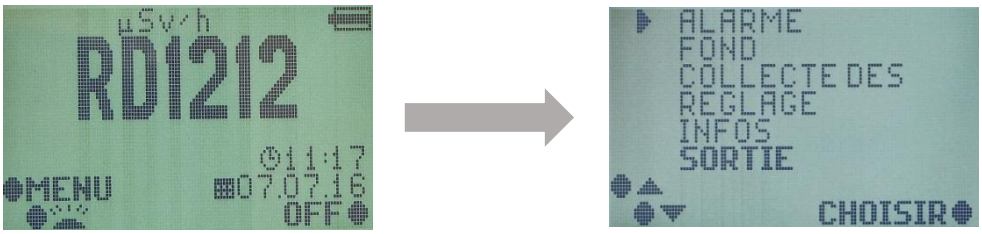
- le petit bouton du haut est utilisé pour entrer dans le menu général, puis pour se déplacer vers le haut dans les menus suivants ;
- le petit bouton du bas est utilisé pour allumer la lampe située en haut de l'appareil (pression prolongée) ou pour se déplacer vers le bas au sein d'un menu (pression brève) ;
- le gros bouton est utilisé pour éteindre l'appareil (pression prolongée) ou pour valider un choix dans un menu (pression brève).

En entrant dans le menu général le cycle de mesures est arrêté. La sortie du menu général s'effectue soit au moyen du choix **SORTIE** du menu général, soit après 30 secondes d'inactivité dans l'un des menus, et entraîne le démarrage d'un nouveau cycle de mesures.



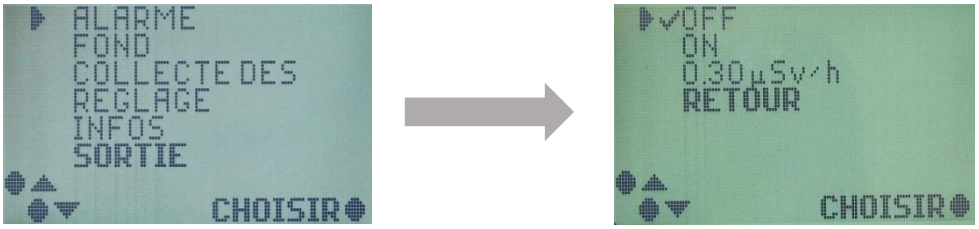
© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

3.5.1 Menu principal



L'accès au menu principal s'effectue à partir de la fenêtre initiale de mesure, en pressant le petit bouton du haut. Sur ce menu principal figurent la liste de 5 sous-menus (**ALARME**, **FOND**, collecte des données intitulé **COLLECTE DES**, **REGLAGE**, **INFOS**[7]) ainsi qu'un choix **SORTIE** permettant de revenir à la fenêtre de mesure.

3.5.2 Seuils d'alarme



Le sous-menu **ALARME** permet de sélectionner un seuil d'alarme compris entre 0,05 et 1,20 µSv/h (réglable par pas de 0,05 µSv/h) ou de désactiver cette fonction. Le signal sonore est émis à chaque détection d'un rayonnement si la fonction **ALARME** est désactivée, ou seulement si le débit d'équivalent de dose mesuré excède la valeur du seuil lorsqu'un seuil est paramétré.

Attention, la fonction **ALARME** n'est opérationnelle que si le son est activé (cf. 3.5.5 p.17).

3.5.3 Fond

L'option **FOND** permet d'effectuer des mesures « nettes », correspondant aux mesures « brutes » auxquelles est retranché un bruit de fond.

[7] Coordonnées de la société Quarta-Rad, fabricant du RADEX, et numéro de série de l'appareil. Le RADEX possède également un numéro attribué par la CRIIRAD lors de la vérification des appareils avant distribution. C'est ce numéro qui est utilisé pour la garantie d'1 an (cf. 5 p.26).

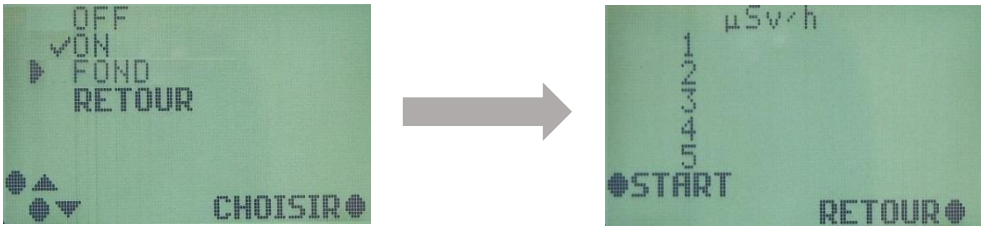
© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

A titre d'exemple, pour une mesure brute de 0,25 µSv/h et un fond de 0,12 µSv/h, l'appareil indique un résultat de 0,13 µSv/h (valeur nette) lorsque l'option **FOND** est activée, et un résultat de 0,25 µSv/h (valeur brute) lorsque l'option **FOND** est désactivée.

A partir du menu **FOND**, il est possible d'activer/désactiver cette option, et de paramétrer le bruit de fond.

Attention : pour que cette option puisse être activée, il faut qu'un bruit de fond ait été paramétré pour la première fois. Avant ce premier paramétrage, le menu FOND comporte seulement deux choix (FOND et RETOUR).

Pour réaliser les mesures de bruit de fond, choisir le menu **FOND**, puis appuyer sur **START**.



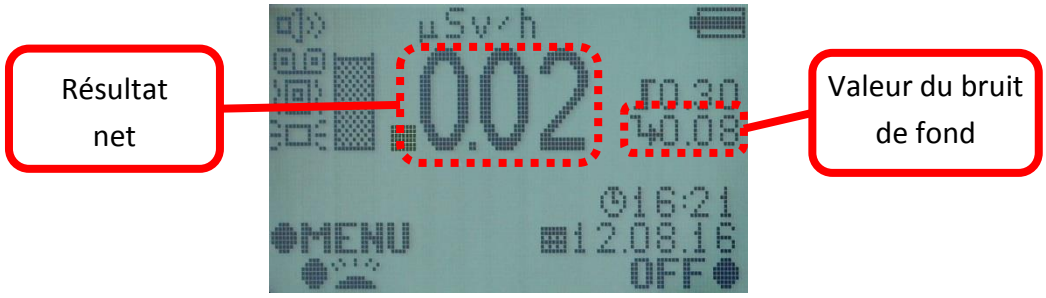
Il est possible de réaliser de 1 à 5 mesures de bruit de fond, chaque mesure étant réalisée pendant 100 secondes. Le bruit de fond défini par l'appareil correspond à la moyenne des mesures réalisées.

Un premier cycle de mesure de 100 secondes débute. Lorsque le cycle est terminé, la valeur mesurée s'affiche à la première ligne du menu **FOND**. Un second cycle (puis un troisième, un quatrième et un cinquième) peut alors être lancé en appuyant de nouveau sur **START**.

Il est possible d'interrompre chaque cycle de mesure en cliquant sur **RETOUR** pendant la mesure. L'interruption n'efface pas les cycles de mesure précédents qui avaient été menés jusqu'à leur terme.

Lorsque l'on clique sur **RETOUR** à partir du menu global de paramétrage du fond, le RADEX conserve en mémoire la moyenne des 1 à 5 valeurs successives enregistrées pour le bruit de fond (ou la moyenne du paramétrage précédent si aucune mesure n'a été menée à son terme).

Lorsque le fond est activé, la valeur du bruit de fond s'affiche en permanence sur l'écran de mesure, à droite du résultat net.



© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

3.5.4 Collecte des données

Le RADEX 1212 peut enregistrer les données mesurées, par intervalles de 1 minute, 5 minutes, 10 minutes, 30 minutes, 1 heure, 2 heures, 4 heures, 6 heures, 12 heures et 24 heures.

La capacité de l'appareil est de 160 données (soit de 160 minutes en mode « 1 minute » à 160 jours en mode « 24 heures »).

L'enregistrement est activé à partir du menu **COLLECTE DES**, en choisissant **ON**.

La période est définie à partir du menu **PERIODE**.

Les données peuvent ensuite être téléchargées sur ordinateur au moyen du câble USB fourni avec l'appareil. Pour cela, il faut installer le logiciel RadexRead, téléchargeable sur le site internet http://www.quartarad.com , dans le menu **Support**, en choisissant l'option **RD1212 – RadexRead**[8].

Ce logiciel permet également d'attribuer manuellement un emplacement géographique à chaque point de mesure, et de mettre les points de mesure en ligne sur une carte publique gérée par la société QuartaRad. Lors de la mise en ligne, un message de QuartaRad précise que les données seront également transmises au réseau Safecast, qui gère une autre carte publique.

La CRIIRAD décline toute responsabilité quant à la transmission des données par les utilisateurs du RADEX RD1212 vers les cartes de QuartaRad et de Safecast, et laisse le soin à chaque utilisateur de se faire sa propre opinion sur ces cartes, qui peuvent présenter des avantages mais également des inconvénients, en particulier le fait qu'il n'est pas possible de se prononcer sur la fiabilité des données reportées.

[8] Le logiciel RadexRead est propre à la version du Radex RD1212 qui correspond à ce manuel (c'est-à-dire la version non équipée de module de communication Bluetooth). La société QuartaRad propose deux autres logiciels compatibles avec deux autres types d'appareils : RadexWeb pour le Radex RD1212 BT (Bluetooth) et Data Center pour le Radex One.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

3.5.5 Réglage

Le sous-menu **REGLAGE** permet :

- d'activer ou de désactiver le **signal sonore** (menu **AUDIO**) des mesures. Lorsque cette fonction est activée, un signal sonore est émis à chaque détection d'un rayonnement, simultanément à l'affichage de l'icône ■, excepté si un seuil d'alarme est activé (sous-menu **ALARME**). Dans ce cas, le signal sonore n'est émis qu'au-delà du seuil d'alarme ;
- d'activer ou de désactiver le mode **vibreur** (menu **VIBREUR** ou **VIBRIEREN** selon modèle). Ce mode fonctionne sur le même principe que le signal sonore ;
- d'activer ou de désactiver la fonction **rétro-éclairage** (menu **ECLAIRAGE LCD**). Lorsque ce mode est activé, l'écran est rétro-éclairé à chaque pression d'un bouton, et ce pendant environ 8 secondes ;
- de régler la **date** et l'**heure** (menu **HEURE ET DATE**). Ce réglage est important lorsque l'utilisateur veut récupérer les données à partir du logiciel RadexRead. En effet, chaque résultat de mesure est associé à la date et l'heure auxquelles la mesure a été effectuée, et qui sont définies à partir du réglage fait par l'utilisateur ;
- de régler la **langue** (menu **LANGUE**). Les langues disponibles sont anglais, allemand, français, russe, japonais.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

4 Interprétation des mesures : notions de base

4.1 Principe du détecteur

Le RADEX compte les impulsions dues à la présence de rayonnements ionisants grâce à un tube Geiger-Müller.

Ce tube est rempli d'un gaz spécifique (Ne, Br2, Ar) soumis à une haute tension (400 volts).

Lorsqu'un rayonnement ionisant pénètre dans le tube, il perd de l'énergie au sein du mélange gazeux en le traversant. Il se produit alors une ionisation du gaz emprisonné dans le tube, ce qui engendre une impulsion électrique. Cette impulsion traitée par un circuit électronique entraîne l'apparition du carré clignotant à gauche de l'écran et, si le son est activé, d'un signal sonore de courte durée. Le circuit électronique compte également pendant la durée du cycle de mesure la quantité d'impulsions enregistrées et affiche sur l'écran un nombre calculé à partir de la moyenne de ces impulsions.

4.2 Que mesure le RADEX RD1212 ?

Selon la notice du constructeur, le RADEX RD1212 détecte les rayonnements gamma dont l'énergie est comprise entre 100 et 1 250 keV[9]. Toutefois, des tests réalisés par le laboratoire CRIIRAD avec le Quartex, prédécesseur du RADEX doté du même tube Geiger-Müller, ont montré que ce type d'appareil détecte également des rayonnements situés au-delà des limites de cette plage. Ainsi, l'américium 241, émetteur de rayonnements gamma de basse énergie (59,5 keV), est détecté.
Par ailleurs, toujours selon le constructeur, le RADEX RD1212 détecte les particules bêta d'énergie comprise entre 400 et 3 500 keV.
Il ne détecte pas les particules alpha, arrêtées par l'enveloppe métallique du tube et le boîtier.

Le RADEX est un compteur Geiger-Müller qui compte la quantité d'impulsions situées dans sa fenêtre de sensibilité, mais il ne fait pas de distinction entre les différentes énergies des rayonnements reçus, car il n'est pas doté d'un dispositif de compensation en fonction de l'énergie.

L'appareil est étalonné par le fabricant à partir d'une source de césium 137, dont l'énergie du principal rayonnement gamma (0,66 MeV)[10] est située au milieu de la fenêtre de sensibilité de l'appareil.

---

[9] keV : kilo électron-volt ; MeV : méga électron-volt. 1 MeV = 1 000 keV. L'électron-volt (eV) l'unité de mesure d'énergie utilisée en physique nucléaire : 1 eV = $1{,}9.10^{-19}$ joule (J).

[10] Le césium 137 se désintègre en baryum 137 métastable. Celui-ci retombe à son état fondamental (baryum 137) en émettant un rayonnement gamma de 0,66 MeV.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

Le RADEX peut être utilisé pour effectuer **deux types de mesures** :

- les **mesures d'ambiance** réalisées avec l'appareil tenu en main, à au moins 1 mètre de tout objet (murs, meubles, arbres, voitures),
- les **mesures de proximité** réalisées au contact d'un objet ou à quelques dizaines de centimètres maximum de cet objet.

4.3 Avertissement préalable : soyez prudents

Privilégiez toujours votre radioprotection à l'aspect purement métrologique.

Les modes opératoires proposés ci-après sont destinés à optimiser les capacités du RADEX. En effet, dans certains cas, seules des mesures à proximité permettent de localiser une émission de rayonnements. Mais dans d'autres cas[11], l'objet est tellement irradiant qu'il peut être détecté à plusieurs mètres.

Pour **limiter le risque d'exposition externe**, commencez par des mesures à distance, et ne vous rapprochez de l'objet ou du terrain à tester que dans un second temps. Par exemple, dans le cas d'un paratonnerre radioactif, commencez par faire des mesures à plusieurs mètres, puis approchez-vous progressivement en contrôlant le signal. A partir du moment où vous détectez une augmentation significative, vous avez la preuve que l'objet est radioactif et il n'est pas forcément nécessaire d'aller plus avant. Selon le contexte, les résultats peuvent suffire à prendre des mesures de protection et prévenir les autorités. Si vous souhaitez effectuer de mesures à proximité, pensez à limiter au maximum votre temps de présence.

Prenez également des précautions pour **limiter le risque de contamination**. Par exemple, portez des gants si vous manipulez un réveil dont les aiguilles contiennent du radium ; enveloppez l'objet potentiellement radioactif dans un sachet plastique ; si vous marchez sur un terrain potentiellement contaminé, entourez vos chaussures d'une enveloppe protectrice (par exemple un sachet plastique) ; dans certains cas, un masque respiratoire peut également être utile pour limiter les risques liés à l'inhalation de poussières radioactives.

[11] Par exemple lorsqu'il s'agit de certains modèles de paratonnerres radioactifs.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

4.4 Mesures d'ambiance

L'objectif est d'évaluer en un point la quantité de rayonnements bêta et gamma émis par le sol, l'espace ou des objets environnants.

Le nombre d'impulsions comptabilisées après une série de mesures en un même point permettra d'estimer le niveau d'irradiation externe en terme de débit d'équivalent de dose.

La comparaison entre des séries de mesures effectuées en plusieurs points d'un même lieu (champ, habitation, cave) pourra permettre de déceler éventuellement la présence de sources de radioactivité.

Pour ces mesures, la CRIIRAD conseille de lancer le cycle de comptage en tenant le RADEX en main, à 1 mètre au-dessus du sol, et en restant immobile. Après chaque mesure, notez le nombre d'impulsions comptabilisées au bout d'un cycle de comptage long de 100 secondes (10x10 secondes) et constituez-vous des fiches de relevé en précisant : la date et heure de votre mesure, le lieu exact, la nature du sol et des matériaux environnants, etc.

Situations naturelles

Dans des conditions "normales" au-dessus d'un sol classique (chemin de terre, prairie, route goudronnée, champ, jardin) ou à l'intérieur d'une habitation, les valeurs mesurées sont habituellement de l'ordre de 0,1 à 0,3 µSv/h.

- Des niveaux **compris entre 0,1 µSv/h (voire moins) et 0,3 µSv/h** sont mesurés dans la majorité des cas. Les niveaux varient en fonction de la teneur en éléments radioactifs naturels dans les sols : par exemple, on observe en général des niveaux plus faibles sur des terrains calcaires, et plus élevés sur des terrains granitiques.
- Des niveaux naturels **dépassant 0,3 µSv/h voire 0,5 µSv/h** sont mesurés dans des zones dont le sol présente des **teneurs en uranium, thorium ou potassium 40** nettement supérieures à la moyenne de l'écorce terrestre.

Attention : ce n'est pas parce qu'une situation est naturelle qu'elle ne nécessite pas la mise en œuvre de mesures de protection (exemple d'un affleurement de gisement d'uranium).

La mesure effectuée avec le RADEX permet d'estimer la dose cumulée liée à l'irradiation externe. Par exemple, une personne qui vit dans un environnement où le débit d'équivalent de dose ambiant à 1 mètre du sol est de l'ordre de 0,1 µSv/h subit une exposition annuelle proche de 1 mSv[12].

[12] Une année comporte 8 760 heures. Le calcul est effectué en considérant que le débit d'équivalent de dose à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments est de 0,1 µSv/h. NB : selon la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), le risque de cancer radio-induit est estimé à 17 morts pour 100 000 personnes exposées à 1 milliSievert. Si l'on supprime la réduction introduite pour tenir compte d'un effet supposé moindre des faibles doses et faibles débits de dose, ce nombre est multiplié par 2.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

Par ailleurs, les habitants peuvent être exposés à de fortes concentrations en radon, en particulier à l'intérieur des bâtiments, notamment (mais pas seulement) dans les régions présentant un rayonnement élevé du fait de teneurs importantes du sol en uranium ou en thorium. Selon les organismes officiels, la dose moyenne subie en France du fait de l'inhalation de radon dans l'habitat est supérieure à 1 mSv, mais elle peut dans certains cas être de plusieurs mSv voire plusieurs dizaines de mSv.

Le radon ne peut pas être mesuré de manière satisfaisante avec un simple compteur Geiger. Il existe des moyens de détection spécifiques
(cf. http://www.criirad.org/laboratoire/radon/pres.radon.html).

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

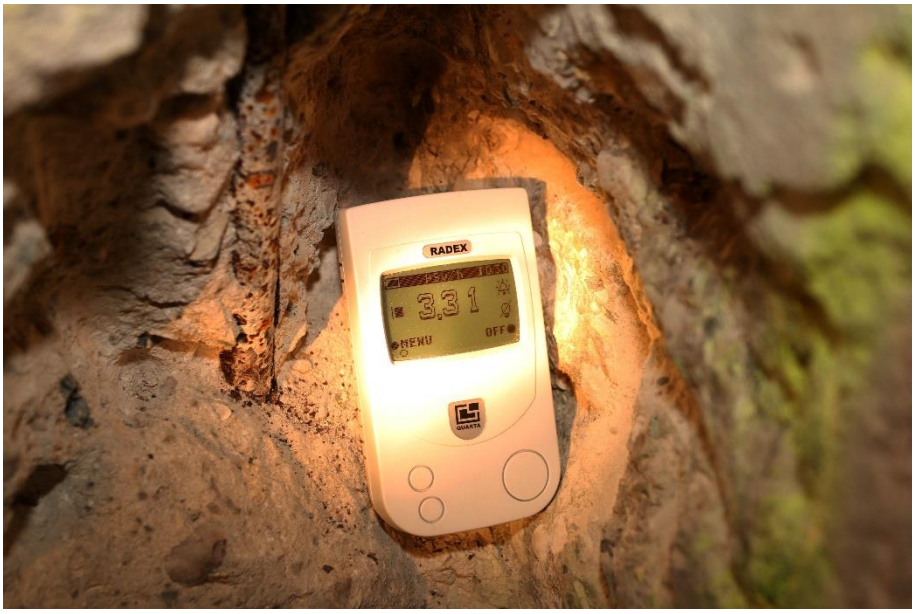
Situations anormales

En cas de pollution des terrains, le taux de radiation peut être plusieurs fois supérieur aux niveaux naturels.

C'est le cas par exemple :

- dans les environs d'**anciennes mines d'uranium**. En 2016, le laboratoire de la CRIIRAD a mesuré plus de 300 µSv/h sur un chemin de la commune de Guérande (Loire-Atlantique) remblayé avec des stériles uranifères,
- sur des sites japonais contaminés par les **retombées de Fukushima**. Le laboratoire de la CRIIRAD a mesuré plus de 2 µSv/h fin mai 2011 dans la ville de Fukushima, à plus de 60 km à l'ouest de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi,
- sur des sites contaminés par les **retombées de Tchernobyl**, en Europe de l'Est mais également en France. Dans le Mercantour, durant l'été 2015, la CRIIRAD a mesuré jusqu'à 5 µSv/h en milieu alpin d'altitude.

Attention, certaines pollutions ne peuvent pas être détectées par des mesures d'ambiance à 1 mètre du sol, et nécessitent des mesures au contact. Voir l'exemple de la contamination résiduelle à l'uranium appauvri d'une casemate du fort de Vaujours en Seine-Saint-Denis (http://www.criirad.org/vaujours/sommaire-vaujours.html).



Mesures effectuées au point CEA1 (casemate TC1, fort de Vaujours)
avec un RADEX RD1503 par M. Christophe Nedelec le 9 mai 2011 (photo C. Nedelec)

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

4.5 Mesures au contact

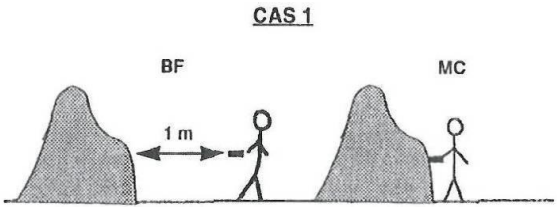
4.5.1 Principe de base

Il peut être intéressant de réaliser une mesure à proximité d'un objet afin de déceler une radioactivité anormale. Dans ce cas, il faut avoir à l'esprit que le compteur Geiger placé à proximité de l'objet à tester va recevoir d'une part les rayonnements émis par le milieu ambiant (murs, sols, corps humain,....) que l'on appelle le bruit de fond[13], et d'autre part un surcroît éventuel de rayonnements émis par l'objet à tester si ce dernier contient des radionucléides en proportion suffisante.

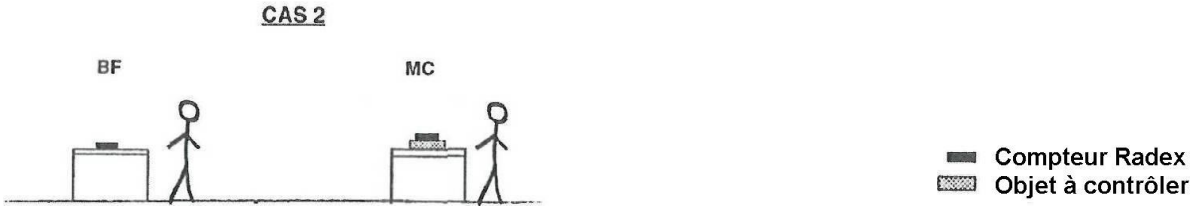
Pour ne pas mélanger ces deux contributions, il faut procéder à deux séries de mesures que l'on soustraira par la suite :

1. une série de **mesures du bruit de fond** (en l'absence de l'objet),
2. une série de **mesures au contact de l'objet**.

Pour mesurer le bruit de fond, on peut considérer si l'objet est lourd et non déplaçable, qu'une mesure à 1 mètre de l'objet peut servir de première évaluation du bruit de fond (cas 1). Il est parfois nécessaire de faire la mesure de bruit de fond à une distance plus importante, lorsque l'objet est de grande taille ou lorsqu'il est très irradiant.



L'idéal, et c'est le cas lorsque l'on teste de petits objets au laboratoire ou chez soi, est de faire une mesure directement sur la table où l'on va ensuite disposer l'objet (cas 2). On comparera alors les mesures au contact de l'objet (MC) et le bruit de fond (BF).



MC : mesure au contact de l'objet posé à l'endroit où a été réalisée la mesure du bruit de fond.
BF : bruit de fond ambiant.

[13] Notion de bruit de fond. Lorsque l'on pose le compteur Geiger contre un objet pour répondre à la question « l'objet émet-il des radiations ? », il faut tenir compte du fait que les relevés effectués sont la somme de deux composantes : 1 / les radiations qui viennent effectivement de l'objet et 2 / le bruit de fond ambiant. Le bruit de fond ambiant est lui-même la somme d'un bruit de fond électronique intrinsèque au compteur et de la contribution des radiations qui proviennent de l'espace (rayonnement cosmique) et des sols et murs (rayonnement tellurique). C'est pourquoi, avant de contrôler un objet, on doit d'abord mesurer le « bruit de fond » à l'endroit où l'on va ensuite poser l'objet. Généralement, le bruit de fond est de l'ordre de 0,1 à 0,3 µSv/h.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

4.5.2 Interprétation

Remarque préliminaire : quelle que soit la technique de mesure employée pour appréhender les phénomènes radioactifs (compteur Geiger-Müller, scintillateur, spectromètre, …), il faut toujours avoir à l'esprit que les rayonnements ionisants détectés sont émis lors de la désintégration des radionucléides présents dans l'environnement du détecteur et que cette désintégration obéit à des phénomènes statistiques. Pour une même mesure, c'est-à-dire en un même lieu, ou au contact d'un même objet, plus la durée de comptage est longue ou encore plus la quantité de mesures successives est grande, meilleure sera la probabilité que la moyenne de ces mesures corresponde à la réalité.

En première approche, la CRIIRAD propose d'effectuer, pour la mesure du bruit de fond comme pour la mesure au contact, 3 mesures successives de 100 secondes et de comparer les moyennes des 3 résultats.

Si la moyenne des valeurs mesurées au contact de l'objet est nettement inférieure au double du bruit de fond, on peut en déduire :

- que **la radioactivité de l'objet testé n'est pas flagrante**.
  Cela ne signifie pas que l'objet ne contient pas d'éléments radioactifs. En effet, même si la nature et l'énergie des rayonnements émis par les radionucléides contenus dans l'échantillon contrôlé sont telles qu'ils sont détectables en théorie par le compteur, il est possible que le nombre de ces rayonnements émis dans l'espace à chaque instant soit trop faible pour donner un nombre d'impulsions significativement supérieur au bruit de fond. Par ailleurs, certains isotopes radioactifs naturels ou artificiels émettent exclusivement en se désintégrant des rayonnements alpha (cas du plutonium 238) ou des rayonnements bêta de basse énergie (cas du tritium) qui ne seront pas détectés par le compteur ou seulement de manière indirecte.
- que **les risques liés à l'exposition externe induits par l'objet sont probablement négligeables**.
  Ceci ne permet toutefois pas de conclure à l'absence de risque de contamination.

Si la valeur mesurée est nettement supérieure à deux fois le bruit de fond, l'objet peut être considéré comme radioactif et il convient alors de réaliser d'autres contrôles et d'affiner l'interprétation.

Si la valeur mesurée est proche de deux fois le bruit fond, il est difficile de trancher. Le diagnostic peut être affiné en effectuant la mesure sur un groupe de plusieurs objets similaires, en effectuant une étude documentaire, voire en cas de doute en faisant réaliser des analyses en laboratoire.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

4.5.3 Conseils pratiques

Pour faire les choses rigoureusement :

a) **En extérieur** : il convient de **s'assurer que l'endroit choisi pour mesurer le bruit de fond n'est pas lui-même l'objet d'anomalies radiamétriques**. Pour cela on réalisera plusieurs séries de mesures. Par exemple[14] aux 4 points cardinaux à 1 mètre, puis à 2 mètres de l'objet. Si les résultats des mesures sont comparables, il est alors légitime de considérer que la moyenne des ces huit évaluations correspond au bruit de fond. Dans le cas contraire, il est alors nécessaire de réaliser des mesures selon un quadrillage plus fin de manière à déterminer d'où vient la radioactivité.

b) **Au laboratoire ou chez soi** : même si les mesures sont faites toujours au même endroit de la même pièce, il convient de **réaliser des évaluations du bruit de fond entre chaque test d'un nouvel objet**. Ceci permettra de vérifier la stabilité de l'appareil de mesure mais aussi de s'assurer de la stabilité du bruit de fond. Dans le cas où on aurait oublié sous la table un stock d'échantillons collectés la veille, et s'avérant radioactifs, le bruit de fond mesuré le lendemain sur le dessus de la table serait supérieur au niveau habituel et fausserait l'interprétation des mesures. Il faudra d'ailleurs veiller à n'apporter qu'un seul objet à la fois sur la table ou le bureau où l'on pratique ces tests.

c) **Dans tous les cas** : il est préférable avant chaque mesure au contact d'un objet, d'**envelopper le RADEX dans un petit sachet plastique** transparent que l'on jettera si on constate une augmentation du bruit de fond due à la présence d'une contamination sur le sachet. L'objectif de cette précaution est de garantir, dans le cas où l'on se trouve en présence d'un objet fortement contaminé, que l'appareil ne sera pas souillé par des matières émanant de l'objet (poussières....). **Des précautions doivent évidemment être prises également par l'opérateur pour réduire ses propres risques de contamination**. L'utilisation d'un sachet plastique peut s'avérer lourde et heureusement inutile dans la majorité des cas. Aussi, chaque utilisateur adoptera sa propre pratique. Le plus important est de garder à l'esprit la notion de contamination : si par exemple l'appareil est posé au contact d'un tas de sable riche en uranium, et qu'un grain de sable se coince dans le capot de l'appareil, le grain continuera à émettre des rayonnements même lorsque l'appareil aura été éloigné du tas de sable. Il pourrait alors fausser les mesures ultérieures, ce qui pourrait être évité en utilisant un sachet plastique.

[14] D'autres modes opératoires peuvent être employés, en fonction de la finalité et du contexte des mesures.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

5 CONDITIONS DE GARANTIE DU RADEX RD1212

Cet appareil est garanti contre tout vice de fabrication ou de matières, dans la limite des dispositions ci-après.

La durée de la garantie est d'un an.

La garantie pièces et main-d'œuvre commence à partir de la date d'achat figurant sur la facture. Elle n'est effective que si l'appareil a été utilisé conformément à la notice d'emploi et aux règles de l'art.

La garantie est strictement limitée à l'échange ou à la réparation en usine des pièces reconnues défectueuses, après examen et contrôle, à l'exclusion de toutes autres indemnités.

La garantie ne s'applique pas aux détériorations ou accidents provenant d'une négligence ou résultant d'une transformation ou tentative de transformation quelconque de l'appareil. La garantie cesse de plein droit si l'acheteur a descellé ou tenté de desceller le boitier de l'appareil.

Toute garantie est également exclue pour tout incident tenant à un cas fortuit ou de force majeure extérieur et indépendant du fabricant ou provenant de l'usure normale.

La garantie n'est valable que pour les appareils qui sont retournés à l'adresse indiquée sur le certificat de garantie.

Les frais d'expédition aller sont à la charge de l'acheteur.

Les interventions au titre de la garantie ne sauraient avoir pour effet de prolonger la durée de celle-ci.

Les dispositions du présent bon de garantie ne sont pas exclusives du bénéfice, au profit de l'acheteur, de la garantie légale pour défauts et vices cachés qui s'applique en tout état de cause dans les conditions des articles 1641 et suivants du Code Civil.

Avant de retourner l'appareil dans le cadre de la garantie, vérifiez les contacts de la pile : c'est l'incident le plus fréquent.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

6 Exemples d'utilisation de radiamètres / sols

6.1 La radioactivité des sols, généralités 28
6.2 Zones dont le sol ou le sous sol sont riches en uranium 28
6.2.1 Niveau ambiant naturel 28
6.2.2 Minéralisations uranifères 29
6.2.3 Impact anthropique 30
6.2.4 Intérêt de l'utilisation d'un compteur Geiger 31
6.3 Contamination artificielle des sols par les retombées de Tchernobyl 34

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

6.1 La radioactivité des sols, généralités

Les sols, selon leur nature et leur histoire géologique, sont plus ou moins riches en radionucléides primordiaux (chaînes de l'uranium 238, de l'uranium 235, du thorium 232, potassium 40). La teneur de ces différents éléments dans les sols détermine l'activité massique des radionucléides dans ces mêmes sols.

En se désintégrant, ces radionucléides émettent selon leur nature des rayonnements alpha ou bêta, le plus souvent accompagnés de rayonnements gamma. Les deux dernières catégories de rayonnements pourront traverser la roche au sein de laquelle ils ont été émis et parcourir plusieurs dizaines de centimètres (bêta) et plusieurs mètres voire plusieurs dizaines de mètres (gamma) dans l'air. On comprend ainsi que le niveau d'exposition externe c'est à dire, le "débit d'équivalent de dose" à 1 mètre au-dessus du sol est un moyen de dépister des concentrations anormalement élevées de radionucléides dans les sols.

En Inde, par exemple, dans certaines régions dont les sols sont particulièrement riches en monazite contenant du thorium 232, les débits d'équivalent de dose à 1 mètre du sol peuvent atteindre 0,85 µSv/h voire 5 µSv/h. Nous détaillerons ci-dessous le cas de zones en France dont le sous- sol est riche en uranium 238.

A cette contribution naturelle au niveau d'exposition externe peut s'ajouter dans certains cas la contamination des sols par des radionucléides artificiels[15]. Dans ce cas, il n'est pas possible de déterminer facilement si un niveau anormalement élevé provient de la présence de concentrations élevées en radionucléides naturels dans les sols ou de niveaux importants de contamination par des radionucléides artificiels. Nous allons détailler deux exemples :

- des zones dont le sol ou le sous-sol sont riches en uranium (en France),

- des territoires contaminés par les retombées de Tchernobyl (en Biélorussie).

6.2 Zones dont le sol ou le sous sol sont riches en uranium

En 1992, le laboratoire de la CRIIRAD a effectué des mesures[16] sur le site minier de l'Ecarpière en Loire Atlantique. Les principaux résultats, dans le Tableau 1 page 29, permettent plusieurs constats.

6.2.1 Niveau ambiant naturel

Le niveau ambiant naturel du secteur varie entre 0,12 µSv/h et 0,5 µSv/h soit un facteur supérieur à 4. Cela signifie que sur une région limitée à une centaine de kilomètres carrés, le niveau du débit d'équivalent de dose à 1 mètre du sol peut être très variable. Ceci est dû principalement aux différentes concentrations en uranium dans les roches et minéraux

[15] En plus de la contamination généralisée notamment provoquée par les essais nucléaires atmosphériques.

[16] Au moyen d'un compteur proportionnel compensé en énergie LB133.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

constitutifs du sous-sol. Bien que nous n'ayons pas fait sur ce site d'analyses du sol naturel de la région, il est raisonnable de considérer que l'activité moyenne en uranium 238 de ces sols est de l'ordre de quelques centaines de becquerels[17] par kilogramme. Le débit d'équivalent de dose moyen peut être évalué à 0,25 µSv/h.

L'équivalent de dose annuel moyen dû aux sources naturelles d'exposition externe auquel est soumis un habitant de la région peut être évalué à[18] 24 heures x 365 jours/an x 0,25 µSv/h = 2200 µSv[19]= **2,2 mSv par an**.

Cette valeur de 2,2 mSv par an ne prend pas en compte la dose due à l'exposition interne (inhalation du radon, ingestion d'eau ou de nourriture plus riche en uranium et ses descendants, …).

Tableau 1 – Débit d'équivalent de dose à 1 mètre du sol – Site minier de l'Ecarpière (44)

	Mesure du débit d'équivalent de dose au moyen d'un LB 133 en 1992				
Type d'environnement	Minimum (µSv/h)	Maximum (µSv/h)	Moyenne (µSv/h)	Nombre de points de mesure	Equivalent de dose annuel moyen en mSv/an
Bruit de tond naturel	0,12	0,5	0,25	11	2,21
Zones minéralisées • Indice de surface • Filon de minerai d'uranium	 - -	 - -	 1 80	 1 1	 8,8 701
Environs de l'usine SIMO d'extraction de l'uranium	0,3	20	3,15	23	27,6
Bassins de stockage des résidus et digues des bassins	0,45	5	2,6	35	22,8

6.2.2 Minéralisations uranifères

La présence de minéralisations uranifères situées à faible profondeur ou affleurant à la surface conduit en certains points à des niveaux d'exposition externe très élevés. Nous avons ainsi pu mesurer localement 1 µSv/h, soit quatre fois le niveau moyen de la région.

Cette valeur peut être nettement plus élevée sur un filon mis à nu. Sur une mine à ciel ouvert en exploitation, la CRIIRAD a mesuré, à 1 mètre du sol, 80 µSv/h ce qui correspond à 320 fois le niveau moyen de la région. Le fait de camper au dessus d'un tel point pendant deux nuits

[17] Le becquerel est l'unité de mesure de l'activité d'un radionucléide. Un becquerel (1 Bq) correspond à une désintégration d'atome radioactif par seconde.

[18] Nous considérons pour ce calcul approximatif que les valeurs à l'intérieur des habitations sont en moyenne du même ordre de grandeur qu'à l'extérieur.

[19] Rappel : le symbole µ (micro) signifie que l'on considère le millionième de la grandeur. Le symbole m(milli) signifie que l'on considère le millième. Par conséquent 1 mSv/h (1 millisievert par heure) = 1000 µSv/h (microsievert par heure).

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

conduirait à dépasser la limite maximale annuelle admissible de 1 mSv. C'est pourquoi il serait important que ce type d'endroits à risque soit répertorié et identifié.

6.2.3 Impact anthropique

Bien entendu les activités humaines d'exploitation du minerai d'uranium peuvent conduire sur ces zones à une augmentation de l'exposition des populations. En effet, des roches riches en uranium, compactes et enfouies en profondeur, sont extraites (donc ramenées en surface) et concassées. Plusieurs cas se présentent alors :

1/ Certains matériaux présentent une teneur en uranium insuffisante pour que leur exploitation soit rentable. Ils sont appelés **stériles** et sont mis de côté sur des amas de roches appelés verses. Ils ont parfois été réutilisés comme remblais (chemins, routes, parkings) voire pour la construction. Le terme « stérile » ne doit cependant pas induire en erreur. Ces matériaux présentent une activité massique, en uranium 238, 10 à 100 fois supérieure à la moyenne de l'écorce terrestre et de la majorité des sols de la région. Les mesures effectuées par la CRIIRAD en Limousin sur des verses à stérile avant réaménagement ont révélé des niveaux d'exposition externe de 7 à 40 fois[20] supérieurs au niveau naturel de la région.

2/ Sont considérés comme **minerais** les matériaux présentant une teneur en uranium supérieure au seuil de rentabilité. Les minerais les plus riches subissent divers traitements dont l'objectif est l'extraction de l'uranium métal. Pour cela ils sont finement broyés, puis soumis à une lixiviation par attaque en solution acide ou basique. Les résidus d'extraction de l'uranium qui constituent le déchet de ce procédé se présentent ainsi sous forme de boues radioactives[21]. En effet, si l'uranium est extrait à plus de 90 %, ce n'est pas le cas de ses descendants radioactifs. Dans la mesure où avant traitement le minerai contenait par exemple 25 000 Bq/kg d'Uranium 238, ... Radium 226, ... Plomb 210, ... après extraction, le résidu pourra contenir encore 25 000 Bq/kg de Radium 226, ...Plomb 210... Ces résidus sont souvent déversés dans les bassins de décantation ou dans les fosses des anciennes mines à ciel ouvert.

Les zones de stockage présentent une forte radioactivité et les risques de transfert vers l'homme sont accrus. Le radon peut plus aisément s'échapper de ces résidus que lorsqu'il s'agissait d'une roche compacte enfouie à 100 mètres sous terre. De même le transport des radionucléides par les eaux qui traverseront le déchet sera facilité par rapport à la situation naturelle d'origine. Enfin le niveau de rayonnement gamma en surface et donc le débit d'équivalent de dose à 1 mètre du sol seront accrus.

[20] Dans la division minière de la Crouzille en Haute Vienne, sur la grande verse du Brugeaud, la CRIIRAD a mesuré en mai 1993 jusqu'à 10 µSv/h à 1 mètre du sol.

[21] Attention, vous pouvez également trouver des résidus sous forme de roches non broyées, dans le cas des minerais les plus pauvres traités par lixiviation en tas.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

Par ailleurs, la CRIIRAD a mesuré sur le site de l'usine de traitement du minerai de l'Ecarpière en 1992 des niveaux d'exposition externe très élevés, jusqu'à **20 µSv/h** au voisinage de certains équipements et **3 µSv/h** en moyenne sur 23 points de mesure soit 12 fois le niveau naturel de la région. Les mesures effectuées sur les bassins de stockage des résidus ou au voisinage de leurs digues indiquaient de **0,45 à 5 µSv/h**, avec une moyenne sur 35 points de mesure de **2,6 µSv/h** soit 10 fois le niveau naturel du secteur.

6.2.4 Intérêt de l'utilisation d'un compteur Geiger

Un compteur Geiger permet :

- **de déceler la présence de points chauds dus localement à la présence de minerais riches en uranium. Idem pour d'autres substances comme le potassium 40, les descendants émetteurs gamma du thorium 232, …**
- **de mettre en évidence une augmentation des niveaux d'exposition externe par les industries d'extraction ou de traitement des minerais, soit au voisinage des usines, des mines, des verses à stériles, des stockages de déchets, mais aussi sur les équipements et les ferrailles issus du démantèlement de ces installations et contaminés par les radionucléides traités.** Ces dépistages sont particulièrement importants :

▪ Ils concernent de nombreux sites en France :

- les **mines d'uranium**,
- les **mines contenant d'autres substances** qui peuvent être associées à l'uranium ou au radium (certaines mines de plomb, de charbon...),
- les **industries** amenées à manipuler des **substances riches en uranium, radium, thorium** (traitement de zircon, terres rares, anciens établissements associés à l'industrie du radium),
- les industries liées à la **fabrication d'engrais phosphatés, de potasse**...

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

CHAINE RADIOACTIVE
Famille de l'Uranium 238

Radionucléide	Mode de désintégration	Période physique
Uranium 238	α	4,5 10^9 ans
Thorium 234	β	**24 jours**
Protactinium 234^m	β	**1,2 minutes**
Uranium 234	α	2,5 10^5 ans
Thorium 230	α	**7,5 10^4 ans**
Radium 226	α	**1,6 10^3 ans**
Radon 222	α	3,8 jours
Polonium 218	α	3 minutes
Plomb 214	β	**27 minutes**
Bismuth 214	β	**20 minutes**
Polonium 214	α	1,6 10^{-4} secondes
Plomb 210	β	**22,3 ans**
Bismuth 210	β	5 jours
Polonium 210	α	138,5 jours
Plomb 206		Stable

Les radionucléides en **gras** dans le tableau, sont ceux qui émettent également des **rayonnement gamma** de manière significative

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

▪ Même si l'utilisation du compteur Geiger ne permet pas d'établir un diagnostic précis, elle peut permettre, en particulier avec le relais des associations locales, une prise de conscience du risque par les administrations, les élus, les collectivités.

Exemple : l'utilisation du compteur Geiger peut permettre de découvrir qu'un tas de sable sur le bord d'une route est anormalement radioactif. Après analyse en laboratoire d'un échantillon de ce sable, la CRIIRAD a montré que sa teneur en uranium était 100 fois supérieure à la moyenne usuelle de l'écorce terrestre.

Il faudrait veiller à ce que ce sable ne soit pas utilisé par exemple pour élaborer un mortier et réaliser ainsi une dalle dans une habitation. Car si tel était le cas, et la CRIIRAD a été confrontée à un tel exemple, les habitants de cette maison seraient soumis à une exposition anormale :

- **exposition externe** par le rayonnement direct (bêta et gamma) de la dalle,
- **exposition interne ponctuelle** lors du tamisage du sable ou de l'élaboration du mortier par inhalation des poussières radioactives,
- **exposition interne quasi permanente** par dégagement du **gaz radon 222** et accumulation dans l'habitation. Dans le cas mentionné ici la concentration en radon 222 mesurée dans une pièce d'habitation était de 4000 Bq/m^3, soit 40 fois supérieure à la référence que l'Organisation Mondiale de la Santé préconise de ne pas dépasser dans l'habitat[22].

Mesure effectuée aux environs d'Arlit (Niger) avec un QUARTEX RD8901
par M. Almoustapha Alhacen (ONG Aghir In'Man) le 12 décembre 2003 (photo CRIIRAD)

[22] OMS, « WHO Handbook on indoor radon », 2009.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

6.3 Contamination artificielle des sols par les retombées de Tchernobyl

Les retombées au sol de radionucléides artificiels (césium 137, iode 131, …), lors du passage du nuage de Tchernobyl ont conduit à une contamination particulièrement élevée de vastes portions du territoire biélorusse. Une des caractéristiques de cette contamination est sa variabilité dans l'espace. La CRIIRAD a procédé en juin 1994 à des contrôles radiamétriques[23] aux environs de Minsk, capitale de la Biélorussie. Deux cas seront évoqués : le site de Tchiomyslitsa[24], et le site de Pershaï[25]. Les mesures ont été réalisées sur des prairies ou espaces herbeux.

Sur la première ligne du Tableau 2 figure le résultat des mesures du niveau d'exposition externe à un mètre au-dessus du sol. On constate que **les sols de Pershaï sont trois fois plus irradiants, ou encore que la quantité de rayonnements gamma émis par ces sols est trois fois plus importante qu'à Tchiomyslitsa**.

On peut alors tout simplement en conclure :

1) que les habitants de la région de Pershaï subissent une exposition externe plus élevée que ceux de Tchiomyslitsa. En considérant un agriculteur qui passerait en moyenne douze heures par jour à l'extérieur, il subirait sur l'année un surcroît d'exposition à Pershaï par rapport à Tchiomyslitsa égal à : 12 heures par jour x 365 jours par an x (0,45 µSv/h - 0,15 µSv/h) = **1,3 millisievert par an**. Ainsi, les habitants de la région de Pershaï sont soumis à un risque radiologique supérieur à ceux de la région de Tchiomyslitsa, en ce qui concerne en tout cas l'exposition externe.

2) que les sols de Pershaï sont plus riches en un ou plusieurs radionucléides émetteurs de rayonnement gamma, (mais sans préciser s'il s'agit d'une radioactivité naturelle ou artificielle). Nous avons vu en effet à travers l'exemple du site minier de l'Ecarpière en Loire Atlantique, que la variation des teneurs en uranium naturel dans les sols peut induire des variations importantes (d'un facteur 5 par exemple) sur le niveau d'exposition externe. Mais dans le cas du sol de Pershaï, cette différence peut aussi illustrer l'impact des retombées de Tchernobyl.

[23] Les mesures ont été effectuées au moyen d'un compteur proportionnel compensé en énergie LB133.

[24] Localité située à une dizaine de kilomètres au sud-ouest de Minsk, dans une zone où, selon les données publiées par les autorités soviétiques et l'AIEA, la contamination en césium 137 est inférieure à 1 Curie par kilomètre carré (Ci/km²), soit 37 000 Bq/m².

[25] Localité située à une cinquantaine de kilomètres au nord-ouest de Minsk, dans une zone « sous contrôle périodique », c'est-à-dire où, selon les données publiées par les autorités soviétiques et l'AIEA, la contamination en césium 137 est comprise entre 5 et 15 Ci/km², soit de 185 000 à 555 000 Bq/m².

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

Tableau 2 – Biélorussie : impact des retombées de Tchernobyl

Mesures de débit d''équivalent de dose effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD en juin 1994 au moyen d'un LB 133

	Site de Tchiomyslitsa	Site de Pershaï	Valeurs naturelles moyennes de l'écorce terrestre
Mesure radiamétrique débit d'équivalent de dose à 1 m au dessus du sol	0,14 à 0,16 µSv/h	0,4 à 0,5 µSv/h	environ 0,1 µSv/h

Mesures en spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD sur des échantillons de sols prélevés par tranches de 10 centimètres sur 40 cm de profondeur

• Activité massique des radionucléides, chaîne de l'uranium 238	de 25 à 30 Bq/kg sec selon les strates	de 15 à 30 Bq/kg sec selon les strates	40 Bq/kg
• Activité massique des radionucléides, chaîne du thorium 232	de 30 à 35 Bq/kg sec selon les strates	de 20 à 30 Bq/kg sec selon les strates	40 Bq/Kg
• Activité massique du potassium 40	de 590 à 625 Bq/Kg sec selon les strates	de 450 à 660 Bq/kg sec selon les strates	370 Bq/kg
• Activité massique du césium 137	de 2 à 14 Bq/Kg sec selon les strates	de 12 à 1 700 Bq/kg sec selon les strates	-----

Afin de déterminer l'origine du surcroît de rayonnement gamma, l'utilisation d'un compteur Geiger ne suffit pas, il est nécessaire de déterminer l'énergie des rayonnements gamma émis. Ceci peut être fait par exemple à l'issue de prélèvements sur site et d'analyses en laboratoire.

Un carottage a été effectué sur chaque site jusqu'à une profondeur de 40 centimètres par tranches de 10 centimètres. Chaque strate a été analysée au laboratoire de la CRIIRAD en spectrométrie gamma. Ces analyses ont permis de déterminer l'activité de radionucléides émetteurs gamma de la chaîne de l'uranium 238 (thorium 234, plomb 214, bismuth 214, plomb 210), de radionucléides émetteurs gamma de la chaîne du thorium 232 (actinium 228, plomb 212, thallium 208) et du potassium 40. On constate (voir lignes 2/3/4 du Tableau 2) que les teneurs en radionucléides naturels de ces deux sols sont très proches. Le sol de Pershaï est d'ailleurs plutôt moins riche en radionucléides émetteurs gamma naturels. **La radioactivité naturelle ne peut donc expliquer l'écart sur le flux de rayonnement gamma à un mètre au dessus du sol**.

En revanche, l'analyse en spectrométrie gamma (voir ligne 5 du Tableau 2) **montre que la contamination en césium 137 est très élevée sur le site de Pershaï (jusqu'à 1700 Bq/kg sec** dans la couche de surface contre 14 Bq/kg sec à Tchiomyslitsa). On peut donc penser que c'est bien la contamination artificielle des sols par le césium 137 (et 134) déposés par Tchernobyl

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

qui induit la différence d'exposition externe au-dessus de ces deux sols. Cette hypothèse a pu être vérifiée en réalisant une mesure radiamétrique au contact de chaque strate de sol au laboratoire. On mesure au moyen d'un appareil professionnel (SPP2), de 40 à 45 chocs par seconde au contact de toutes les strates de sol sauf sur la strate de surface de Pershaï pour laquelle on mesure 65 chocs par seconde. Or c'est bien la strate contaminée à 1 700 Bq/kg sec en césium 137.

Au vu de ces résultats il est alors possible de conclure que le surcroît d'exposition externe évalué à Pershaï (+ 1,3 millisievert par an) est bien d'origine anthropique (accident de Tchernobyl). Cette seule composante (à laquelle il faudrait ajouter l'exposition due à la contamination interne) correspond à un dépassement de la limite de 1 mSv/an définie pour la population du fait de l'impact en fonctionnement normal de la totalité des activités nucléaires.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

7 Exemples d'utilisation de radiamètres / eau et aliments

7.1 Contrôle sur l'eau 38
7.2 Contrôle sur les aliments 39

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

Peut-on utiliser le RADEX RD 1212 pour contrôler la radioactivité de l'eau ou des aliments ?

Les principales idées à retenir sont les suivantes :

1. **Si le RADEX détecte une augmentation du signal mesuré au contact d'un échantillon d'eau ou d'aliment, celui-ci est fortement contaminé et il ne faut pas le consommer.**
2. **En revanche, si le RADEX ne détecte pas d'augmentation du signal, cela ne signifie pas forcément que l'échantillon ne présente pas de risque.** En effet, il faut bien **distinguer le risque d'irradiation externe, que peut détecter un radiamètre tel que le RADEX, et le risque de contamination, pour lequel ce type d'appareil n'est pas adapté**. Dans le cas d'une contamination, par exemple par ingestion d'eau ou d'aliments, des radionucléides peuvent être présents à des teneurs trop faibles pour être détectées par le RADEX tout en délivrant une quantité d'énergie suffisante pour créer des dommages préoccupants au niveau des cellules.
   Par ailleurs, rappelons que le RADEX ne peut pas détecter tous les types de rayonnements. Il ne détecte pas les rayonnements alpha (émis par exemple par le plutonium 238) et les rayonnements bêta de très basse énergie (comme ceux émis directement par le tritium).
3. **Pour optimiser les capacités de détection, il convient de réaliser les mesures dans un endroit présentant le bruit de fond le plus bas possible, et sur un échantillon dont la masse est la plus importante possible**.

7.1 Contrôle sur l'eau

A part quelques exceptions (comme le radon 222, voir ci-dessous), pour statuer sur la qualité radiologique d'une **eau**, il faut être capable de détecter des niveaux de contamination très « faibles », inférieurs voire très inférieurs au Bq/l pour les émetteurs bêta-gamma. Ces niveaux ne génèrent pas de signal détectable par le compteur Geiger compte tenu de sa sensibilité et du bruit de fond bêta-gamma ambiant[26].

En revanche, une eau très contaminée, qui contiendrait par exemple 1 000 Bq/l de césium 137 (radionucléide artificiel émetteur bêta-gamma) entraînerait un taux de comptage par le RADEX posé sur le bidon d'eau supérieur au bruit de fond[27].

Ce serait également le cas d'une eau qui serait très chargée en radon 222 (plusieurs centaines de Bq/l). Le radon 222 est un gaz radioactif naturel qui peut se trouver en forte concentration

[26] La notion de « bruit de fond » est explicitée dans la note 13 page 23.

[27] Sous réserve que le bruit de fond ne soit pas trop élevé et que le volume d'eau mesuré soit suffisant.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

en particulier dans les eaux puisées en profondeur dans des terrains dont la teneur en uranium est plus riche que la moyenne (cas de certains massifs granitiques par exemple).

C'est un émetteur alpha mais il donne naissance assez rapidement à des descendants radioactifs dont certains émettent des rayonnements bêta et gamma qui peuvent traverser le plastique ou le verre du récipient contenant l'eau. Réaliser un contrôle du taux de radiation au contact du flacon peut permettre de déceler de fortes concentrations en radon.

Exemple : sur un bidon plastique contenant 5 litres d'eau avec 600 Bq/l de radon 222, la CRIIRAD a relevé une augmentation d'environ 40 % du taux de radiation mesuré par le RADEX posé au contact du flacon, soit 0,18 µSv/h pour un bruit de fond dans la pièce de 0,13 µSv/h. Dans cet exemple, le radon 222 était à l'équilibre avec ses descendants émetteurs gamma et le bidon contenait 1 200 Bq/l d'émetteurs gamma (600 Bq/l de plomb 214 et 600 Bq/l de bismuth 214). Dans cet exemple, les résultats du RADEX auraient permis de conclure que l'eau du robinet présentait un taux de radioactivité anormal[28]. Mais si le contrôle du bidon d'eau avait été réalisé dans une maison en granite, dans laquelle le taux de radiation ambiant naturel était de 0,25 µSv/h (au lieu de 0,13 µSv/h), il est probable que la contribution liée aux radiations émises par le bidon n'aurait pas pu être distinguée du bruit de fond ambiant.

7.2 Contrôle sur les aliments

Pour les **aliments**, il n'est pas possible de détecter, avec un compteur Geiger comme le RADEX, des niveaux de contamination « faibles » (par exemple quelques dizaines voire quelques Bq/kg de césium 137 ou de césium 134).

Dans la plupart des cas, le RADEX ne permet pas non plus de savoir si les aliments respectent les limites réglementaires. Par exemple, dans le cadre de la catastrophe de Fukushima, les autorités japonaises avaient fixé pour les isotopes radioactifs du césium, une norme provisoire de 500 Bq/kg, abaissée en 2012 à 100 Bq/kg.

L'exemple ci-après montre que le RADEX ne peut atteindre en général de telles limites de détection :un sachet de 30 grammes de champignons contaminés par 4 200 Bq/kg de césium 137 est contrôlé avec le RADEX posé à son contact. L'appareil relève 0,15 µSv/h dans une pièce où le bruit de fond naturel est de l'ordre de 0,10 à 0,13 µSv/h. Etant donné que l'incertitude

[28] Lorsqu'un tel cas de figure se présente, plusieurs tests complémentaires peuvent être réalisés afin de vérifier que le surcroît de rayonnement est bien dû au radon et à ses descendants. Par exemple, si le flacon est étanche vis-à-vis du radon, la diminution du rayonnement doit suivre la décroissance du radon (activité divisée par 2 tous les 3,8 jours), jusqu'à atteindre le bruit de fond. Un autre test peut consister à brasser l'eau (ce qui entraîne le dégazage d'une partie du radon) puis à refaire une mesure 3 à 4 heures aprèsaprès (afin d'attendre la décroissance du plomb 214, dont la demi-vie est de 27 minutes, et du bismuth 214, dont la demi-vie est de 20 minutes).

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

des mesures est de plusieurs dizaines de %, le test est difficile à interpréter car l'augmentation par rapport au bruit de fond n'est pas statistiquement significative. Ce test montre que si la contamination était de 500 Bq/kg par exemple, le RADEX posé au contact du sachet de 30 grammes n'aurait détecté aucune augmentation par rapport au bruit de fond. En revanche, un test sur une quantité de matière plus importante pourrait être concluant.

Bien entendu, un aliment très fortement contaminé qui contiendrait plusieurs dizaines de milliers de Bq/kg de césium 137 ou d'iode 131 (émetteurs bêta-gamma) entraînerait un taux de comptage par le RADEX nettement supérieur au bruit de fond, sous réserve que le bruit de fond local soit à peu près normal (environ 0,1 µSv/h), que la quantité d'aliment soumise au contrôle soit suffisante (plusieurs dizaines de grammes) et que l'aliment soit emballé dans un matériau peu épais (sachet ou récipient en plastique par exemple).

Exemple : un sachet de 30 grammes de champignons contaminés par 67 000 Bq/kg de césium 137 est contrôlé avec le RADEX posé à son contact. L'appareil relève 0,27 µSv/h dans une pièce où le bruit de fond naturel est de l'ordre de 0,10 à 0,13 µSv/h. Le test est concluant, la mesure a permis de déceler la contamination des champignons. Mais l'augmentation du taux de radiation par rapport au niveau ambiant n'est que d'un facteur 2 à 3, alors que la contamination en césium 137 dépasse largement les normes admissibles.

En conclusion, en ce qui concerne la radioactivité des aliments, un appareil comme le RADEX peut être utile pour « écarter » des aliments très fortement contaminés, par exemple suite à une catastrophe nucléaire.

Dans le cas des retombées de Tchernobyl sur le territoire français en 1986, ou dans le cas des retombées de la catastrophe de Fukushima au Japon en 2011, durant les premières semaines après le début des retombées, à un moment où l'activité de certains radionucléides à période courte comme l'iode 131 était particulièrement élevée dans certains aliments, un appareil comme le RADEX aurait permis de discriminer les aliments les plus fortement contaminés, et de s'interroger sur les autres aliments provenant du même secteur.

Mais à l'inverse, ce n'est pas parce que les relevés effectués avec le RADEX sur des aliments n'indiquent aucune augmentation du taux de radiation que l'on peut conclure à l'absence de contamination, ni à une contamination inférieure aux normes tolérées pour l'alimentation humaine. Pour faire des contrôles fiables sur l'eau ou la chaîne alimentaire il faut procéder à des analyses en laboratoire sur un échantillonnage représentatif des matériaux à contrôler.

Rédaction : Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

8 Exemples d'utilisation de radiamètres / objets de la vie courante

Voir vidéos sur le site de la CRIIRAD :

http://www.criirad.org/objets-radioactifs/sommaire.html

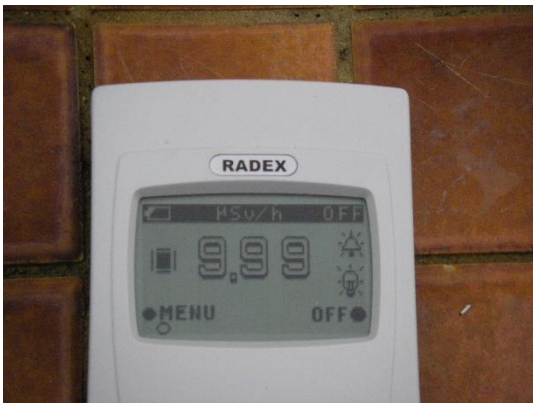
8.1 Introduction 42
8.2 Engrais riche en potassium 40 43
8.3 Manchons contenant du thorium 232 44

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

8.1 Introduction

Des radionucléides artificiels ou naturels sont présents dans de nombreux matériaux, objets manufacturés, produits divers que nous sommes amenés à utiliser dans la vie courante. Parfois, la présence de substances radioactives est voulue. C'est le cas de certains **détecteurs d'incendie**, de **paratonnerres** dans lesquels une source radioactive est utilisée pour son caractère ionisant. On peut également citer les **réveils ou montres** dont les aiguilles et repères sont recouverts de peinture qui peuvent être par exemple à base de radium, ce qui leur confère un caractère luminescent. Dans d'autres cas, la présence de radionucléides n'est pas voulue mais les éléments chimiques utilisés sont riches en isotopes radioactifs naturels (**colorants à base d'uranium**[29] anthropique utilisés dans des émaux, bijoux, carreaux de cuisine, etc ; **engrais** riches en potasse, uranium ou thorium ; **manchons de lampes à gaz** ou d'**électrodes pour la soudure** à base de thorium).

Nous allons décrire succinctement ci-après deux exemples qui illustrent chacun la présence d'un radionucléide spécifique.



Mise en évidence au moyen d'un RADEX RD1503 de la radioactivité de carreaux d'une table contenant des colorants à l'uranium

[29] Cf. http://www.criirad.org/objets-radioactifs/colorants-uranium.pdf .

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

8.2 Engrais riche en potassium 40[30]

Nous avons eu l'occasion d'effectuer des mesures chez un agriculteur dans une grange où étaient entreposés des sacs d'engrais.

Au contact d'un **sac d'une cinquantaine de kilogrammes de potasse**, une série de 10 mesures de 30 secondes a donné les résultats suivants :

- valeur minimale : 0,32 µSv/h,
- valeur maximale : 0,61 µSv/h,
- moyenne des 10 mesures : **0,45 µSv/h** (reproductibilité ± 22%).

Les mesures d'ambiance (**bruit de fond**) réalisées à 1 mètre du sol et à 5 mètres des sacs d'engrais ont donné les résultats suivants :

- valeur minimale : 0,06 µSv/h,
- valeur maximale : 0,18 µSv/h,
- moyenne des 10 mesures : **0,12 µSv/h** (reproductibilité ± 30%).

La conclusion de ces mesures est que le sac contient un ou plusieurs radionucléides émetteurs de rayonnement béta et/ou gamma puisque la moyenne des mesures au contact du sac est 3,8 fois supérieure au bruit de fond (voir chapitre 4.5 page 23).

Afin de déterminer l'origine du surcroît de rayonnement gamma, un échantillon d'engrais a été analysé en spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD. Un seul radionucléide émetteur bêta/gamma a été identifié. Il s'agit du potassium 40, radionucléide naturel qui a une période physique de 1,3 milliard d'années et se désintègre en émettant des rayonnements gamma de forte énergie (1,46 MeV). Le potassium 40 est présent dans l'écorce terrestre à raison de 370 becquerels par kilogramme en moyenne. **Dans cet engrais, l'activité était de 25 600 becquerels de potassium 40 par kilogramme soit 69 fois supérieure aux teneurs naturelles**. Puisque cet engrais est un concentré de potasse naturelle, et que le potassium 40 est un isotope radioactif naturel du potassium dont l'abondance isotopique est de 0,011 %, il est logique de le détecter en forte concentration dans ce type d'engrais.

Ces matériaux vont poser un problème de radioprotection notamment pour les travailleurs affectés à leur fabrication, leur stockage et leur transport.

Note : La CRIIRAD a effectué des mesures avec le radiamètre de type RADEX au contact de la boîte de Pétri contenant 74 grammes d'engrais. La moyenne de 10 mesures de 30 secondes au contact était de 0,14 µSv/h alors que le bruit de fond était de 0,11 µSv/h. Il est difficile dans cet exemple de conclure à des teneurs élevées en éléments radioactifs. En effet, la quantité de potassium 40 contenue dans notre échantillon (1 890 becquerels) est trop faible pour que

[30] Les mesures évoquées dans cet exemple ont été effectuées avec un QUARTEX, prédécesseur du RADEX équipé du même tube Geiger-Müller.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

la quantité de rayonnement gamma émise soit significativement supérieure au bruit de fond[31]. Ceci illustre une fois de plus les limites d'utilisation d'un compteur Geiger lorsque la "quantité de radioactivité" (l'activité) est faible. Par contre, au contact d'un sac de 50 kilogrammes de cet engrais, la présence de radioactivité a pu être détectée.

8.3 Manchons contenant du thorium 232[32]

Le thorium est un métal gris présent naturellement dans l'écorce terrestre, qui entre dans la composition de matériaux divers (alliages spéciaux pour l'industrie, électrodes pour la soudure, etc…).

Le thorium 232 est un isotope radioactif naturel du thorium dont l'activité massique moyenne dans l'écorce terrestre est de l'ordre de 40 becquerels par kilogramme, mais qui est concentré dans certains minerais (thorianite, thorite, monazite, minerais des lanthanides et du zirconium). Comme l'uranium 238, le thorium 232 donne naissance à toute une série de radionucléides (cf. p. 47).

Dans la mesure où le thorium naturel contient un isotope radioactif, se pose alors le problème de l'exposition des travailleurs qui manipulent ces substances, mais aussi du grand public. Nous allons illustrer ce problème à travers une des utilisations du thorium : la fabrication de manchons incandescents pour lampes à gaz[33].

Nous avons regroupé dans deux tableaux les résultats des contrôles de proximité réalisés avec un radiamètre de type RADEX et un radiamètre de référence (LB 123). Il s'agit de contrôles effectués d'une part sur un manchon unique et d'autre part sur 15 manchons compactés dans une boîte de Pétri.

Cas du manchon unique (voir Tableau 3) :

- Le manchon est irradiant puisque à son contact le radiamètre de type RADEX indique une valeur de 0,68 µSv/h contre 0,11 µSv/h pour le bruit de fond ambiant, soit un facteur 6 très significatif.
- Les mesures effectuées en s'éloignant donnent un résultat qui décroît. On retrouve à une distance de 10 à 20 centimètres le niveau ambiant (0,12 µSv/h à 20 centimètres).

Cas des 15 manchons (voir Tableau 4) :

- L'échantillon constitué par les 15 manchons est logiquement plus irradiant que l'objet constitué par un seul manchon puisqu'à son contact le radiamètre de type RADEX indique

[31] Rappelons que la désintégration du potassium 40 n'est accompagnée de rayonnement gamma que dans environ 10% des cas.

[32] Les mesures évoquées dans cet exemple ont été effectuées avec un QUARTEX, prédécesseur du RADEX équipé du même tube Geiger-Müller.

[33] En effet, le thorium brûle avec éclat dans l'oxygène en donnant ThO2.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

une valeur moyenne de 1,67 µSv/h contre 0,11 µSv/h pour le bruit de fond, soit un facteur 15 très significatif[34].

- Les mesures effectuées en s'éloignant montrent que le taux de radiation induit par l'objet décroît avec la distance mais se maintient à quatre fois le bruit de fond à 10 centimètres, et est encore égale à deux fois le bruit de fond à 20 centimètres.

Tableau 3 – Contrôles sur un manchon de lampe à gaz

Échantillon : 1 manchon de lampe à gaz
Code : SR 7
Géométrie : petite boîte de Pétri (24 cc)
Radionucléides : thorium 232 (période physique : 14 milliards d'années) et ses 10 descendants
Rayonnements émis : alpha, bêta, gamma

	Taux de radiation (µSv/h)			
	Bruit de fond	Contact	10 cm	20 cm
Moyenne sur 5 à 10 mesures de 30 secondes avec le radiamètre de type RADEX (écart type σ_{n-1} en %)	**0,11** µSv/h (± 30%)	**0,68** µSv/h (± 5%)	**0,16** µSv/h (± 28%)	**0,12** µSv/h (± 32%)
Mesure de référence avec une sonde gamma type LB123 (compteur proportionnel)	**0,11** µSv/h (± 8%)	**0,58** µSv/h (± 7%)	**0,14** µSv/h (± 14%)	**0,11** µSv/h (± 8%)
	Rapport Radex / LB123			
	1	**1,17**	**1,14**	**1,09**

Tableau 4 – Contrôles sur 15 manchons de lampe à gaz

Échantillon : 15 manchons de lampe à gaz
Code : SR 5
Géométrie : boîte de Pétri (66 cc)
Radionucléides : thorium 232 (période physique : 14 milliards d'années) et ses 10 descendants
Rayonnements émis : alpha, bêta, gamma

	Taux de radiation (µSv/h)					
	Bruit de fond	Contact	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Moyenne sur 5 à 10 mesures de 30 secondes avec le radiamètre de type RADEX (écart type σ_{n-1} en %)	**0,11** (± 30%)	**1,67** (± 9%)	**0,40** (± 7%)	**0,20** (± 14%)	**0,16** (± 24%)	**0,09** (± 24%)
Mesure de référence de 300 secondes avec une sonde gamma type LB123 (compteur proportionnel)	**0,11** (± 8 %)	**1,33** (± 4%) à **1,60** (± 3%)	**0,26** (± 6%)	**0,18** (± 8%)	---	---
	Rapport Radex / LB123					
	1	**1,25** à **1,04**	**1,54**	**1,11**	---	---

[34] On constate que la valeur mesurée au contact de 15 manchons est seulement 2 à 3 fois supérieure à la valeur mesurée au contact d'un seul manchon : sur l'ensemble de 15 manchons, une plus grande partie du rayonnement est absorbée par la matière.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

CONCLUSIONS

L'utilisation d'un radiamètre de type RADEX nous a permis de mettre clairement en évidence le caractère radioactif de certains manchons de lampe à gaz. L'effet est plus sensible lorsque le nombre de manchons est plus important. L'exposition externe induite par le manchon est négligeable à 20 centimètres. Celle induite par 15 manchons est négligeable à 40 centimètres. Pour se protéger de l'irradiation d'un ou de quelques manchons, il suffit de rester à plus de 50 centimètres, et de ne pas les oublier dans sa poche par exemple. En terme d'exposition externe le problème peut être beaucoup plus sérieux pour les travailleurs qui participent au process de fabrication de ces manchons, à leur stockage, etc…

Mais au-delà de l'exposition externe, ces manchons présentent surtout des risques de contamination par inhalation et/ou ingestion de poussières radioactives.

Ces risques ne peuvent pas être révélés par une simple mesure avec le compteur Geiger RADEX ou tout autre radiamètre classique. Une analyse en spectrométrie gamma effectuée en laboratoire permet de déterminer la nature des radionucléides présents dans ces manchons. Il s'agit bien du thorium 232 et de ses 10 descendants radioactifs (voir la chaîne de désintégration du thorium 232 ci-après). L'activité totale en thorium 232 varie entre 500 et 1 000 becquerels dans les manchons étudiés. Compte tenu de leur masse très faible (1 à 2 grammes), ces chiffres correspondent à des activités massiques élevées de l'ordre de 500 000 Bq/kg rien que pour le thorium 232 lui-même, soit 12 500 fois le niveau moyen de concentration en thorium 232 dans l'écorce terrestre.

Or plusieurs radionucléides de la chaîne du thorium 232 sont très radiotoxiques. Il suffit qu'un adulte inhale une douzaine de becquerels du thorium 232 en équilibre avec ses descendants pour atteindre la limite du risque maximal annuel admissible. Dans le cas de l'ingestion, cette limite est atteinte avec 25 (dans le cas d'un enfant de moins de 1 an) à 950 becquerels (pour un adulte).

Il est donc légitime de s'interroger sur les risques de diffusion de microparticules radioactives lorsque le manchon est porté à haute température, ou lorsqu'il est manipulé après usage. Fort heureusement, on trouve désormais sur le marché des manchons non radioactifs (en tout cas en France), ce qui prouve que la mobilisation lancée par la CRIIRAD n'est pas inutile lorsqu'il s'agit de mettre fin à des risques injustifiés.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

CHAINE RADIOACTIVE
Famille du Thorium 232

Radionucléide	Mode de désintégration	Période physique
Thorium 232	α	1,4 10^{10}ans
Radium 228	β	5,8 ans
Actinium 228	β	**6,1 heures**
Thorium 228	α	1,9 an
Radium 224	α	3,7 jours
Radon 220	α	55,6 secondes
Polonium 216	α	0,15 secondes
Plomb 212	β	**10,6 heures**
Bismuth 212	α β	**1 heure**
Thallium 208	β	**3 minutes**
Polonium 212	α	3 10^{-7} secondes
Plomb 208		Stable

Les radionucléides en **gras** dans le tableau, sont ceux qui émettent également des **rayonnement gamma** de manière significative

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

9 Performances du RADEX RD1212

9.1 Introduction 49
9.2 Unités de mesure de la radioactivité 49
9.3 Le RADEX RD1212, appareil de détection et non de dosimétrie 50
9.4 Mesure à distance et mesure au contact 52
9.5 Calibration / vérification 52

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

9.1 Introduction

L'intérêt du RADEX n'est **pas d'effectuer une mesure précise** de l'exposition aux rayonnements ionisants, **mais plutôt de détecter de façon qualitative** la présence de radioactivité dans des objets de la vie courante ou la présence de situations de contamination du milieu ambiant.

Le RADEX peut également, en première approche être utilisé pour effectuer une estimation de l'exposition, à condition toutefois de **bien faire la distinction entre mesures ambiantes (à distance) et mesures au contact**.

Ces réserves étant formulées, le RADEX est un appareil fiable, étalonné en usine par le fabricant et vérifié par le laboratoire de la CRIIRAD.

9.2 Unités de mesure de la radioactivité

Les 3 principales unités utilisées dans le domaine de la radioactivité sont le Becquerel, le Gray et le Sievert.

Le **Becquerel** est l'unité de mesure de l'activité d'un radionucléide. Un Becquerel (1 Bq) correspond à **une désintégration d'atome radioactif par seconde**.

L'énergie émise lors de la désintégration diffère d'un radionucléide à l'autre. Le **Gray** est l'unité utilisée pour quantifier la **dose absorbée**, c'est-à-dire la quantité d'énergie moyenne communiquée à la matière par unité de masse (1 Gray = 1 Joule par kilogramme) ;

Selon le type de rayonnement ayant délivré cette énergie, l'effet biologique peut différer. Cet effet est quantifié par le **Sievert**, unité de la **dose équivalente**, qui est obtenue en multipliant la dose absorbée en Gray par un facteur de pondération propre à chaque type de rayonnement (de façon schématique, ce facteur est par exemple de 1 pour les rayonnements bêta et gamma, et de 20 pour les rayonnements alpha) ;

A noter que le Sievert est également l'unité utilisée pour une autre grandeur (ce qui peut prêter à confusion) : la dose efficace, qui prend en compte la sensibilité de chaque tissu ou organe ayant reçu le rayonnement. La dose efficace est obtenue en additionnant la dose équivalente reçue par chaque organe multipliée par un facteur de pondération propre à l'organe.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

9.3 Le RADEX RD1212, appareil de détection et non de dosimétrie

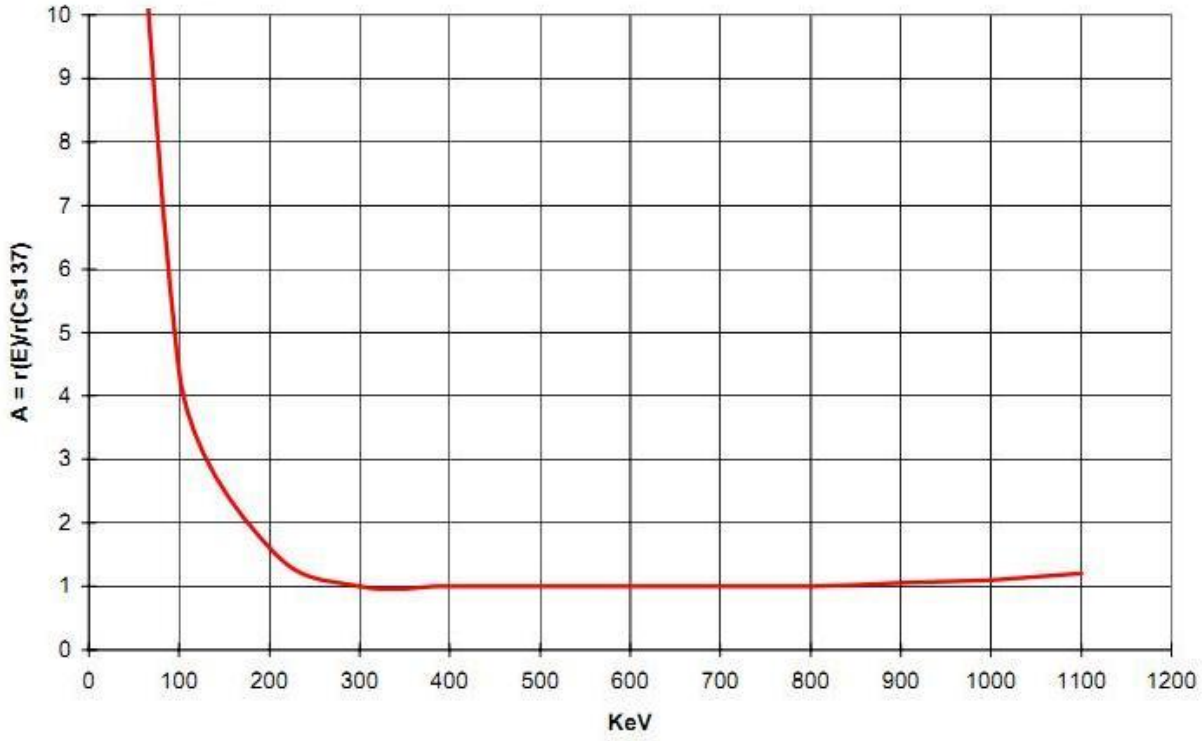
Le RADEX est un compteur Geiger-Müller : il compte la quantité d'impulsions situées dans sa fenêtre de sensibilité, mais sans faire de distinction entre les différentes énergies et types (bêta, gamma, X) des rayonnements reçus.

Les résultats des mesures devraient donc être exprimés en chocs par seconde (c/s), c'est-à-dire en impulsions détectées par unité de temps. Les constructeurs du RADEX ont toutefois choisi de convertir le taux de comptage (en c/s) en débit d'équivalent de dose, exprimé en microsieverts par heure ou µSv/h.

La conversion c/s → µSv/h ne serait rigoureuse que si la totalité des impulsions provenaient de rayonnements gamma du césium 137 à 0,66 MeV (c'est en effet à partir d'une source de césium 137 que le RADEX est étalonné par le fabricant).

En effet, s'agissant des rayonnements gamma, la sensibilité de détection du tube SBM 20-1 utilisé dans le RADEX RD1212 varie selon l'énergie. La réponse du tube est quasiment constante dans la gamme 300 keV – 900 keV, mais en dehors de cette plage, et en particulier pour les basses énergies, la sensibilité du tube est plus élevée et les valeurs affichées correspondent à une surestimation du débit d'équivalent de dose réel.

Graphe 1 – Sensibilité relative du tube SBM 20-1 aux rayons gamma par rapport à sa sensibilité au césium 137[35]



[35] Source : Nano-Sense, distributeur français du RADEX RD1503, prédécesseur du RADEX RD1212 pourvu du même tube.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

Dans la plupart des cas, les rayonnements détectés par l'appareil proviennent d'autres radionucléides. Par conséquent, les valeurs affichées par le RADEX RD1212, exprimées en µSv/h, ne constituent qu'une approximation qui, dans certains cas, peut être très éloignée de la réalité.

Par ailleurs, le RADEX RD1212 détecte également des particules bêta, mais n'est pas spécifiquement étalonné pour cela. Les particules bêta parcourent une distance beaucoup plus faible que les rayonnements gamma. Elles ne sont quasiment plus détectées lorsque la source de rayonnement est à plus d'1 mètre de l'appareil, en revanche la sensibilité du détecteur à ces particules est élevée lorsque la mesure est effectuée au contact de l'échantillon.

C'est pour ces raisons que la valeur réelle de la dose équivalente ne peut être mesurée qu'avec un appareil professionnel adapté.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

9.4 Mesure à distance et mesure au contact

Tout en connaissant ces limites, il est possible d'utiliser le RADEX RD1212 pour une évaluation approximative du risque :

- si les mesures sont effectuées à une distance suffisante du champ de rayonnement (1 mètre), les valeurs affichées par le RADEX RD1212 donnent en première approche une estimation du débit d'équivalent de dose ambiante à une profondeur de 10 mm H*(10). Multiplié par la durée d'exposition, ce résultat permet d'estimer la **dose efficace au corps entier** par irradiation externe ;
- si les mesures sont effectuées au contact, les résultats se rapprochent plutôt d'un débit d'**équivalent de dose à la peau** mais en constituent une évaluation par défaut.

Les valeurs mesurées peuvent être comparées aux limites annuelles de dose pour la population, tout en gardant à l'esprit le fait que **ces limites s'appliquent à la somme de toutes les doses efficaces reçues** (en dehors de la radioactivité naturelle et de l'exposition médicale). Les limites sont de :

- 1 mSv/an s'agissant de la dose efficace au corps entier,
- 50 mSv/an en moyenne par cm² de peau (quelle que soit la surface exposée), s'agissant de la dose équivalente pour la peau (voir une vidéo d'illustration sur l'exemple d'un pendentif radioactif : https://www.youtube.com/watch?v=QJ7QtfOwKfE).

Il est important de ne pas confondre ces deux limites : pour des mesures effectuées au contact d'un objet, c'est la limite de 50 mSv/an qui doit être prise en compte et non celle de 1 mSv/an.

9.5 Calibration / vérification

Le RADEX RD1212 est étalonné par le fabricant à partir d'une source de césium 137, dont l'énergie du principal rayonnement gamma (0,66 MeV) est située au milieu de la fenêtre de sensibilité de l'appareil.

En outre, tous les radiamètres distribués par la CRIIRAD sont préalablement testés au laboratoire afin de déceler d'éventuelles défaillances techniques d'une part et d'évaluer la qualité de réponse de chaque appareil. Les contrôles portent sur deux configurations :

- mesure du bruit de fond ambiant,
- mesure au contact d'un matériau de référence. Le RADEX RD1212 mesure au contact de cet échantillon un niveau de rayonnement correspondant à environ 60 fois le bruit de fond naturel ambiant.

Les appareils sont retenus par la CRIIRAD :

- s'ils ne comportent pas de dysfonctionnement flagrant (valeur affichée constamment égale à 0, boutons défectueux, etc…),
- si le résultat de la mesure sur le matériau de référence s'écarte de moins de 15% de la valeur standard.

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

10 Principales caractéristiques du RADEX RD1212

Données constructeur

Rayonnements ionisants détectés	Rayons X, gamma et particules bêta
Gamme de détection des rayonnements gamma	100 keV à 1 250 keV
Gamme de détection des rayonnements X	30 keV à 3 000 keV
Gamme de détection des particules bêta	400 keV à 3 500 keV
Unité de mesure	microSievert par heure (µSv/h) (1)
Gamme de mesure	0,05 à 999 µSv/h
Incertitude du résultat	± (15+6/D)% (2)
Cycles de mesure	10x10 secondes
Durée d'affichage de la mesure	Permanente (3)
Capteur	Tube Geiger-Müller SBM 20-1 (4)
Seuils d'alarme	0,05 à 1,2 µSv/h (réglable par pas de 0,05 µSv/h)
Alimentation	2 piles AAA
Autonomie	300 heures (5)
Gamme de températures	-18°C à +45°C
Gamme d'humidité	Moins de 80% RH à 25°C
Radionucléide utilisé pour la calibration en usine	Césium 137
Dimensions	97x68x24 mm
Masse (sans piles)	80 g

(1) : les valeurs affichées ne constituent qu'une approximation. La valeur réelle de la dose équivalente ne peut être mesurée qu'avec un appareil professionnel adapté.
(2) : D est la valeur affichée par l'appareil au bout d'un cycle complet de 100 secondes. Intervalle de confiance : 95%.
(3) : à partir de 10 secondes après l'allumage.
(4) : http://www.gstube.com/data/3019/
(5) : avec réglages d'usine, ambiance de type "bruit de fond naturel", et sans utilisation de la lampe.

Réglages d'usine : seuil d'alarme à 0,30 µSv/h / Alarme sonore activée / Enregistrement des données désactivé / Mode vibreur désactivé / Rétroéclairage désactivé

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

NOTES

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés

Pour obtenir des informations complémentaires
et accéder à des vidéos d'illustration :

http://www.criirad.org/laboratoire/radiametres/compteur-geiger.html

© CRIIRAD 2017 – Tous droits réservés