

Impact des gisements des phosphates sur la radioactivité dans les échantillons d'eau naturelle et d'air au Maroc

O. Hakam^{1,*}, A. Choukri¹ et J-L. Reyss²

¹Université Ibn Tofail, Laboratoire des faibles Radioactivités et de l'Environnement, Faculté des sciences B.P. 133, 14000, Kénitra, Maroc

²Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Laboratoire Mixte CNRS-CEA.91 198, Domaine du CNRS. Gif sur yvette cedex, France.

(Reçu le 16 Mars 2005, accepté le 09 Août 2005)

* Correspondance et tirés à part, e-mail : choukri@univ-ibntofail.ac.ma

Résumé

Dans ce travail, on présente les résultats de mesure de la radioactivité dans un ensemble d'échantillons de phosphates et dans des échantillons en relation avec ces phosphates tels que l'air et l'eau. Dans les échantillons de phosphates, nous avons déterminé, à l'aide de la spectrométrie gamma utilisant un détecteur NaI(Tl) puits, les concentrations en l'uranium dans un ensemble d'échantillons bruts de phosphates marocains. Dans l'air, nous avons déterminé, à l'aide des détecteurs solides de traces nucléaires LR 115 type II, les activités volumiques du radon dans un ensemble d'habitations dans des régions riches en phosphates. Dans l'eau, nous avons mesuré les activités des principaux radio-isotopes de l'uranium (^{238}U et ^{234}U) par spectrométrie alpha et ceux du radium (^{226}Ra et ^{228}Ra) à l'aide de la spectrométrie gamma utilisant un détecteur germanium pur à haute résolution et ayant une bonne efficacité (*Laboratoire Souterrain de Modane (LSM-Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS/CEA, France))*).

Les résultats obtenus montrent que la radioactivité dans les phosphates marocains et dans les échantillons en relation avec ces phosphates est comparable à ce que l'on mesure habituellement dans les mêmes échantillons à l'échelle mondiale et que cette radioactivité ne présente, en aucun cas, un risque sanitaire pour le public. Certains effets néfastes à long terme peuvent être évités par de simples mesures de précaution telle que par exemple la ventilation des habitations et des locaux de traitement du minerai.

Mots-clés : *Radioactivité dans les phosphates, Uranium, Radium, Radon, Radioprotection, Environnement*

Abstract

Impact of the phosphate layers on the radioactivity in the natural water samples and air in Morocco

In this work, we present the results of radioactivity measurements in some samples of phosphate deposits and in samples in interaction with these phosphate deposits such air and water. In phosphate samples, we have determined with gamma spectrometry using a well NaI(Tl) detector, concentrations of uranium in some samples of unrefined Moroccan phosphates. In air, we have measured, with nuclear solid track detector LR 115 type II, the volumic activity of ^{222}Rn in some dwellings situated in phosphate areas. In water, we have measured activities of uranium and radium radio-isotopes (^{234}U , ^{238}U) with alpha spectrometry and those of radium (^{226}Ra , ^{228}Ra) with gamma spectrometry using a 220 cm³ low-background well type gamma ray detector in the *Laboratoire Souterrain de Modane (LSM-Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS/CEA, France))*.

The obtained results in Moroccan phosphate samples and in samples in interaction with them are comparable to those habitually obtained in the same samples in the world and these activity do not present any risk for public health. Some harmful effects in the long-term could be avoided by simple precautions such ventilation of dwellings and localities of mining treatment.

Keywords : *Radioactivity in phosphates, Uranium, Radium, Radon, Radiation, Protection, Environment*

1. Introduction

Les gisements de phosphates, qui constituent une richesse nationale, représentent les deux tiers des réserves mondiales. Le Maroc, premier exportateur des phosphates et de l'acide phosphorique et deuxième exportateur des engrais au Monde, a produit en 2000, 21,5 millions de tonnes de phosphates et 1,5 millions de tonnes d'acide phosphorique. Les principaux gisements sont situés sur l'axe NE-SW tels que les gisements de Oulad Abdoun, des Gantour, de Meskala et celui de Boukrâa situé dans le Sahara Marocain. La radioactivité liée aux phosphates a toujours constitué un souci des opérateurs dans le domaine des phosphates, des responsables et des importateurs des phosphates et de leurs dérivées. Une étude de la répartition de la radioactivité dans les différents gisements de phosphates au Maroc et, tout particulièrement celle de l'uranium, s'impose pour montrer que les phosphates marocains ne contiennent pas plus de ce que contiennent les autres gisements au Monde et que cette radioactivité ne dépasse pas les

normes établies à l'échelle internationale. Une étude sur place réalisée par des Marocains ne pourra être qu'en faveur de notre richesse nationale.

2. Techniques de mesure utilisées

Plusieurs techniques de mesure de la radioactivité et tout particulièrement de l'uranium ont été développées dans plusieurs laboratoires de physique nucléaire ou de radiochimie à l'échelle nationale et internationale. Parmi ces techniques, on peut citer celles développées au laboratoire de physique nucléaire de la Faculté des Sciences de Rabat depuis 1977. Dans ces travaux, on s'est intéressé au dosage de l'uranium, du thorium et du radium à l'aide de: la spectrométrie gamma utilisant soit un détecteur Ge(Li), soit un détecteur NaI (TI) puits, la spectrométrie à fluorescence X, les détecteurs solides de traces nucléaires et l'activation neutronique. Ces techniques, qui ont été utilisées pour analyser un grand nombre d'échantillons de phosphates marocains, sont toutes confrontées aux problèmes de mesure (efficacité, précision, corrections dues aux facteurs de géométrie ou d'auto-absorption, étalonnage, ...). Les techniques utilisées au cours de ce travail sont: la spectrométrie gamma utilisant un détecteur NaI (TI) puits pour mesurer les concentrations de l'uranium dans les échantillons de phosphates, la spectrométrie gamma utilisant un détecteur germanium à haute pureté pour mesurer les activités des radio-isotopes du radium dans les échantillons d'eau prélevés dans les régions phosphatières, les détecteurs solides de traces nucléaires pour mesurer les activités volumiques du ^{222}Rn dans les habitations et la spectrométrie alpha pour mesurer les activités du radium dans les échantillons d'eau.

L'analyse par spectrométrie gamma utilisant un détecteur NaI (TI) puits consiste à partager le spectre obtenu avec une mauvaise résolution des raies en trois régions. La première région est attribuée principalement à l'uranium et la deuxième principalement au radium. Un étalonnage permet de déterminer les coefficients de contribution de deux éléments dans chacune des deux régions. Les corrections dues à l'auto-absorption et à la géométrie de comptage sont évaluées d'après une étude réalisée par Choukri [1]. Cette technique permet de mesurer, dans les échantillons de phosphates, les teneurs en uranium, les rapports d'équilibre U/Ra et les taux d'émanation du radon.

La technique de mesure des activités volumiques du ^{222}Rn dans l'air des habitations consiste à utiliser des détecteurs solides de traces nucléaires LR-115 type II. Les films sont exposés dans les habitations à l'intérieur des chambres. Ils sont généralement accrochés au plafond par un support. Après une durée d'exposition d'environ 3 mois, les films sont retirés pour être développés avant de compter la densité de traces avec un microscope optique [2].

La spectrométrie alpha, utilisée pour mesurer les activités des radio-isotopes de l'uranium, largement décrite dans [3], est basée sur une combinaison d'un ensemble de séparations et purifications à l'aide d'une résine anionique Dowex 1X8, et d'extractions utilisant des solvants organiques.

Les activités spécifiques des isotopes du radium sont mesurées par spectrométrie gamma utilisant un détecteur germanium puits ayant une bonne efficacité et une bonne résolution. Les corrections dues à l'auto-absorption dans l'échantillon, à l'efficacité du détecteur et aux conditions de mesure, sont faites, pour chaque raie, par comparaison à un échantillon étalon comme cela a été décrit par Reyss et al. [4] et Hakam [2].

3. Résultats et discussion

Les résultats présentés concernant la mesure de la radioactivité liée aux phosphates sont les teneurs en uranium dans un ensemble d'échantillons de phosphates provenant du gisement des Gantour (*Figure 1*), les activités volumiques du ^{222}Ra mesurées dans quelques habitations (*Tableau 1*), et des activités des principaux radio-isotopes de l'uranium et du radium mesurées dans des échantillons naturelles d'eau de différentes sources dans des régions riches en phosphates (*Tableau 2*).

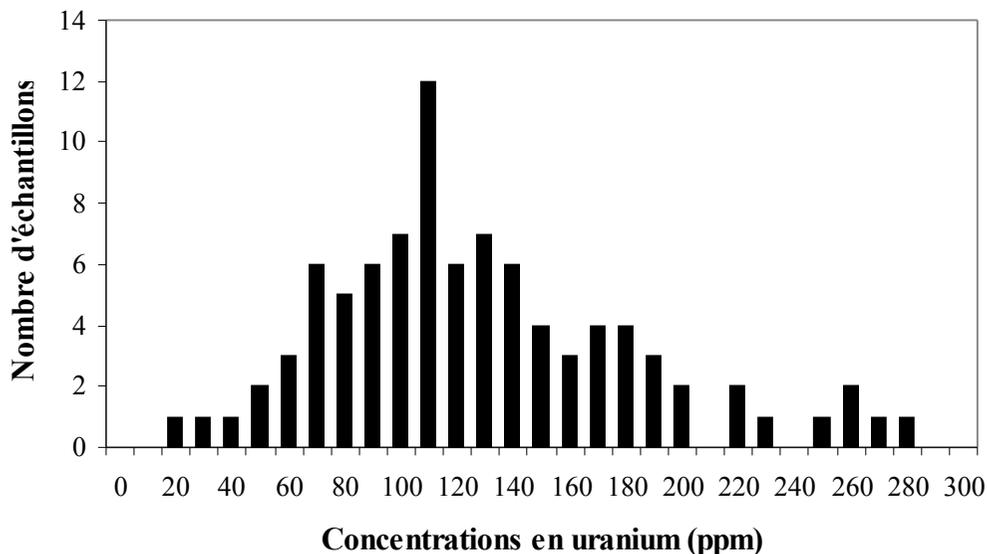


Figure 1 : Concentrations d'uranium dans les échantillons de phosphates

Tableau 1 : *Activités volumiques du radon dans des habitations de quelques villes du Maroc.*

Ville	Activité (mBq/m ³)	Equivalent de dose annuelle (mSv/an)
Youssoofia	124 ± 8	6,20 ± 0,40
Khouribga	136 ± 9	6,80 ± 0,45

Tableau 2 : *Activités des radio-isotopes de l'uranium et du radium*

Echantillon	Localité	²³⁸ U (mBq/L)	²³⁴ U (mBq/L)	²²⁶ Ra (mBq/L)	²²⁸ Ra (mBq/L)
Puits					
<i>Beni Yakhlef</i>	<i>Khouribga</i>	4,5 ± 0,3	4,4 ± 0,3	5,1 ± 0,3	1,0 ± 0,2
<i>Oorghida</i>	<i>Khouribga</i>	23 ± 2	24 ± 2	25 ± 1	5 ± 1
<i>Lahmina</i>	<i>Khouribga</i>	26 ± 2	30 ± 2	15,1 ± 1,4	0,6 ± 0,4
<i>ouled essassi</i>	<i>Khouribga</i>	64 ± 8	51 ± 10	—	—
<i>1km-Site Extrac. Phosp.</i>	<i>Khouribga</i>	309 ± 28	243 ± 22	—	—
Eau de Robinet					
<i>khouribga</i>	<i>khouribga</i>	15,7 ± 1,4	21,7 ± 1,9	35 ± 2	7,7 ± 1,4
Gwaiaze	Es-Smara	32,7 ± 3,2	58 ± 4	45,0 ± 0,7	30,5 ± 0,9
Laayoune	Lâayoune	34,2 ± 3,2	41 ± 4	34,0 ± 0,5	14,4 ± 0,6
Lacs					
<i>Beni Yakhlef</i>	<i>Khouribga</i>	9,3 ± 1,1	10,8 ± 1,2	23 ± 3	11 ± 3
Forage	<i>Boukrâa</i>	114 ± 10	154 ± 14	594 ± 2	142 ± 2
Sources					
Lamsaid	Laayoune	33, ± 3,2	47 ± 5	502 ± 2	299 ± 2
Tissgrade	Laayoune	35 ± 4	47 ± 5	1030 ± 1	744 ± 3

Les teneurs en uranium mesurées dans les échantillons de phosphates marocains sont comparables à celles mesurées dans d'autres échantillons de phosphates à l'échelle mondiale et ne constituent en aucun cas un danger pour l'être vivant. Par contre l'émanation du radon pourrait constituer une source de nuisances si l'on ne prendrait pas les précautions nécessaires et qui sont très simple et surtout dans les locaux de traitement des phosphates.

Les activités volumiques du radon mesurées dans des habitations des villes de Youssoofia et de Khouribga situées sur les plateaux les plus importants de phosphates

au Maroc sont relativement élevées par rapport à celles mesurées dans des habitations d'autres villes loin des phosphates [2]. Ceci peut s'expliquer par l'émanation du radon à partir des phosphates en plus des matériaux de construction qui dégagent également du radon. Les doses reçues par la population équivalentes à ces activités sont tolérables si on les compare à celles mesurées dans d'autres régions du Maroc et du Monde et aux normes établies par la Commission Internationale de Radioprotection [2,5].

Les activités des radio-isotopes de l'uranium et du radium mesurées dans des échantillons d'eau naturelles prélevés à partir de quatre sources d'eau (puits, lacs, sources et eau de robinet) sont également comparables à celles déjà mesurées dans des régions non phosphatières et dans d'autres régions du Monde [2,5,6]. Les valeurs relativement élevées de radium mesurées dans les sources est une caractéristique des sources chaudes [2]. Les doses équivalentes à ces activités sont très faibles devant les limites inférieures admissibles établies par la Commission Internationale de Radioprotection [2,5].

4. Conclusion

L'analyse de la radioactivité dans un ensemble d'échantillons de phosphates, d'eaux naturelles de différentes origines, d'air d'habitations situées dans des régions riches en phosphates au Maroc nous a donné une idée sur la répartition des activités spécifiques des radio-isotopes de l'uranium, du radium et du radon dans ces échantillons. Les équivalents en dose de ces activités sont tous inférieurs aux limites maximales admissibles recommandées par la Commission Internationale de Protection Radiologique pour le public. Il en sort de ces mesures que la radioactivité dans les phosphates marocains et dans les échantillons en relation avec ces phosphates est comparable à ce que l'on mesure habituellement dans les mêmes échantillons à l'échelle mondiale et que cette radioactivité ne présente, en aucun cas, un risque sanitaire pour le public. Certains effets néfastes à long terme peuvent être évités par de simples mesures de précaution telle que, par exemple, la ventilation des habitations et des locaux de traitement du minerai.

Remerciements

Ce travail a été réalisé à l'UFR « Faibles Radioactivités, Physique Mathématique et Environnement », Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kénitra-Maroc. Une partie de ce travail a été réalisée dans le cadre du programme PROTARS II (n° P21/60) financé par le Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique au Maroc.

Références

- [1] - A. Choukri “*Mise au point d'une méthode d'analyse radiométrique applicable aux phosphates marocains. Etude des teneurs en Uranium, des rapports d'équilibre U/Ra et des taux d'émanation du ^{222}Rn .*” Thèse de 3ème Cycle, Université Med V, Rabat, (1987) 134 p.
- [2] - Hakam “*Etude de la répartition des activités des radio-isotopes de l'uranium et du radium dans les eaux naturelles et du radon dans l'air des habitations au Maroc.*” Thèse de Doctorat d'Etat, Université Med V, Rabat, (2000) 212 p.
- [3] - A Choukri. “*Application des méthodes de datation par les séries de l'uranium à l'identification des niveaux marins sur la côte égyptienne de la Mer Rouge au moyen de coraux, radioles d'oursin et coquilles, et sur la côte atlantique du Haut Atlas, au moyen de coquilles.*” Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Med V, Rabat, Maroc, (1994) 192p.
- [4] - J. Reyss, S. Schmidt, F. Legeleux, P. Bonté “*Large, low background well-type detectors for measurements of environmental radioactivity.*” Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res., sect. A, 357 (1995) 391-397.
- [5] - O. Hakam, A. Choukri, J. Reyss, M. Lferde “*Activities and activity ratios of U and Ra radio-isotopes in drinking wells, springs and tap water samples in Morocco.*” Radiochemica Acta, 88 (2000) 55-60.
- [6] - O. Hakam, A. Choukri, J. Reyss, M. Lferde “*Determination and comparison of uranium and radium isotopes activities and activity ratios in samples from some natural water sources in Morocco.*” Journal of Environmental Radioactivity, 57 (2001) 175-189.