



## **Mesure de l'uranium dans un ensemble d'échantillons de formations naturelles au Maroc : implications environnementales**

**O. K. Hakam et A. Choukri\***

*Equipe de Physique et Techniques Nucléaires, Laboratoire de Physique de la Matière et Rayonnement, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, B.P 133, 14000, Kénitra, Morocco.*

\* Correspondance, courriel : [choukrimajid@yahoo.com](mailto:choukrimajid@yahoo.com)

### **Résumé**

Dans ce travail, nous présentons les concentrations de l'uranium mesurées dans un ensemble d'échantillons naturels au Maroc et utilisées dans plusieurs études concernant les sciences de la Terre et l'Environnement. Les analyses ont été effectuées sur un ensemble d'échantillons de dépôts naturels tels que les coraux, les coquilles de mollusques, les phosphates, les travertins, les lichens et des dépôts de carbonates impurs. Les mesures ont été réalisées par spectrométrie alpha, par spectrométrie gamma utilisant un détecteur à scintillation Nal puits et par activation neutronique.

**Mots-clés :** *Uranium, Radioactivité naturelle, Coraux, Coquilles de mollusques, lichens, travertins, Carbonates.*

### **Abstract**

**Measure of uranium in some samples of natural deposits in Morocco: environmental implications.**

In this work, we report the measurement results of uranium content in some natural formation samples in Morocco. The such results are used in several studies concerning the Earth sciences and the Environment such

**O. K. Hakam et A. Choukri**

as geochronology, archaeology, geophysical and geophysical studies and prospecting of radioactive pollution. The analyses were carried out on some of natural deposits samples such as the corals, the fossil shells molluscs, the phosphates, the travertines, the lichens and of the impure carbonate deposits. Measurements were realized by spectrometry alpha for fossil shell molluscs, corals, travertines and impure carbonates, by Gamma spectrometry using a well detector with scintillation NaI for phosphates and by neutron activation for lichens. Isotopic  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  ratio was also measured and discussed.

**Keywords :** *uranium, natural radioactivity, corals, shell molluscs, phosphates, travertine, lichens, impure carbonates.*

## 1. Introduction

La radioactivité naturelle présente dans notre environnement provient essentiellement des radioéléments des familles radioactives naturelles ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ), du potassium-40 et du rubidium-87. La répartition de ces radioéléments dans les milieux naturels dépend de leur état physico-chimique et de leur comportement géochimique en fonction des conditions naturelles régnautes.

Les échantillons naturels ayant formé leur squelette à partir des solutions d'eau (eau de mer, eaux continentales telles que les eaux des rivières, des lacs, des puits et des sources) contenant principalement de l'uranium sans ses descendants peuvent être exposés depuis leur formation à des courants d'eaux continentales et qui peuvent apporter des quantités d'éléments radioactifs ou stables comparables ou dépassant les concentrations incorporées initialement. Ces concentrations peuvent constituer, dans certains cas, des pollutions chimiques et radioactives par comparaison aux normes admises.

Dans ce travail, nous présentons les résultats de mesure des concentrations d'uranium dans certaines formations qui forment leur squelette à partir des solutions d'eau de mer ou des eaux continentales tels que les échantillons de coraux, de coquilles de mollusques fossiles,

des dépôts de carbonates continentaux, des échantillons des phosphates et des lichens et les comparera aux résultats habituellement trouvés. Ces résultats peuvent être utilisés pour interpréter les âges de certaines formations obtenues à l'aide de la méthode de datation radiochimique  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  basée sur la mesure des activités des radio-isotopes de l'uranium, du thorium et du déséquilibre qui peut avoir lieu surtout entre  $^{234}\text{U}$  et  $^{238}\text{U}$ .

## 2. Matériel et méthodes

Les échantillons analysés au cours de ce travail sont 6 coraux, 120 coquilles de mollusques fossiles, 87 échantillons des phosphates, 7 travertins, 4 lichens et 15 échantillons de carbonates impurs d'origine continentale. Les échantillons de coraux, qui ont été prélevés dans la Méditerranée près du Déroit de Gibraltar à une profondeur de 300 m, appartiennent aux espèces *Ophelia*, *Pertoza*, *Madrupora Oculata* et *Dasmosmia Lyman*. Les échantillons de coquilles de mollusques fossiles, qui ont été prélevés sur la côte atlantique du Haut Atlas au Nord de la ville d'Agadir, ont été analysés dans le but d'étudier la variation du niveau de l'eau de mer dans le passé en fonction des changements climatiques. Ils appartiennent aux espèces : *Thais*, *Mytilus perna*, *Patella*, *Cardium ringens*, *Ostrea*, *Cymbium*, *Cymatium*, *Dosinea*, *Conus*, *Littorina*, *Turritella*, *Donax*, *Cardita*, *Mondenta*, *Trochatella*, *Chlamys*, *Lima*, *Lutraria*. Les échantillons de phosphates ont été prélevés à plusieurs endroits du Gisement des Gantour. Ces mesures rentrent dans le cadre d'établir une carte de la répartition de la radioactivité dans les phosphates marocains et de l'étude de son impact sur l'environnement. Les échantillons de travertins proviennent de la vallée moyenne de l'Oued Korifla, principal affluent de l'Oued Bou Regreg au Nord Ouest du Plateau Central Marocain. Ils ont été analysés pour dater les phases humides qu'a connu cette région. Les échantillons de carbonate proviennent des coupes littorales entre Safi et El Jadida et des coupes continentales au plein dans la plaine Abda-Doukkala. Ces échantillons

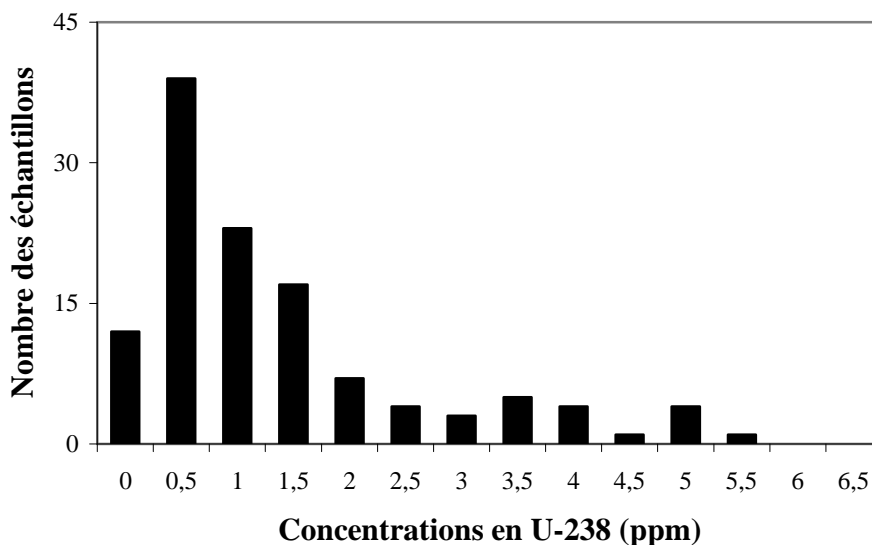
ont été analysées dans le but de corréliser l'influence des changements de climat sur le littoral et le continental. Les lichens qui peuvent servir comme bioindicateurs de la pollution à l'interface Mer-Continent ont été collectés dans la région de Rabat-Salé. Les techniques d'analyse utilisées pour déterminer les concentrations en uranium et les rapports d'activités sont: la spectrométrie alpha utilisant des techniques de séparation chimiques et de purification poussées de l'uranium [1] et faisant appel parfois aux techniques d'isochrones [2] pour les échantillons de coraux, de coquilles de mollusques, des travertins et des dépôts de carbonate, la spectrométrie gamma utilisant un détecteur à scintillation NaI(Tl) pour les échantillons de phosphates [3] et l'activation neutronique pour les lichens [4].

### 3. Résultats et discussion

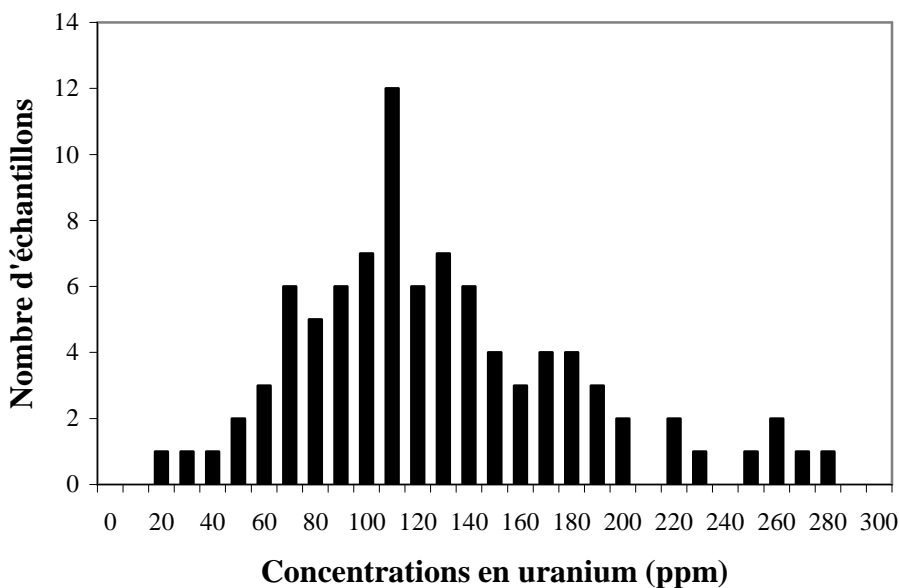
Les résultats d'analyse des échantillons de coquilles de mollusques sont donnés dans l'histogramme de la **Figure 1**. Ceux des phosphates sont donnés dans l'histogramme de la **Figure 2**. Les résultats obtenus sur les coraux, travertins, lichens et dépôts de carbonates continentaux sont donnés dans le **Tableau 1**. Les résultats obtenus sur les coquilles et les phosphates sont présentés sous forme d'histogrammes puisque le nombre de mesures le permet de point de vue statistique.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en uranium varient d'une formation à une autre comme ils peuvent varier pour la même formation. Pour les coraux, et à l'exception d'un seul échantillon dont la teneur est relativement élevée, les concentrations sont de l'ordre de celles habituellement mesurées dans les échantillons de coraux à différentes régions du Monde et qui est de l'ordre de 3 ppm [1,4].

Toute valeur différente indiquerait que l'échantillon a été recristallisé et par conséquent il ne vérifierait pas le critère du système clos pour que la datation soit fiable. Les coquilles de mollusques sont considérées moins fiables que les coraux à cause de l'ouverture de leurs systèmes [5,6].



**Figure 1 :** *Histogramme de la répartition de l'uranium dans les échantillons de phosphates.*



**Figure 2 :** *Histogramme des concentrations en uranium dans 120 échantillons de coquilles de mollusques fossiles datés aux stades climatiques: Holocène, Ouljien et Harounien.*

Les coquilles analysées appartiennent à trois épisodes climatiques, l'Holocène daté à 6 ka environ, l'Ouljien (correspondant au stade 5e) daté à 125 ka environ et le Harounien (correspondant au stade 7et/ou9) daté à plus de 320 ka [1,7]. Les teneurs en  $^{238}\text{U}$  mesurées dans les échantillons récents sont toutes faibles, de l'ordre de quelques dixièmes de ppm, tandis que les échantillons plus anciens présentent des teneurs variables allant de quelques dixièmes de ppm à plus de 5 ppm ce qui explique que les échantillons Holocène n'ont pas encore eu suffisamment de temps pour incorporer de l'uranium secondaire apporté par des courants d'eau continentale ou marine.

**Tableau 1 :** Concentrations en uranium dans les travertins, lichens et dépôts de carbonates.

Dépôt	$^{238}\text{U}$ (ppm)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	Dépôt	$^{238}\text{U}$ (ppm)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$
Travertins	$2,84 \pm 0,04$	$1,03 \pm 0,18$	Dépôts de Carbonates Continentaux	$1,36 \pm 0,14$	$1,22 \pm 0,14$
	$0,52 \pm 0,01$	$1,60 \pm 0,04$		$0,17 \pm 0,01$	$1,29 \pm 0,09$
	$0,15 \pm 0,02$	$1,28 \pm 0,14$		$1,12 \pm 0,08$	$0,70 \pm 0,09$
	$0,54 \pm 0,02$	$2,15 \pm 0,07$		$5,96 \pm 0,15$	$1,37 \pm 0,03$
	$0,26 \pm 0,02$	$1,89 \pm 0,15$		$0,32 \pm 0,05$	$1,53 \pm 0,28$
	$0,62 \pm 0,04$	$2,16 \pm 0,11$		$0,23 \pm 0,02$	$2,30 \pm 0,20$
	$0,57 \pm 0,06$	$1,98 \pm 0,20$		$0,42 \pm 0,04$	$3,97 \pm 0,40$
lichens	$0,40 \pm 0,16$			$1,04 \pm 0,05$	$1,15 \pm 0,07$
	$0,41 \pm 0,17$			$0,33 \pm 0,03$	$0,97 \pm 0,12$
	$0,47 \pm 0,19$			$1,64 \pm 0,06$	$0,88 \pm 0,4$
	$0,75 \pm 0,22$			$0,40 \pm 0,2$	$1,29 \pm 0,09$
Coraux	$3,80 \pm 1,00$	$1,16 \pm 0,02$		$0,66 \pm 0,05$	$1,38 \pm 0,37$
	$3,64 \pm 0,12$	$1,17 \pm 0,03$		$1,08 \pm 0,13$	$1,74 \pm 0,10$
	$5,10 \pm 0,12$	$1,17 \pm 0,01$		$2,15 \pm 0,13$	$1,36 \pm 0,08$
	$3,73 \pm 0,16$	$1,16 \pm 0,04$	$0,68 \pm 0,04$	$1,05 \pm 0,07$	
	$3,59 \pm 0,10$	$1,13 \pm 0,03$	$2,73 \pm 0,18$	$0,97 \pm 0,06$	
	$3,59 \pm 0,16$	$1,16 \pm 0,04$	$0,75 \pm 0,07$	$1,12 \pm 0,11$	

A l'exception des lichens, pour lesquelles on ne peut pas tirer une conclusion à cause du nombre réduit d'analyses et qui présentent tous des teneurs en uranium faibles, les autres dépôts (travertins et carbonates) présentent des concentrations en uranium généralement faibles mais variables et qui peuvent atteindre, dans certains cas, des valeurs relativement importantes comme c'est le cas pour le 1er échantillon de travertin où  $^{238}\text{U}$  est de l'ordre de 2,84 ppm et pour 2 échantillons de carbonate où les teneurs sont de l'ordre de 2,15 et 5,96 ppm.

#### **4. Conclusion**

Les résultats obtenus montrent que : (1) les coraux non recristallisés présentent généralement des teneurs en uranium de l'ordre de celles mesurées habituellement dans les échantillons de coraux à d'autres endroits du Monde et qui sont réparties autour d'une valeur moyenne de 3 ppm (2) les coquilles de mollusques fossiles présentent des concentrations en uranium dispersées et leur variation ne suit aucune loi en fonction du lieu d'échantillonnage ou de l'espèce, ce qui en résulte des datations radiochimiques non fiables (3) Les échantillons de phosphates provenant du Gisement des Gantour présentent des teneurs en uranium variant entre 20 et plus de 300 ppm avec une valeur moyenne autour de 120 ppm. Ces teneurs sont comparables à celles que l'on trouve dans les phosphates à l'échelle internationale surtout dans les phosphates à base d'apatites connues par leur rétention de l'uranium, (4) Les autres formations (travertins, lichens et dépôts de carbonates) présentent généralement de faibles quantités d'uranium.

#### ***Remerciements***

*Ce travail est réalisé dans le cadre de l'UFR « Faibles Radioactivités, Physique Mathématique et Environnement et du programme PROTARS II (n°P21/60).*

## Références

- [1] - 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 es-Sciences, Univ. Med V, Rabat, Maroc (1994) 192p.
- [2] - S. Semghouli, « Chronologie Th/U des dépôts Quaternaires de carbonates purs et impurs au Maroc. Thèse de Doctorat, Université Med V, Rabat (2001) 156p.
- [3] - 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  $^{222}\text{Rn}$ . Thèse de 3ème Cycle, Université Med V, Rabat (1987) 134 p.
- [4] - A. Senho, « Performances de l'activation, ainsi que de la fluorescence X pour l'analyse de bioindicateurs de la pollution atmosphérique. Application à la mise au point d'une méthode de bio-surveillance de la qualité de l'air au Maroc. Thèse de Doctorat, Université Med V, Rabat (2001) 145p.
- [5] - A. Choukri, J.L. Reys, O.K. Hakam, J.C. Plaziat "A statistical study of  $^{238}\text{U}$  and  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  distributions in coral samples from the Egyptian shoreline of the north-western Red Sea and in fossil mollusk shells from the Atlantic coast of High Atlas in Morocco: Implications for  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  dating." *Journal of Radiochemical Acta* 90 (2002) 329-336.
- [6] - A. Choukri, E. Jahjouh, S. Semghouli, O.-K. Hakam, J.-L. Reyss "Influence of uranium post-incorporation on the fossil mollusk shell age rejuvenation: Application to the study of the marine level variation in the past. *Physical & Chemical News* 1 (2001) 92-96.
- [7] - J. Plaziat, F. Baltzer, A. Choukri, O. Conchon, P. Freytet, F. Orszag-Sperber, A. Raguideau, J.L. Reyss, "Quaternary changes in the Egyptian shoreline of the NW Red sea and gulf of Suez. *Quaternary International*.27 (1995) 11-21.