



## FICHE RADIONUCLÉIDE

### Protactinium 231 et environnement

Cette fiche résume le comportement de l'élément chimique dans les principaux compartiments des écosystèmes terrestres et aquatiques, sous les deux hypothèses suivantes. La discrimination isotopique est négligeable, ce qui est vérifié pour la plupart des éléments traités. Lorsque l'élément possède des isotopes stables, l'analogie de comportement entre ses isotopes stables et radioactifs est admise implicitement, sachant toutefois que pour les éléments existant à l'état naturel, la forme chimique et le milieu d'émission des rejets anthropiques sont susceptibles d'impliquer des voies et processus de transfert autres que ceux identifiés pour l'élément stable naturel.

Le ou les isotopes radioactifs désignés dans l'intitulé de la fiche correspondent aux radionucléides d'importance radioécologique majeure, au sens des quantités et de la rémanence dans l'environnement, d'autres isotopes, radioactifs ou stables, pouvant être cités à titre complémentaire. Les informations, volontairement simplifiées, sont destinées à refléter l'état des connaissances sur le sujet à la date de mise à jour et à proposer des valeurs pour les principaux paramètres radioécologiques usuels permettant une estimation des transferts dans l'environnement et plus particulièrement au sein de la chaîne alimentaire

**Rédaction : C. Colle, Ch. Murlon**

**Vérification : P. Henner**

**Date de rédaction : 01/12/03**

# Caractéristiques

## Chimiques

De numéro atomique  $Z = 91$ , le protactinium appartient à la série des actinides. Sa masse atomique est de 231. C'est un métal brillant et malléable peu sensible à l'action des acides en solution aqueuse. A très basse température c'est un supraconducteur exceptionnel. (Pannetier, 1980).

En solution aqueuse les états d'oxydation du protactinium mis en évidence sont IV et V et ce, en général, sous forme d'ions complexes (Guillaumont *et al.*, 1996). Dans les conditions physico-chimiques du milieu naturel, la valence la plus stable est  $\text{Pa}^{5+}$ . L'état IV est obtenu en solution et dans les composés solides dans des conditions fortement réductrices ; il est instable en présence d'oxygène atmosphérique sauf pour le tétrafluorure et le dioxyde (Pascal, 1974). Sous ces deux valences le protactinium manifeste une tendance très marquée à l'hydrolyse due à sa faible électropositivité.

## Nucléaires

On connaît 27 isotopes et isomères nucléaires du protactinium. Leurs masses atomiques s'échelonnent de 213 à 239 (KAERI, 2003). Tous sont radioactifs, dont 10 sont émetteurs alpha. Le plus courant est le protactinium 231 qui a une période radioactive de 32 500 ans. Il provient de la désintégration de l'uranium 235 et produit de l'actinium 237.

	<sup>231</sup> Pa
<b>Période radioactive</b>	3,28. 10 <sup>4</sup> ans
<b>Activité massique</b>	1,74.10 <sup>9</sup> Bq.g <sup>-1</sup>
<b>Émission(s) principale(s) par désintégration (rendement d'émission %)</b>	<b>Emissions α :</b> E= 4951 keV (22.9 %) E= 5013 keV (25.4 %) E= 5030 keV (20 %)

(Nuclides 2000, 1999)

---

## Origines

### Naturelle

Les isotopes 231 et 234 sont présents naturellement dans l'environnement en tant que membres des familles radioactives naturelles des uranium 235 et 238 respectivement. On trouve du  $^{231}\text{Pa}$  dans la pechblende à raison de une partie pour 10 millions (Lide, 1999). Une tonne d'uranium 235 (à l'équilibre radioactif avec ses descendants) contient 340 mg de protactinium 231.

---

## Concentrations dans l'environnement et métrologie

Le protactinium est un élément très rare. Sa concentration dans l'écorce terrestre est estimée à  $1 \times 10^{-5}$  ppb (WebElements<sup>TM</sup>, 2003). Aucune valeur de mesure dans l'environnement n'est disponible.

Après traitement radiochimique des échantillons le protactinium 231 peut être dosé par spectrométrie alpha.

---

## Mobilité et biodisponibilité en milieu terrestre

### Sols

Dans les sols il est probable que le protactinium se trouve à l'état pentavalent et qu'il soit sous forme hydrolysée, co-précipitée avec les hydroxydes ou polymérisée. Il semble qu'il soit fortement retenu par les sols d'où une faible mobilité. Des mesures de coefficient de distribution  $K_d$  ont été effectuées sur différents types de roches (bentonite, micas, granite gneiss) et indiquent une forte rétention de l'élément par les matrices minérales avec des valeurs comprises entre  $1 \times 10^3$  et  $1 \times 10^6$  l.kg<sup>-1</sup> (Berry *et* Hobley, 1988 ; Morgan *et* Betham, 1990 ; Baston *et al.*, 1999). Ces auteurs font également état de valeurs plus faibles obtenues pour des sables (10 à 10<sup>2</sup> l.kg<sup>-1</sup>). Aucune valeur de  $K_d$  issue de mesure sur des sols n'a été trouvée dans la littérature. Les valeurs préconisées par IAEA (1994) sont des valeurs par défaut.

### Végétaux

Il n'existe aucune donnée relative au comportement du protactinium dans les relations sol-plantes.

### Animaux

Les données relatives aux animaux se limitent à quelques expériences de laboratoire qui indiquent des coefficients d'absorption gastro-intestinale compris entre  $3 \times 10^{-4}$  et  $3,9 \times 10^{-2}$  pour les adultes. Ces valeurs sont environ 40 fois plus élevées chez les tout jeunes individus. Après absorption il semble que 45 à 60 % de la fraction absorbée se transfère rapidement vers les os, très peu étant retenu par les muscles (Morgan *et* Betham, 1990).

### Produits transformés

Les effets des transformations agro-alimentaires sur les activités des produits agricoles transformés ne sont pas documentés

---

## Mobilité et biodisponibilité en milieu aquatique continental

La bibliographie usuelle en radioécologie ne propose pas de donnée relative au comportement du protactinium dans le milieu aquatique continental.

---

## En résumé ...

Il n'existe pas de données spécifiques au comportement du protactinium 231 dans les écosystèmes continentaux. Les rares données disponibles laissent prévoir une faible mobilité dans les sols et des transferts peu importants dans les chaînes alimentaires d'origine terrestre.

## Paramètres radioécologiques usuels : milieu terrestre

### Coefficient de distribution eau-sol $K_d$ ( $Bq.kg^{-1}$ de sol sec par $Bq.l^{-1}$ d'eau)

Sol sableux et/ou acide	540
Sol argileux	2700
Sol limoneux ou texture moyenne	1800
Sol organique (> 30% de M.O.)	6600

(IAEA, 1994)

### Facteur de transfert foliaire ( $Bq.kg^{-1}$ de végétal sec par $Bq.m^{-2}$ )

Aucune valeur	
---------------	--

### Facteur de transfert racinaire ( $Bq.kg^{-1}$ de végétal sec par $Bq.kg^{-1}$ de sol sec)

Aucune valeur	
---------------	--

### Facteur de transfert aux produits d'origine animale ( $j.kg^{-1}$ ou $j.l^{-1}$ )

Aucune valeur	
---------------	--

### Facteur de transfert par transformation alimentaire

Aucune valeur	
---------------	--



---

## Bibliographie succincte

Baston G.M., Berry J.A., Brownsword M., Heath .G., Ilett D.J., McCrohon R., Tweed C.J. and Yui M. (1999). The sorption of polonium, actinium and protactinium onto geological materials. Materials Research Society Symposium Proceeding, Scientific basis for nuclear waste management XXII. **556**: 1107-1114.

Berry J.A. and Hopley J. (1988). The solubility and sorption of protactinium in the near-field and far-field environments of a radioactive waste repository. Rapport Harwell Laboratory, UKEA, HL/88/1463 31p. NSS-R-122.

Guillaumont R., Ionova G., Krupa J.C. and David F. (1996). Considerations on protactinium redox potentials. *Radiochemica Acta* **75**(2): 97-104.

IAEA (1994). *Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in temperate environments*. Technical reports series 364. IAEA (ed), Vienne.

Lide D.R. (1999). Handbook of chemistry and physics. 79<sup>th</sup> edition. Chemical Rubber Company CRC press, Florida, USA.

Morgan J.E. and Betham C.J. (1990). *Review of literature for radium, protactinium, tin and carbon*. Safety studies-Nirex radioactive waste disposal. NSS-R-220

Nuclides 2000 (1999). An electronic chart of the nuclides. Institute for transuranium elements, Joint research center, European Commission.

Pannetier R. (1980). *Vade-mecum du technicien nucléaire*. Tome II. SCF du Bastet, Massy, France, (éd).

Pascal P. (1974). *Compléments au nouveau traité de chimie minérale. 2, Protactinium*, Masson et Cie éditeurs.

KAERI (2003). Table of nuclides. <http://atom.kaeri.re.kr/>, (interrogation novembre 2003).

WebElements<sup>TM</sup> <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Pa/geol.html>, (interrogation novembre 2003) .