

107  
Pd  
46

## FICHE RADIONUCLÉIDE

### Palladium 107 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 : J.C. Gariel

Vérification : K. Beaugelin-Seiller

Date de rédaction : 02/12/02

## Caractéristiques

### Chimiques

Le palladium est un métal appartenant à la famille des platinoïdes (Platinum Group Metal : PGM) qui comprend le platine, le palladium, le ruthénium, le rhodium, l'iridium et l'osmium. Ce métal blanc acier est le moins dense de ce groupe. Il est attaqué par les acides nitrique et sulfurique et a la propriété d'absorber jusqu'à 900 fois son volume en hydrogène en formant du Pd<sub>2</sub>H. L'hydrogène diffuse à travers le palladium chauffé, ce qui est un moyen de le purifier. Lorsqu'il est finement divisé, le palladium est un bon catalyseur ; il est utilisé pour des réactions d'hydrogénation et de déshydrogénation. De manière générale, les éléments du groupe platine, sont utilisés comme convertisseur catalytique pour contrôler et limiter les polluants tels que le CO, le NO<sub>2</sub> et les hydrocarbures dans les gaz d'échappements des véhicules (pots catalytiques). Le palladium est aussi utilisé dans l'électronique (contacts et relais), comme catalyseur dans l'industrie pétrochimique et en dentisterie. Le palladium existe dans les états d'oxydation +II et +IV, l'état +II étant prédominant (Cotton et Wilkinson, 1980). Le comportement du palladium en solution aqueuse est similaire à celui du nickel.

### Nucléaires

Le palladium possède 42 isotopes dont 6 sont stables (102, 104, 105, 106, 108, 110). Parmi les 36 isotopes radioactifs, seul le palladium-107 est susceptible d'être détecté dans l'environnement en raison de son importante période physique.

	<sup>107</sup> Pd
Période radioactive	6,5 × 10 <sup>6</sup> ans
Activité massique	1,90 × 10 <sup>7</sup> Bq.g <sup>-1</sup>
Émission(s) principale(s) par désintégration (rendement d'émission %)	β <sup>-</sup> E <sub>max</sub> = 30 keV (100 %)

(Nuclides 2000, 1999)

---

## Origines

Le palladium est un métal très rare présent à l'état de traces dans la croûte terrestre (Wedepohl, 1995). Il existe des gisements de palladium qui se trouve, dans ce cas, associé avec les autres éléments du groupe des métalloïdes. Il peut aussi être trouvé en association avec des dépôts de nickel et de cuivre.

### Naturelle

Le  $^{107}\text{Pd}$  n'existe pas à l'état naturel.

### Artificielle

Le palladium 107 est généré au sein des réacteurs nucléaires. Il est produit durant la réaction de fission avec un rendement de 0,14 %. C'est l'un des plus importants métaux de transition parmi les produits de fission dans le combustible usagé. La concentration en  $^{107}\text{Pd}$  dans le combustible irradié de référence ( $\text{UO}_2$  enrichi à 3,5 % - 33 000 MWj.t<sup>-1</sup> – gaine zircalloy – 3 ans après déchargement) est de 200 g.t<sup>-1</sup>.

---

## Concentrations dans l'environnement et métrologie

La concentration du palladium dans la croûte continentale est extrêmement faible, de l'ordre de  $0,4 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (Wedepohl, 1995). Dans les sols, les concentrations varient de  $0,4$  à  $1,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (Schäfer et Puchelt, 1998). Dans l'eau de mer, la concentration en palladium est de l'ordre de  $0,02 \text{ ng.l}^{-1}$  (Schäfer et Puchelt, 1998). Les connaissances relatives au comportement du palladium sont essentiellement liées à l'étude de l'impact des rejets des pots catalytiques sur l'environnement (WHO, 2002).

En ce qui concerne spécifiquement le  $^{107}\text{Pd}$ , aucune mesure de concentration dans l'environnement n'est disponible.

---

## Mobilité et biodisponibilité en milieu terrestre

La nature chimique et la thermodynamique du palladium sous forme solide et en solution suggèrent qu'il est mobile sous forme de complexes hydroxydes, chlorures et bisulfates, selon le pH, la concentration en ligand et la température. Les complexes hydroxydes prédominent sur les complexes chlorures aux pH neutre à basique. Les données montrent que les formes inorganiques prédominantes du palladium dans les eaux douces sont les espèces hydroxydes. Les complexes bisulfates ((Pd(HS)<sub>4</sub>)<sup>2-</sup>) et les complexes mixtes bisulfates-hydroxydes peuvent aussi être importants sous des conditions de pH similaires. Les complexes du palladium avec les carbonates, les bicarbonates, les phosphates et les sulfates sont probablement faibles (Mountain et Wood, 1987, 1988).

### Sols

En ce qui concerne le palladium stable, il a été montré que le palladium originel peut être remobilisé chimiquement dans les sols (Cook *et al.*, 1992). Par ailleurs, des expériences de solubilité ont montré que la présence de phtalates, d'acétates, de salicylates et d'acides fulviques augmentait la solubilité de Pd(OH)<sub>2</sub> dans une grande gamme de pH selon le ligand (Wood, 1996).

Fuchs et Rose (1974) ont étudié le comportement géochimique du palladium dans quatre types de sol. De cette étude, il ressort que du palladium se retrouve dans la fraction argileuse et la composante organique des sols. Ayant mis par ailleurs en évidence de fortes concentrations en palladium dans des pins (*Pinus flexilis*), ils concluent que le palladium est mobile dans le cycle de la matière organique. En présence de fortes concentrations en chlorures, une forme anionique PdCl<sub>4</sub><sup>2-</sup> peut exister mais cela n'a pas été considéré dans les études de sorption. Il existe une seule valeur de coefficient de sorption, déterminée pour le granite et égale à 6 ml.g<sup>-1</sup> (Vandergraaf et Ticknor, 1994). Aucune donnée concernant la rétention sur matériaux argileux n'a été trouvée. La valeur donnée pour le granite n'est pas extrapolable car bien trop faible pour être représentative de la rétention d'un élément divalent sur une argile (CEA, 2000).

### Végétaux

En ce qui concerne le transfert aux plantes, les seules données disponibles concernent le transfert d'éléments du groupe platine émis sous forme de particules par les pots catalytiques. Ces quelques études (Lustig *et al.*, 1996, Schäfer *et al.*, 1998) ont permis de montrer que les taux de transfert aux plantes suivaient l'ordre décroissant suivant : Pd > Pt > Rh. Typiquement, les coefficients de transfert aux plantes déterminés expérimentalement pour le palladium sont compris entre 0,004 et 0,3 (Lustig *et al.*, 1996, Hees *et al.*, 1998, Schäfer *et al.*, 1998).

---

## Mobilité et biodisponibilité dans les écosystèmes dulçaquicoles

Les seules études disponibles concernant la mobilité et la biodisponibilité du palladium en milieu aquatique continental ont pour objet d'étudier la bio-accumulation d'éléments du groupe platine (Pt, Pd et Rh) émis, sous forme de particules, par les pots catalytiques.

De manière générale, on observe que, de la même manière que dans les milieux terrestres, le palladium et le ruthénium sont plus mobiles que le platine dans l'environnement aquatique (Rauch *et al.*, 2000).

Moldovan *et al.* (2001) ont montré que les platinoïdes Pd, Pt et Rh étaient mesurables dans l'isopode *Asellus aquaticus* d'une rivière urbaine. La même espèce, soumise en laboratoire à une exposition à ces trois éléments, a permis de montrer que les facteurs de bio-accumulation variaient selon l'élément considéré : 150 g.l<sup>-1</sup> pour le palladium, 85 g.l<sup>-1</sup> pour le platine et 7 g.l<sup>-1</sup> pour le ruthénium.

Sures *et al.* (2001) ont exposé des anguilles (*Anguilla anguilla*) à une solution contenant des poussières de palladium. Cet élément a été retrouvé à des concentrations mesurables uniquement dans le foie, ce qui laisserait supposer que le palladium a été absorbé sous forme ionique via les branchies.

---

## En résumé ...

Le palladium-107 n'a jamais été étudié du point de vue de la radioécologie. Il n'existe donc pas de données spécifiques au comportement du palladium-107 dans les écosystèmes continentaux.

La grande majorité des résultats concernant le palladium stable est issue des travaux menés sur les rejets des pots catalytiques des automobiles. De ces études il apparaît que le palladium est le plus mobile des éléments du groupe des platinoïdes.

En ce qui concerne les paramètres radioécologiques, il est important de noter qu'ils ne proviennent pas d'expérimentations mais d'analogies avec d'autres radionucléides.

## Paramètres radioécologiques usuels : milieu terrestre

### Coefficient de distribution eau-sol Kd (Bq.kg<sup>-1</sup> de sol sec par Bq.l<sup>-1</sup> d'eau)

Sol sableux et/ou acide	55
Sol argileux	270
Sol limoneux ou texture moyenne	180
Sol organique (> 30 % de M.O.)	670

(IAEA, 1994)

### Facteur de transfert foliaire (Bq.kg<sup>-1</sup> de végétal sec par Bq.m<sup>-2</sup>)

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

### Facteur de transfert racinaire (Bq.kg<sup>-1</sup> de végétal sec par Bq.kg<sup>-1</sup> de sol sec)

Céréales (grain)	1,7 × 10 <sup>-1</sup>
Légumes feuilles	1,7 × 10 <sup>-1</sup>
Légumes fruits (pois,haricots)	1,7 × 10 <sup>-1</sup>
Légumes racines (betterave, radis)	6,0 × 10 <sup>-2</sup>
Tubercules (pomme de terre)	6,0 × 10 <sup>-2</sup>
Herbe	1,7 × 10 <sup>-1</sup>

(Ashton et Sumerling, 1988)

### Facteur de transfert aux produits d'origine animale (j.kg<sup>-1</sup> ou j.l<sup>-1</sup>)

Lait de vache	2,5 × 10 <sup>-4</sup>
Viande de bœuf	7,0 × 10 <sup>-5</sup>
Viande d'ovin	1,0 × 10 <sup>-4</sup>
Viande de porc	3,6 × 10 <sup>-5</sup>
Viande de volaille	1,4 × 10 <sup>-3</sup>
Œufs (partie consommable)	1,4 × 10 <sup>-3</sup>

(Ashton et Sumerling, 1988)

---

## Paramètres radioécologiques usuels : eaux douces

### Coefficient de distribution eau-MES, $K_d$ ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ de solide sec par $\text{Bq.l}^{-1}$ d'eau)

Valeur générale	$2 \times 10^3$
-----------------	-----------------

(Ashton et Sumerling, 1988)

### Facteur de concentration aux végétaux ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ de végétal frais par $\text{Bq.l}^{-1}$ d'eau)

Plantes supérieures en général	$2 \times 10^2$
--------------------------------	-----------------

### Facteur de concentration aux animaux ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ d'animal frais par $\text{Bq.l}^{-1}$ d'eau)

Invertébrés en général	$3 \times 10^2$
Poissons en général	$1 \times 10^1$

(Thomson et Quinn, 1968)

---

## Bibliographie succincte

AIEA (1994). *Handbook of parameter values for radionuclide transfers in temperate environment*. Technical report series N°364, Vienne, Autriche.

Ashton J et Summerling TJ (1988). *Biosphere database for assessments of radioactive waste disposal (edition 1)*, Department of Energy report N° : DOE/RW/88.083.

CEA (2000). *Base de données sur les radionucléides à vie longue (RNVL)*. Rapport CEA/DCC N° 00-965.

Cook NJ, Wood SA et Zhang Y (1992). Transport and fixation of Au, Pt, and Pd around the Lac Sheen Cu-Ni-PGE occurrence in Quebec, *Can J Geochem Exp*, 46: 187-228.

Cotton FA et Wilkinson G (1980). *Advanced Inorganic Chemistry*. Fourth Edition. John Wiley and Sons, Toronto.

Fuchs WA et Rose AW (1974). The geochemical behavior of platinum and palladium in the weathering cycle in the Stillwater complex, Montana. *Econ Geol*, 69: 332-346.

Hees T, Wenclaviak B, Lustig S, Schramel P, Schwarzer M, Schuster M, Verstaete D, Dams R et Helmers E (1998). Distribution of Platinum Group Elements (Pt,Pd, Rh) in environmental and clinical matrices: composition, analytical techniques and scientific outlook. *Environ Sci Pollut Res*, 5(2): 105-111.

Lustig S, Zang S, Michalke B, Schramel P et Beck W (1996). Transformation behavior of different platinum compounds in a clay-like humic soil: speciation investigations. *Sci Tot Environ*, 188: 195-204.

Moldovan M, Rauch S, Gomez M, Palacios A et Morrison GM (2001). Bioaccumulation of Palladium, Platinum and Rhodium from urban particulates and sediments by the freshwater isopod *Asellus Aquaticus*. *Wat Res*, 35(17): 4175-4183.

Mountain BW et Wood SA (1987). *Solubility and transport of platinum-group elements in hydrothermal solution: Thermodynamic and physical chemical constraints*. In: Prichard HM, Bowles JFW, Cribb SJ (Eds). *Geo-Platinum 87*, Milton Keynes, United Kingdom, 22-23 April 1987. Elsevier Applied Science London, pp 57-82.

Mountain BW et Wood SA (1988). Chemical controls on the solubility, transport, and deposition of platinum and palladium in hydrothermal solution: A thermodynamic approach. *Econ Geol*, 83: 492-510.

Nuclides 2000 (1999). *An electronic chart of the nuclides*. Institute for Transuranium Elements, Joint research center, European commission.

Rauch S, Morrison GM, Motelica-Heino M, Donard O et Muris M (2000). Elemental associations and fingerprinting of traffic-related metals in road sediments. *Environ Sci Technol*, 34: 3119-3123.

Schäfer J. and H. Puchelt (1998). Platinum-Group-Metals emitted from automobile catalytic converters and their distribution in roadside soils. *J Geochem Explor*, 64: 307-314.

Schäfer J, Hannker D, Eckardt JD et Stüben D (1998). Uptake of traffic-related heavy metals and platinum group elements (PGE) by plants. *Sci Tot Environ*, 215(1-2) : 59-67.

Sures B, Zimmermann S, Messerschmidt J, von Bohlen A et Alt F (2001). First report on the uptake of automobile catalyst emitted palladium by European eels (*Anguilla anguilla*) following experimental exposure to road dust. *Env Pollut*, 113: 341-345.

Thompson SE et Quinn CA (1968). *Concentration factors of chemical elements in edible aquatic organisms*. Report UCRL-50564.

Vandergraaf TT et Ticknor KV (1994). *A compilation and evaluation of sorption coefficients used in the geosphere model of SYVAC for the 1990 assessment of the Whiteshell research area*. AECL Research report N° AECL-10546, COG-92-59.

Wedepohl KH (1995). The composition of the continental crust. *Geochim Cosmochim Acta*, 59(7): 1217-1232.

WHO (2002) Environmental Health Criteria 226: Palladium. World Health Organisation report, Genève, 201 p.

Wood SA (1996). The role of humic substances in the transport and fixation of metals of economic interest (Au, Pt, Pd, U, V). *Ore Geol Rev*, 11: 1-31.