

Transferts de  $^{237}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  et  $^{242}\text{Cm}$  à partir de l'eau de mer  
chez des invertébrés benthiques des substrats meubles

J.C. GUARY, M.C. GRILLO, S.W. FOWLER

Laboratoire International de Radioactivité Marine  
AIEA, Musée Océanographique, Principauté de Monaco

Abstract. -  $^{237}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  and  $^{242}\text{Cm}$  in benthic boundary layer waters will become readily associated with benthic invertebrates living in or on the sediments. Concentration factors (CF) vary widely ( $10^1 - 10^3$ ) and are strongly dependent upon both species and radionuclides. 80 to 90% of the radioactivity in these organisms is bound to shell or body wall, however certain internal organs often display very high CF. Depuration of these transuranium elements is a relatively slow process (Tb  $1/2 \approx 2-13$  months) and is more dependent upon species than radionuclides.

La présente étude expérimentale a pour but de déterminer les facteurs de transfert du plutonium, de l'américium et du curium entre l'eau adjacente et certains invertébrés vivant sur ou dans les sédiments de la zone littorale. Cette information est essentielle pour évaluer l'importance relative de la fraction de radionucléides liée à la phase particulaire et celle de la fraction associée à l'eau interstitielle ou adjacente dans les transferts vers les organismes benthiques de l'interface.

Ces expériences ont été facilitées par l'utilisation de radiotraceurs comme le  $^{237}\text{Pu}$ , le  $^{241}\text{Am}$  et le  $^{242}\text{Cm}$  dont la radioactivité peut être mesurée par spectrométrie gamma. Les invertébrés choisis, Mollusques (Bivalves et Gastéropodes), Echinodermes (Ophiurides et Holothurides), Annélide Polychète et Crustacé Isopode, ont été exposés à de l'eau de mer marquée avec l'un des trois isotopes ( $10^4 - 10^5 \text{ pCi l}^{-1}$ ) pour suivre l'accumulation des transuraniens durant 3 semaines. Puis ces animaux contaminés ont été introduits dans des aquariums contenant une couche de sédiment de 3 cm environ et de l'eau de mer non contaminée à  $13^\circ$  ou  $17^\circ\text{C}$  pour suivre l'élimination de ces radionucléides durant un à trois mois. Après la période d'accumulation et la période d'élimination, quelques individus ont été disséqués pour déterminer la distribution des éléments transuraniens dans les différents tissus et organes.

Les facteurs de concentration de ces radioéléments chez ces invertébrés varient généralement entre  $10^1$  et  $10^3$  et dépendent à la fois des

espèces et des radionucléides. Il n'apparaît aucune indication d'un état d'équilibre durant cette période d'accumulation de 3 semaines. Toutes les espèces testées accumulent le  $^{241}\text{Am}$  beaucoup plus fortement que le  $^{237}\text{Pu}$  à l'exception de l'Echinoderme *Ophiura texturata* qui concentre 5 fois plus de  $^{237}\text{Pu}$  (FC = 310) que de  $^{241}\text{Am}$  (FC = 60). Le Crustacé *Anilocra mediterranea* et les Mollusques accumulent le  $^{241}\text{Am}$  à des niveaux relativement élevés ( $3-5 \times 10^2$ ). On a noté, par contre, des niveaux d'accumulation du  $^{241}\text{Am}$  beaucoup plus bas chez les deux espèces d'Echinodermes, le facteur de concentration étant seulement de 60 chez *O. texturata* et de 20 chez l'holothurie *Stichopus regalis*. Par ailleurs, les plus hauts facteurs de concentration sont notés chez la polychète *Hermione hystrix* (FC  $\approx 10^3$ ). La biodisponibilité du  $^{237}\text{Pu}$  varie aussi suivant les espèces et n'est apparemment pas identique à celle du  $^{241}\text{Am}$ . Par exemple, le plutonium (FC = 7) est moins bien accumulé que l'américium (FC = 20) chez *S. regalis*, alors qu'il est beaucoup plus concentré par *O. texturata* (310 contre 60). Par ailleurs, une étude préliminaire effectuée uniquement chez *T. decussatus* a montré que le comportement du  $^{242}\text{Cm}$  était identique à celui du  $^{241}\text{Am}$ .

La majeure partie des éléments transuraniens accumulés sont associés avec les tissus de revêtement des invertébrés : ainsi, la coquille des Mollusques, l'exosquelette du Crustacé et l'épiderme des Echinodermes et de la Polychète contiennent environ 80 à 90% du plutonium, de l'américium ou du curium accumulés à partir de l'eau de mer. Cependant, malgré la forte proportion de transuraniens associée à ces tissus, certains organes internes peuvent concentrer fortement ces radionucléides. On notera, par exemple, que les facteurs de concentration du  $^{237}\text{Pu}$  dans l'appareil digestif et reproducteur d'*O. texturata* (FC = 2200 - 3800) sont supérieurs d'un ordre de grandeur à ceux des téguments. Il est intéressant de remarquer aussi les facteurs de concentration relativement élevés du  $^{237}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  et  $^{242}\text{Cm}$  dans la masse viscérale de *T. decussatus* et ceux du  $^{237}\text{Pu}$  et du  $^{241}\text{Am}$  dans le canal alimentaire et l'arbre respiratoire de *S. regalis*. Enfin, on remarquera tout particulièrement le cas des soies chitineuses couvertes de mucus de la Polychète *H. hystrix*, qui ne représentent que 3% environ du poids total de l'animal, mais qui contiennent 11 à 30% de la charge totale en transuraniens et dont le facteur de concentration en  $^{241}\text{Am}$  est de l'ordre de  $10^4$ . Par ailleurs, il est apparu que le transport de ces radionucléides jusqu'aux tissus et organes internes s'effectuait très probablement via les fluides coelomique ou palléal.

L'élimination des éléments transuraniens à partir de ces invertébrés contaminés est un processus relativement lent (Tb 1/2 compris entre 2 et 13 mois) et dépendant de l'espèce considérée plutôt que du radioélément. Les Echinodermes et l'Ophiure, en particulier, qui ont les plus faibles facteurs de concentration de tous les organismes

testés, retiennent les transuraniens de la façon la plus intense, puisque plus de 90% du  $^{237}\text{Pu}$  et du  $^{241}\text{Am}$  accumulé par l'ophiure est éliminé avec des demi-vies biologiques respectives de 410 et 310 j. En général, ces deux transuraniens sont éliminés beaucoup plus vite par les Polychètes ( $T_b 1/2 = 66$  j) et les Mollusques ( $T_b 1/2 = 53 - 80$  j). Cependant il est à remarquer que le  $^{241}\text{Am}$  est éliminé plus rapidement que le  $^{237}\text{Pu}$  à la fois chez les ophiures et chez les holothuries.

En conclusion, il apparaît clairement que des éléments transuraniens présents au niveau d'une interface sédiment - eau contaminée sont facilement incorporables à partir de l'eau adjacente par les invertébrés benthiques vivant sur ou dans les sédiments. Ce potentiel d'accumulation est le plus fort chez les Polychètes et diminue chez les Mollusques, les Crustacés et semble assez faible chez les Echinodermes.

Toutes les données réunies dans cette étude limitée aux transferts eau-organismes benthiques doivent être prises en considération pour la détermination de l'importance relative de la fraction de transuraniens liée à la phase particulaire et celle liée à l'eau interstitielle et à l'eau adjacente dans le processus de transfert vers la faune benthique fouisseuse.

GUARY, J.-C., GRILLO, M.-C., FOWLER, S.W.  
*"Transferts de  $^{237}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  et  $^{242}\text{Cm}$  à partir de l'eau de mer chez des invertébrés benthiques des substrats meubles"*

Paper presented by J.-C. Guary (Monaco)

#### Discussion

No comment.

