

MODALITÉS DE LA CONTAMINATION D'UNE CHAÎNE TROPHIQUE MARINE BENTHIQUE PAR L'ARGENT 110 m.

II - TRANSFERT DU RADIONUCLÉIDE DANS LA CHAÎNE ALIMENTAIRE (1).

par

Jean-Claude Amiard

Laboratoire de Biologie marine, Université de Nantes (2)

Résumé

Le transfert de l'argent 110 m dans une chaîne trophique marine naturelle a été évalué expérimentalement. Il y a diminution de la concentration en argent 110 m à mesure que l'on s'élève dans la pyramide de productivité et les facteurs de transfert entre deux niveaux trophiques successifs (f.t.) sont faibles : 0,004 entre les Diatomées et les Scrobiculaires, 0,128 entre les Scrobiculaires et les Crabes. Par contre, les facteurs de transfert entre l'eau et le niveau trophique considéré (F.T.) sont toujours supérieurs à l'unité : 8,2 pour les Scrobiculaires, 1,04 pour les Crabes. Le pourcentage moyen assimilé après chaque repas est de 50 p. 100 pour les Scrobiculaires et 65 p. 100 pour les Crabes. L'excrétion est surtout fécale (26 à 28 p. 100). Il ne semble pas y avoir régulation de l'argent 110 m par les diverses espèces étudiées. Pour l'ensemble des repas, les Scrobiculaires retiennent 5 p. 100 de l'argent 110 m fourni et les Crabes 12 p. 100.

Introduction

L'argent 110 m a été détecté pour la première fois dans un Crustacé (*Panulirus* sp.) à Guam en novembre 1959, consécutivement aux explosions américaines dans l'atmosphère (Seymour, 1963). Depuis, Folsom et coll. (1970 et 1971), Beasley et Held (1971), Grismore et coll. (1972) l'ont mesuré dans divers organismes marins, accompagné d'un autre isotope ^{109m}Ag dont la période radioactive est supérieure à 100 ans (environ 127 ans).

L'argent 110 m a aussi été détecté dans les organismes vivant près des centrales électronucléaires (Preston et coll., 1968) ou près des usines

(1) Cet article a pu être rédigé à l'occasion d'études effectuées dans les laboratoires de la Section de Radioécologie du Commissariat à l'Énergie Atomique (DPr/SERE).

(2) 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex.

de traitement des combustibles irradiés comme La Hague (Scheidhauer et coll., 1974).

Preston et coll. (1968) considèrent que l'argent 110 m est 3,3 fois plus radiotoxique que le zinc 65 et nous avons montré la grande toxicité chimique de ce métal vis-à-vis de nombreux organismes marins (Amiard, 1976 a et b). Cela montre l'intérêt des études radioécologiques qui doivent être entreprises sur ce radionucléide.

Nous avons vu précédemment (Amiard, 1979) la grande capacité de rétention des Diatomées (*Navicula incerta* et *N. biskanteri*), de *Scrobicularia plana* et *Carcinus maenas* vis-à-vis de l'argent 110 m présent dans l'eau de mer. Nous allons quantifier les facteurs de transfert, *via* la nourriture, de l'argent 110 m dans une chaîne trophique marine benthique définie précédemment (Amiard, 1979) :



PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Le protocole expérimental est, à quelques détails près, similaire à celui que nous avons utilisé dans notre étude du transfert du cobalt 60 dans une chaîne trophique proche de celle que nous étudions ci-dessous (Amiard et Amiard-Triquet, 1975 ; Amiard-Triquet et Amiard, 1975a). Nous rappellerons brièvement ce protocole.

Conditions générales d'élevages et de contaminations radioactives des producteurs

Les cultures de Navicules qui ont servi de nourriture aux Scrobiculaires étaient contaminées par l'argent 110 m ($\approx 5 \mu\text{Ci/l}$) sous forme de nitrate d'argent en solution nitrique (2,7 N) d'activité spécifique 7,8 Ci/g, pendant un minimum de 35 à 50 jours puis maintenues pendant plus de 24 h dans une eau de mer inactive, renouvelée deux fois de façon à éliminer la radioactivité non liée aux cellules.

Les Mollusques (*Scrobicularia plana*) étaient groupés par lot de cinq et les Crustacés (*Carcinus maenas*) étaient isolés dans des seaux en plastique renfermant 5 l d'eau de mer.

Tous les élevages étaient effectués dans une pièce dont la température était maintenue constante à $17 \pm 1^\circ\text{C}$.

Contamination des Scrobiculaires par la nourriture

Chaque lot de cinq Scrobiculaires était introduit dans une fiole de culture de Diatomées (400 ml) pour une période de 24 h. Après ce « repas », chaque lot de Scrobiculaires était placé dans une eau inactive pendant 48 h (cette période était appelée période de « digestion »). Nous mesurons la radioactivité de la nourriture fournie (A) et non ingérée (B + B'), des consommateurs avant (G) et après (D) chaque repas, ainsi que les excréments fécaux (J), urinaires et/ou branchiales (K). Le détail de ces mesures et des modes de calculs des pourcentages ingéré (F), assimilé (I) et excrétés (L et M) sont rapportés dans le tableau I.

Nous estimons, lorsque l'état d'équilibre était atteint, le facteur de transfert (ft.) entre deux niveaux trophiques successifs et le facteur de transfert (F.T.) entre l'eau de mer contaminée et l'animal par l'inter-

TABLEAU 1
Signification des symboles utilisés dans les calculs.

<i>Scrobicularia plana</i>	Symboles	<i>Carcinus maenas</i>
Radioactivité de la nourriture fournie (fiole de Diatomées en nCi)	A	Radioactivité de la nourriture fournie (Scrobiculaire en nCi)
Radioactivité des Diatomées non ingérées après le repas (nCi)	B	Radioactivité des restes de nourriture non ingérée (coquille en nCi)
Radioactivité de l'eau contenue dans la fiole après le repas (nCi)	B'	Radioactivité des restes de nourriture non ingérée (chair en nCi)
Quantité ingérée théorique à chaque repas	$C=A-(B+B')$	Quantité ingérée théorique à chaque repas
Radioactivité d'un lot de 5 Scrobiculaires après le repas (nCi)	D	Radioactivité du Crabe après le repas (nCi)
Quantité ingérée après le n° repas* (nCi)	$E=D - \frac{G}{n} - \frac{G}{n-1}$	Quantité ingérée après le n° repas* (nCi)
Pourcentage ingéré après chaque repas	$F=100E/A$	Pourcentage ingéré à chaque repas
Radioactivité d'un lot de 5 Scrobiculaires 48 h après le repas (nCi)	G	Radioactivité du Crabe après 48 h de digestion (nCi)
Quantité assimilée après le n° repas (nCi)	$H=G - \frac{G}{n} - \frac{G}{n-1}$	Quantité assimilée après le n° repas (nCi)
Pourcentage assimilé après chaque repas	$I=100H/E$	Pourcentage assimilé après chaque repas
Radioactivité des fèces éliminées en 48 h par un lot de 5 Scrobiculaires (nCi)	J	Radioactivité des fèces éliminées en 48 h par un Crabe (nCi)
Radioactivité des excréments liquides éliminées en 48 h par un lot de 5 Scrobiculaires (nCi)	K	Radioactivité des excréments liquides éliminées en 48 h par un Crabe (nCi)
Pourcentage excrété sous forme solide	$L=100J/E$	Pourcentage excrété sous forme solide (fèces)
Pourcentage excrété sous forme liquide	$M=100K/E$	Pourcentage excrété sous forme liquide
	$O=100E/C$	Pertes dues à la mastication (pourcentage)

* Nous utiliserons de préférence la mesure E à celle de C pour quantifier la quantité ingérée réelle en raison de précisions meilleures dans les mesures D et G par rapport à A, B et B'.

médiaire de la nourriture comme nous l'avons défini précédemment (Amiard et Amiard-Triquet, 1977) :

$$f.t. = \frac{\text{Radioactivité de l'organisme au niveau trophique (x) (nCi/g)}}{\text{Radioactivité de l'organisme au niveau trophique (x-1) (nCi/g)}}$$

$$F.T. = \frac{\text{Radioactivité de l'organisme au niveau trophique (x) (nCi/g)}}{\text{Radioactivité du milieu de culture du producteur primaire (nCi/ml)}}$$

Contamination des Crabes par la nourriture

Les Crabes recevaient une ration alimentaire constituée d'une Scrobiculaire et l'ingéraient en moyenne en moins d'une heure. Ils étaient placés ensuite dans une eau inactive pendant 48 h avant de recevoir un

nouveau repas. Les fèces et les excréments liquides étaient recueillies à la fin de cette période dite de « digestion ».

Nous mesurons les diverses radioactivités de la nourriture (A, B, B') du consommateur (D, G) et des excréments (J, K) comme pour les Scrobiculaires, en utilisant les mêmes notations (Tableau 1). Nous estimons de plus le rendement masticatoire du Crabe $O = \frac{100 E}{C}$ (en pourcentage).

Techniques de mesures radioactives des divers échantillons

Les comptages étaient effectués sur divers scintillateurs à cristal plat d'iodure de sodium activé au thallium, associés à un sélecteur mono-canal ou à un sélecteur multicanaux. Il était tenu compte des rendements géométriques des échantillons et du système de détection, du « bruit de fond » et de la décroissance radioactive.

Les résultats étaient exprimés en nCi pour les échantillons *in toto* ou rapportés à l'unité de poids de l'organisme frais.

Toutes les moyennes sont accompagnées de l'erreur standard doublée ($m \pm 2 S_m$) nous indiquant ainsi un intervalle de confiance (ou coefficient de sécurité) de 95 p. 100.

RÉSULTATS

Résultats concernant *Scrobicularia plana*

La moyenne des radioactivités *in toto* des Scrobiculaires augmentait assez régulièrement après chaque repas. Dès le huitième repas, cette augmentation était minime et nous ne devons pas être loin de l'obtention d'un palier correspondant à l'état d'équilibre, c'est-à-dire l'égalité entre l'assimilation et les excréments urinaires, branchiales et fécales pour l'ensemble des lots (50 individus) (Fig. 1). Si par contre, nous prenions isolément chaque lot de cinq Scrobiculaires, nous constatons que la quantité d'argent 110 m assimilée à chaque repas est fortement corrélée avec la quantité d'argent 110 m ingérée (coefficient de corrélation $r=0,92$). Il en était de même pour la quantité assimilée et la quantité fournie (coefficient de corrélation $r=0,77$) (Fig. 2).

Le pourcentage d'argent 110 m ingéré à chaque repas (par rapport à la quantité fournie) était en moyenne de $13,6 \pm 3,0$ p. 100 (intervalle de confiance 95 p. 100) par lot de cinq individus (Tableau 2). Il est à remarquer que malgré des variations parfois importantes des quantités d'argent 110 m fournies et des fluctuations avec chaque repas, la moyenne des pourcentages ingérés par chaque lot était assez homogène. Le pourcentage ingéré restait assez constant au cours du temps, quel que soit le nombre de repas fournis aux Scrobiculaires.

Le pourcentage assimilé pour l'ensemble des lots était de $50,4 \pm 6,4$ p. 100 après 7 à 14 repas. Le pourcentage excrété avec les fèces ($28,8 \pm 8,7$ p. 100) était plus fort que celui excrété par voie urinaire et/ou branchiale ($17,5 \pm 4,1$ p. 100) (Tableau 2).

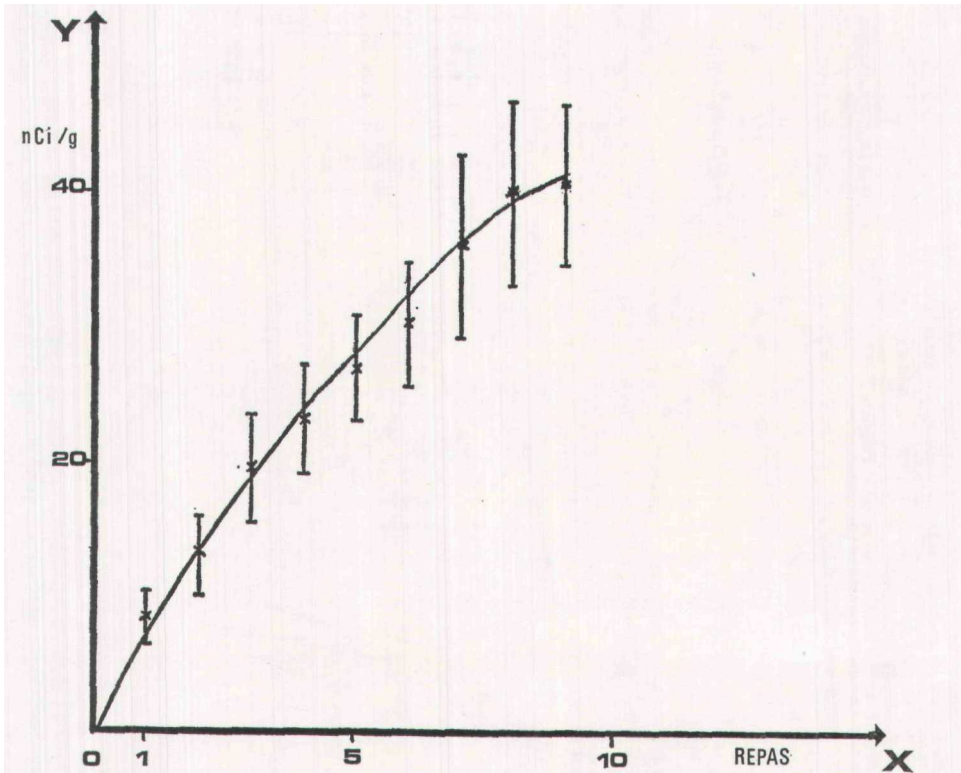


FIG. 1

Dynamique de l'accumulation de l'argent 110 m chez les Scrobiculaires au cours d'une contamination par l'intermédiaire de la nourriture (Diatomées).

X : nombre de repas; Y : radioactivité des Scrobiculaires en nCi/g.

Il n'y avait pas de différence significative (test de Student) entre le pourcentage assimilé par les Scrobiculaires se nourrissant de *N. incerta* (52,2 p. 100) et le pourcentage assimilé dans le cas où *N. biskanteri* servait d'aliment (48,1 p. 100). De même, la différence n'était pas significative entre les quantités excrétées sous forme fécale lorsque *N. biskanteri* ou *N. incerta* servaient de nourriture

TABLEAU 2

Pourcentages ingéré, assimilé et excrétés par *Scrobicularia plana* et *Carcinus maenas* après ingestion de nourriture contaminée par l'argent 110 m. (Intervalle de confiance : 95 p. 100.)

Consommateur	<i>Scrobicularia plana</i>			<i>Carcinus maenas</i>
	Nourriture	<i>N. incerta</i>	<i>N. biskanteri</i>	Moyenne
				<i>S. plana</i>
Pourcentage ingéré (F)	13,6	13,7	13,6 ± 3,0	18,1 ± 3,9
Pourcentage assimilé (I)	52,2	48,1	50,4 ± 6,4	65,4 ± 10,0
Pourcentage excrété sous				
— forme fécale (L)	25,9	32,3	28,8 ± 8,7	26,1 ± 3,4
— forme liquide (M)	18,9	15,7	17,5 ± 4,1	11,6 ± 3,4
Pertes dues à la mastication (pourcentage) (0)	—	—	—	54,8 ± 6,7

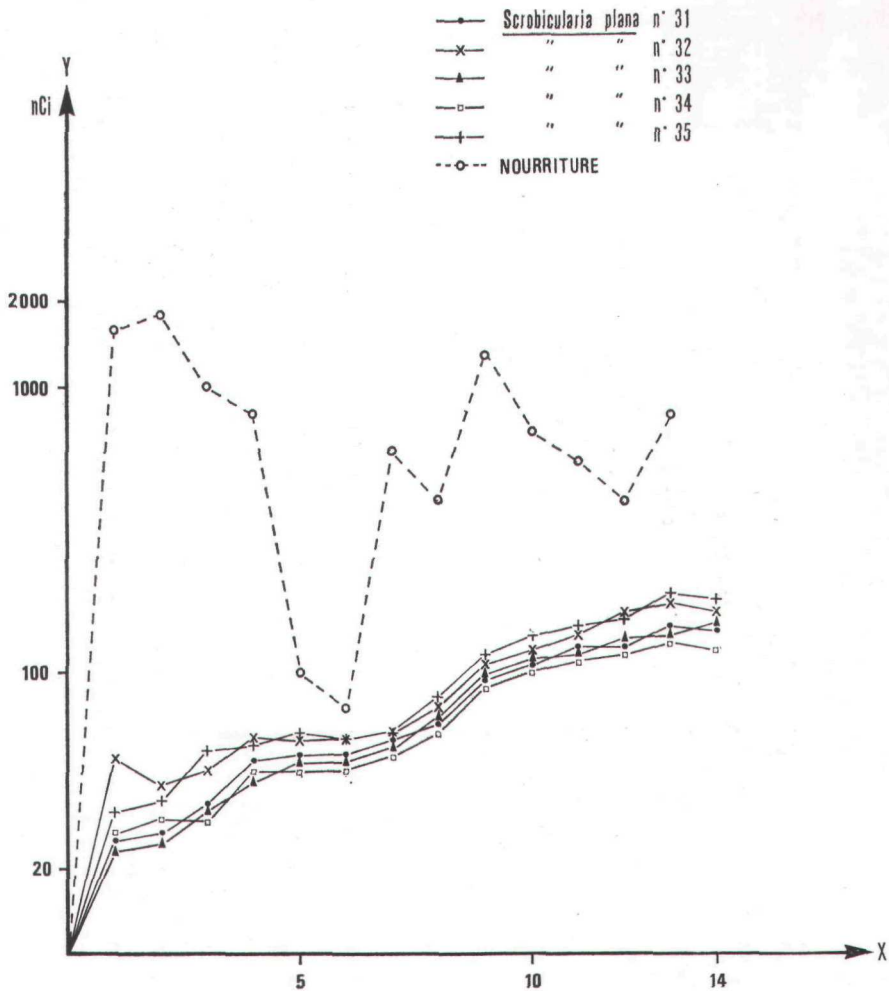


FIG. 2

Dynamique de l'accumulation de l'argent 110 m chez un lot de cinq *Scrobicularia* au cours d'une contamination par l'intermédiaire de la nourriture (Diatomées).

X : nombre de repas ; Y : radioactivité des *Scrobicularia* *in toto* et de la nourriture fournie en nCi.

TABLEAU 3

La radioactivité à l'équilibre et les facteurs de transfert (f.t. et F.T.) dans les divers niveaux trophiques de la chaîne.

Espèce	Equilibre atteint	Radioactivité à l'équilibre (nCi/g)	f.t.	F.T.
<i>Navicula incerta</i> ...	oui (35-50 j)	5000	—	—
<i>Navicula biskanteri</i> .	oui (35-50 j)	40000	—	—
<i>Scrobicularia plana</i> .	oui (8-10 repas)	40,9 ± 6,2	0,004 (0,001 à 0,007)	8,2
<i>Carcinus maenas</i> ..	non (12 repas)	5,2 ± 1,1	0,128	1,04

aux Scrobiculaires (Tableau 2). Les radioactivités des Scrobiculaires nourries avec *N. incerta* (36,6 nCi/g) et avec *N. biskanteri* (42,7 nCi/g) n'étaient pas significativement différentes (Tableau 3).

Le facteur de transfert (f.t.) entre *N. incerta* et *S. plana* était plus élevé (0,007) qu'entre *N. biskanteri* et *S. plana* (0,001) (Tableau 3). Le facteur de transfert global (F.T.) était en moyenne de 8,2, ce qui est relativement élevé lorsqu'on le compare avec le facteur de transfert (f.t.) entre les Diatomées et les Scrobiculaires et s'explique par la contamination relativement importante des Navicules (F.C. = 13130 à 50750) (Amiard, 1978).

Sur l'ensemble des repas et des Scrobiculaires, seulement 5 p. 100 de l'argent 110 m fourni aux consommateurs primaires étaient retenus par ces derniers.

Résultats concernant *Carcinus maenas*

La radioactivité *in toto* des Crabes augmentait après chaque repas et suivait assez fidèlement les fluctuations de la nourriture fournie (Fig. 3). Le coefficient de corrélation entre la nourriture ingérée et la quantité de nourriture assimilée était fort (en moyenne

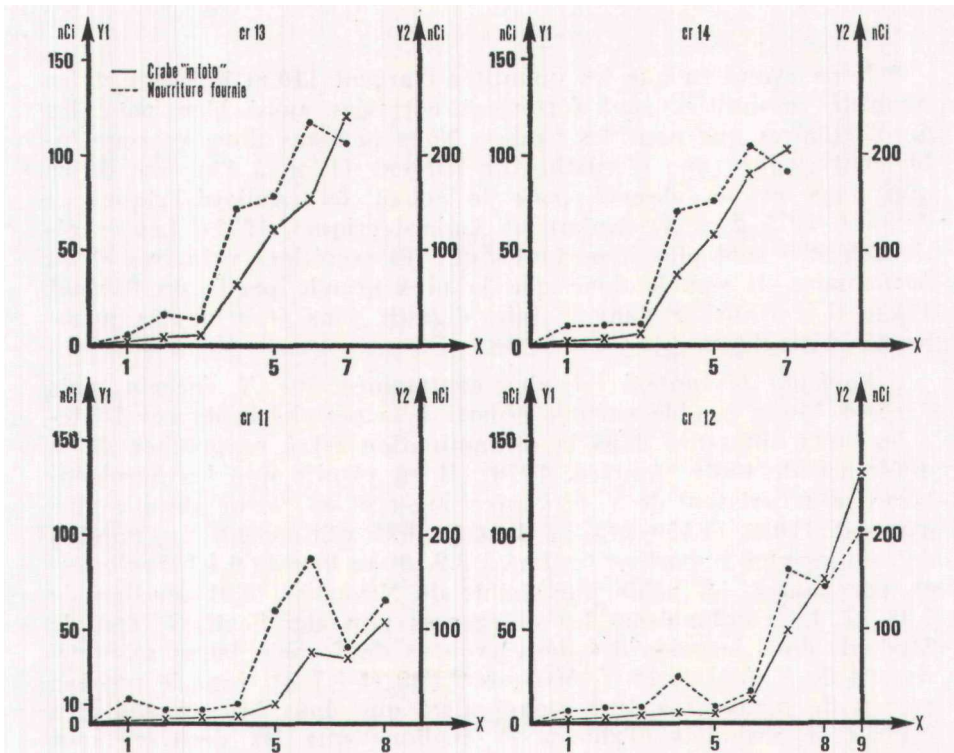


FIG. 3

Dynamique de l'accumulation de l'argent 110 m chez les Crabes au cours d'une contamination par l'intermédiaire de la nourriture (Scrobiculaires).

X : nombre de repas ; y_1 : radioactivité du Crabe *in toto* en nCi ; y_2 : radioactivité de la nourriture fournie en nCi.

$r=0,92$). Même pour les Crabes ayant reçu 12 repas, nous n'avions pas atteint l'état d'équilibre et nous ne pouvions pas préjuger du niveau de ce palier.

Le pourcentage d'argent 110 m ingéré après chaque repas était de $18,1 \pm 3,9$ p. 100 et ce pourcentage était relativement constant comme dans le cas des Scrobiculaires. Le pourcentage d'argent 110 m assimilé par les Crabes était en moyenne de $65,4 \pm 10,0$ p. 100 (Tableau 2). Le pourcentage excrété sous forme de fèces ($26,1 \pm 3,4$ p. 100) était plus important que le pourcentage excrété sous forme liquide ($11,6 \pm 3,4$ p. 100) (Tableau 2).

Au total et pour l'ensemble des repas (12), les Crabes retenaient seulement 12 p. 100 de l'argent 110 m fourni. Après le douzième repas et avant l'atteinte de l'état d'équilibre, la radioactivité du Crabe *in toto* était de $5,2 \pm 1,1$ nCi/g (Tableau 3).

Le facteur de transfert (f.t.) entre la Scrobiculaire et le Crabe était de 0,128 pour l'argent 110 m et le facteur de transfert global (F.T.) était de 1,04 (Tableau 3).

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Nous avons vu que les quantités d'argent 110 m ingérées et les quantités assimilées sont fortement corrélées aussi bien pour les Scrobiculaires que pour les Crabes. Nous pouvons donc vraisemblablement exclure une régulation de l'argent 110 m à l'inverse de ce que nous avons observé pour le cobalt 60 (Amiard-Triquet et Amiard, 1975 a et b ; Amiard et Amiard-Triquet, 1977). Les excréments fécaux sont plus importantes que les excréments urinaires et/ou branchiales. Il semble donc que la plus grande partie de l'argent 110 m doit transiter dans le tube digestif sans franchir les membranes biologiques.

Navicula biskanteri est plus contaminée que *N. incerta* mais l'argent 110 m semble surtout réparti à la périphérie de ces Diatomées et la différence dans la contamination est à rapprocher de la différence de taille (Amiard, 1978). Il en résulte que les Scrobiculaires se nourrissant de *N. biskanteri* ingèrent en valeur absolue plus d'argent 110 m (1 150 nCi au lieu de 624 nCi/repas), un nombre de cellules plus important (estimé à $3,2 \cdot 10^9$ au lieu de $0,4 \cdot 10^9$ cellules) et, par contre, un poids plus faible de Navicules (0,01 au lieu de 0,03 g). La combinaison des différences non significatives (test de Student) dans le poids des deux groupes de Scrobiculaires se nourrissant de *N. incerta* et *N. biskanteri* (3,5 et 3,7 g), dans le nombre moyen de repas (9 à 10,6 repas) ainsi que dans les pourcentages ingérés et assimilés (Tableau 2) explique que les deux groupes sont contaminés de façon similaire (36,0 et 42,8 nCi/g) à la fin de l'expérience.

Le pourcentage d'argent 110 m ingéré par les Crabes à chaque repas (18,1 p. 100) est beaucoup plus faible que dans le cas du

⁶⁰Co (53,6 p. 100) (Amiard-Triquet et Amiard, 1975 a). Ce fait est à rapprocher de la plus forte perte par mastication d'argent 110 m (54,8 p. 100) que de cobalt 60 (39,5 p. 100) lié vraisemblablement à des techniques fort différentes d'ingestion des Scrobiculaires. En effet, les Crabes se nourrissant de Scrobiculaires contaminées par le cobalt 60 provenaient de l'étang du Prévost riche en Scrobiculaires et ils semblaient fort experts dans l'ouverture des Mollusques laissant quasiment intactes les deux valves ; par contre, les suivants (de la région marseillaise), que nous avons nourris avec des Scrobiculaires contaminées par l'argent 110 m, déchiquetaient entièrement les Mollusques.

Les valeurs des facteurs de transfert (f.t. et F.T.) de l'argent 110 m chez le Crabe sont plus faibles que celles observées lors du transfert du cobalt 60 entre ces mêmes espèces (Amiard et Amiard-Triquet, 1977). Cela peut s'expliquer par le fait que le cobalt stable a d'importantes fonctions biologiques alors que l'isotope stable de l'argent ne semble pas en avoir. Cependant, il faut tenir compte que l'état d'équilibre n'est pas atteint pour l'argent 110 m alors qu'il avait été approché pour le cobalt 60. Nous pouvons cependant constater que, comme généralement pour les organismes aquatiques, le facteur de transfert (F.T.) est supérieur à l'unité.

Ne disposant pas d'autres expériences sur le transfert de l'argent dans les chaînes trophiques, nous nous limiterons à rapporter les mesures en argent radioactif ou stable effectuées sur des espèces de niveaux trophiques différents, prélevées en un même lieu et à une même date.

Les résultats sont contradictoires si l'on compare l'argent stable et l'argent 110 m ou l'argent 108 m (Tableau 4). Ainsi, Preston et

TABLEAU 4
Teneurs en argent stable ou radioactif de quelques organismes marins.

Espèce	Niveau trophique	^{110m} Ag pCi/Kg frais	^{108m} Ag pCi/Kg frais	µg/g sec Argent stable
<i>Fucus</i> sp.	1			0,24-0,30 ^a
<i>Porphyra</i> sp.	1			0,09-0,13 ^a
<i>Patella vulgata</i> (parties molles) ..	2			1,3-2,1 ^a
<i>Gelidium</i> sp.	1	6 à 35 ^b		
<i>Phyllospadix</i> sp.	1	14 à 85 ^b		
<i>Aplysia californica</i>	2	12 à 195 ^b		
<i>Stenoteuthis bartrami</i> (foie)	3			
<i>Loligo opalescens</i> (foie)	3	200 à 4200 ^c		
<i>Sepioteuthis</i> sp. (foie)	3			
<i>Thunnus alalunga</i> (foie)	4	0 à 80 ^c		
<i>Stenoteuthis bartrami</i> (foie)	3	2900 à 3500 ^d	155 à 1600 ^d	
<i>Panulirus interruptus</i> (foie)	3	1020 ^d	55 ^d	
<i>Thunnus alalunga</i> (foie)	4	48 à 82 ^d	2,6 à 9,1 ^d	
<i>Neothunnus macropterus</i> (foie) .)	4			
a Preston et coll., 1972 b Folsom et Hodge, 1974		c Folsom et Young, 1965 d d'après Folsom et coll., 1970		

coll. (1972) mesurent plus d'argent stable dans les parties molles de *Patella vulgata* que dans les Algues *Fucus* sp. et *Porphyra* sp. en Mer d'Irlande. Folsom et Hodge (1974) constatent une relative stabilité ou une légère augmentation de la concentration en argent 110 m dans le brouteur *Aplysia californica* par rapport à sa nourriture éventuelle *Gelidium* sp. et *Phyllospadix* sp. près de la centrale de San Onofre. Par contre, Folsom et Young (1965), détectent plus d'argent 110 m dans le foie des Céphalopodes que dans le foie de leurs prédateurs, les Thons. De même, les Céphalopodes et les Crustacés contiennent plus d'argent 110 m et d'argent 108 m que les Thons (Folsom et coll., 1970).

Nous avons vu que la contamination par l'eau des divers organismes était difficilement interprétable selon les critères classiques : échelle systématique et niveau trophique (Amiard, 1978). Par contre, nos expériences et les mesures *in situ* d'argent 110 m montrent une décroissance de la concentration de ce radionucléide le long des chaînes alimentaires. Il semble qu'il n'en soit pas de même pour l'argent stable.

Nous remercions vivement MM. Gruet, Maestrini et Puel qui nous ont fourni le matériel biologique utilisé dans cette étude.

Summary

Concentration of silver 110 m in a marine food chain. II. Uptake through the food chain.

The transfer of silver 110m through a natural marine food chain was studied experimentally. Silver 110m concentration decreased as the level in the productivity pyramid was higher and transfer factors between two successive trophic levels (f.t.) were low: 0.004 between Diatomae and Scrobiculariae, 0.128 between Scrobiculariae and Crabs. However transfer factors between water and the trophic level considered (F.T.) were always above 1: 8.2 for Scrobiculariae, 1.04 for Crabs. The mean percentage assimilated after each meal was 50 p. cent and 65 p. cent for Scrobiculariae and Crabs respectively. Fecal excretion prevailed (26-28 p. cent). There did not seem to appear any regulation of silver 110m by the various species studied. Scrobiculariae and Crabs retained 5 p. cent and 12 p. cent respectively of silver 110m supplied by all the meals.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- AMIARD, J.-c., 1976 a. — Etude expérimentale de la toxicité aiguë de sels de cobalt, d'antimoine, de strontium et d'argent chez quelques Crustacés et leurs larves et chez quelques Téléostéens. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, 43, pp. 79-95.
- AMIARD, j.-c., 1976 b. — Les variations de la phototaxie des larves de Crustacés sous l'action de divers polluants métalliques : mise au point d'un test de toxicité subléthale. *Mar. Biol.*, 34 (3), pp. 239-245.
- AMIARD, J.-c., 1979. — Modalités de la contamination d'une chaîne trophique marine benthique par l'argent 110 m. I. Contamination de quelques organismes marins par l'intermédiaire de l'eau. *Cah. Biol. Mar.*, 20, pp. 125-136.
- AMIARD, J.-c., AMIARD-TRIQUET, c., 1975. — Expérience préliminaire à l'utilisation d'une chaîne trophique marine dans l'étude d'une pollution par le cobalt 60 : Bilan après une ingestion unique. *Water, Air Soil Pollut.*, 5 (2), pp. 221-229.

- AMIARD, J.-C., AMIARD-TRIQUET, C., 1977. — Health and ecological aspects of cobalt 60 transfer in a seawater food chain typical of an intertidal mud-flat. *Intern. J. Environmental Studies*, 10, pp. 113-118.
- AMIARD-TRIQUET, C., AMIARD, J.-C., 1975 a. — Etude expérimentale du transfert du cobalt 60 dans une chaîne trophique marine benthique. *Helgoländer wiss. Meerest.*, 27 (3), pp. 283-297.
- AMIARD-TRIQUET, C., AMIARD, J.-C., 1975 b. — Etude expérimentale du transfert du cobalt 60 entre une Annélide marine (*Arenicola marina* L.) et ses prédateurs : le crabe enragé (*Carcinus maenas* L.) et la Plie (*Pleuronectes platessa* L.). Rapport CEA-R-4658, 51 pp.
- BEASLEY, T.M., HELD, E.E., 1971. — Silver-108m in Biota and Sediments at Bikini and Eniwetok Atolls. *Nature*, 230, pp. 450-451.
- FOLSOM, T.R., GRISMORE, R., YOUNG, D.H., 1970. — Long-Lived γ -Ray Emitting Nuclide Silver-108m found in Pacific Marine Organisms and used for Dating. *Nature*, 227, pp. 941-943.
- FOLSOM, T.R., HODGE, V.F., 1974. — Early surveillance around coastal nuclear installations. In : *Environmental surveillance around nuclear installations*. IAEA, Vienna ; 1, pp. 289-299.
- FOLSOM, T.R., YOUNG, D.H., 1965. — Silver-110m and cobalt-60 in oceanic and coastal organisms. *Nature*, 206 (4986), pp. 803-806.
- FOLSOM, T.R., YOUNG, D.R., HODGE, V.F., GRISMORE, R., 1971. — Variations of ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, and $^{108\text{m}}\text{Ag}$ in tunas. In: *3rd Nat. Symp. Radioecology*, 10-12 May 1971, Oak Ridge, Tenn. USAEC, 2, pp. 721-730.
- GRISMORE, R., FOLSOM, T.R., HODGE, V.F., YOUNG, D.R., 1972. — A Study of the radiosilver signature of the 1961-62 nuclear weapons testing period. *Trans. N.-Y. Acad. Sc.*, II, 34 (5), pp. 392-415.
- PRESTON, A., DUTTON, J.W.R., HARVEY, B.R., 1968. — Detection, Estimation and Radiological Significance of Silver-110m in Oysters in the Irish Sea and the Blackwater Estuary. *Nature*, 218 (5142), pp. 689-690.
- PRESTON, A., JEFFERIES, D.F., DUTTON, J.W.R., HARVEY, B.R., STEELE, A.K., 1972. British Isles Coastal Waters: The Concentrations of Selected Heavy Metals in Sea Water, Suspended Matter and Biological Indicators. A Pilot Survey. *Environ. Pollut.*, 3, pp. 69-82.
- SEYMOUR, A.H., 1963. — Radioactivity of Marine Organisms from Guam, Palau and the Gulf of Siam, 1958-59. In: *Radioecology*, Schultz V. and Klement A.W., eds, Reinhold Publ. Corp., New York, pp. 151-157.
- SCHEIDHAUER, J., AUSSET, R., PLANET, J., COULON, R., 1974. — Programme de surveillance de l'environnement marin du Centre de La Hague. In : *Population dose evaluation and standards for man and his environment*, 20-24 May 1974, Portoroz. IAEA, Vienna, pp. 347-366.