

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SOMMAIRE
sur la CONCENTRATION du PLUTONIUM
par les ORGANISMES MARINS

S.N.P.E.A C.F.D.T.

OCTOBRE 1978

La mesure de facteurs de concentrations nécessite par définition la connaissance de deux activités volumiques: celle de l'espèce étudiée et celle de l'eau de mer par exemple. Des erreurs plus ou moins importantes peuvent affecter la précision de ce rapport dans la mesure où l'équilibre entre le contaminant et l'espèce étudiée n'est pas atteint (variations brutales de l'activité volumique de l'eau de mer par exemple).

Ces difficultés sont illustrées par les fluctuations des mesures relevées dans les publications.

Par ailleurs, les limites de mesures peuvent être aussi affectées par la variation importante de l'activité volumique de l'eau- 1 à $760 \cdot 10^{-4}$ pCi/l [FRA 75 7]. Ces valeurs varient avec la localisation géographique, l'époque, la proximité du point de rejet.

Dans le cas de WINDSCALE par exemple à 1 km du point de rejet, l'activité spécifique est de $4\,800 \cdot 10^{-4}$ pCi/l. Elle est encore élevée à 110 km (300 à $400 \cdot 10^{-4}$ pCi/l [HET 767].

TABLEAU I

Variation de l'activité volumique du plutonium 239 de l'eau et des sédiments dans la Mer d'Irlande, en fonction de la distance du rejet de WINDSCALE [HET 767]

n° station	distance du rejet (km)	eau pCi/l	sédiment sec pCi/g	facteur de concentration
45	1	0.48 ± 0.01	36 ± 3^a	7×10^4
44	4.5	0.37 ± 0.01	80 ± 6	22×10^4
47	4.5	0.65 ± 0.01	23 ± 2	3.5×10^4
41	9	0.31 ± 0.01	9 ± 1	3×10^4
42	9	0.46 ± 0.01	12 ± 0.4	3×10^4
43	9	0.31 ± 0.01	29 ± 2	9×10^4
48	9	1.02 ± 0.01	17 ± 1	2.0×10^4
60	75	0.035 ± 0.016	0.22 ± 0.02	0.6×10^4
59	90	0.05^b	0.37 ± 0.05	0.7×10^4
30	110	0.03^b	0.6 ± 0.05	2×10^4
61	110	0.040^b	0.04 ± 0.004	0.1×10^4

a= erreur statistique affectant la mesure

b= valeurs interpolées

Si l'on exprime en courbe les mesures du tableau 1 on observe que le facteur de concentration croît lorsque l'activité volumique de l'eau ou des sédiments augmente.

Cette courbe invite à examiner les autres facteurs de concentration mesurés pour plusieurs espèces. Elle pourrait peut-être expliquer les écarts des FC observés.

I- Mesure sur les espèces marines

Les mesures effectuées tant en France qu'à l'étranger montrent qu'il existe une relation entre le facteur de concentration (FC) et le degré d'évolution des espèces marines. Même s'il existe des variétés d'espèces qui échappent à la règle, il se dégage, de façon globale, une tendance à la diminution du facteur de concentration des radionucléides quand la complexité de ces organismes augmentent.

Les ordres de grandeur du FC sont donnés par plusieurs auteurs. Nous les avons regroupés au tableau n° 2.

TABLEAU n° 2

Eléments	Facteurs de concentration dans les éléments écologiques				
	Références				
	LOW 71	FRA 75	NOS 72	RIC 71 ^a	EDG 76
eau	1	1	1	1	1
sédiment					
plancton	2600				
lichen		3220 à 4290			
algues	1300	85 à 1175	620 à 21000	130	620 à 15300
spongiaires		1260 à 1495	2100		
cnidaires		165			
annélides		103 à 315	4100		
mollusques	260	48 à 205	300 à 690	200	
crustacés	3	38 à 503		3	
echinodermes		452	760 à 1020		
tuniciers		785			
poissons	3	1 à 73	1 à 5	5	4 à 176

a= cité par RAM77 (RICE et WOLFE dans "Impingement of man on the ocean"
WILEY (1971) page 351)

La figure 2 extraite des travaux de FRAIZIER et GUARY / FRA75 / illustre la variation du facteur de concentration en fonction de la position systématique de divers embranchements d'espèces marines.

Nous avons reporté figure 3 l'ensemble des résultats collationnés au tableau n° 2. Il apparaît que la courbe retenue par FRAIZIER et GUARY soit plus basse que celle qui tiendrait compte de l'ensemble des valeurs.

Si l'on considère les écarts observés pour la mesure du plutonium dans les algues, par exemple, et que l'on compare les résultats de FRAIZIER et GUARY /FRA77 / figure 4 (usine de la Hague) et ceux de MITCHELL (usine de Windscale), on peut supposer que les écarts de près d'un facteur 10 sont liés aux différences d'activité volumique de l'eau de mer.

II- Ecart observés sur les facteurs de concentration

Les résultats que nous avons reportés montrent que:

- 1/ Les valeurs maximales des facteurs de concentration, si l'on exclut les sédiments, sont celles du plancton,
- 2/ Les valeurs minimales sont mesurées pour les poissons.

Le tableau 3 illustre les variations de FC mesurées en différents lieux géographiques pour le plancton (non différencié).

Le tableau 4 montre l'extrême variété du FC pour le poisson. Ces valeurs dépendent probablement du mode de nourriture du poisson. Le contact ou l'ingestion de sédiments marins pour lesquels le facteur de concentration est généralement supérieur à 10000 explique probablement certaines valeurs élevées.

La référence GUA75 cite le cas de la plie, pour lequel le FC=73, rappelle qu'il est démontré que la plie ingère ses proies en même temps que le sédiment qui les entoure, mais l'on ne sait pas quelle est la part que prend ce mécanisme de transfert dans l'augmentation du facteur de concentration.

III- Conclusion

- 1/ Cette bibliographie sommaire montre que le plutonium est concentré dans toutes les espèces marines. Cette concentration diminue lorsque la complexité des organismes marins augmente.
- 2/ Les effluents liquides des usines de la Hague et de WINDSCALE, bien que subissant une dilution très importante à la sortie de la conduite de rejet (10^6 à 10^7 - Lapique 1974 cité par FRA77 et pour WINDSCALE /HET76/) ne sont pas sans influence, même à plusieurs dizaines de kilomètres de l'émissaire. Cet effet devra être considéré notamment lors de la lixiviation de déchets de plutonium.
- 3/ Des disparités importantes de facteur de concentration doivent être analysées notamment en fonction de l'activité volumique des milieux contaminants.

TABLEAU N° 3

CONCENTRATION du PLUTONIUM dans le PLANCTON

Lieu		Référence	Facteurs de concentration	
Lac Supérieur	(1972)	EDG76	1600 - 5714 - 3650 - 2700	moyenne 4600 ⁺⁹⁰⁰
Lac Michigan	(1972)	EDG76	122 à 15300	moyenne 5700 ⁺⁸⁰⁰
Lac Huron	(1972)	EDG76	394 - 3238 - 5682	moyenne 4460
Lac Erié	(1972)	EDG76	216 - 394 - 536	moyenne 500 ⁺¹⁵⁰
Lac Ontario	(1972)	EDG76	2040 - 2560 - 2680	moyenne 2420 ⁺²⁰⁰

TABLEAU N° 4

CONCENTRATION du PLUTONIUM dans les POISSONS

Lieu	(année)	Référence	Facteurs de concentration	
Lac Michigan	1972	EDG76	273 ⁺ 100	(cottus cognatus)
			33 ⁺ 4	(coregonus)
			24 ⁺ 4	(alosa pseudoharengus)
		GRA76	16 ⁺ 4	(osmerus mordax)
			14	(coregonus clupeaformis)
			7	(oncorhynchus kisutch) saumon
			4	(oncorhynchus tshawytscha) saumon
Lac Huron	1972-73	EDG76	1,5	(salvelinus namaycush) truite
			165	(alosa pseudoharengus)
			13	(osmerus mordax)
Lac Erié	1972-73	EDG76	24	(perca flavescens)
			235	(osmerus mordax)
Lac Ontario	1972-73	EDG76	10	(perca flavescens)
			176	(alosa pseudoharengus)
La Hague		GUA75	.73	(pleuronectes plaessa) plie
La Hague		(travaux cités par ANG77)	15	gode
			1	bar
Windscale			30	carrelet
			30	limande
			10	saumon

BIBLIOGRAPHIE

- LOW 71 LOWMAN.F.G, RICE T.R, RICHARDS, F.A
Accumulation and redistribution of radionuclides by marine organisms
- JIN 72 JINKS.S.M, EISENDUD M.
Concentration factors in the Aquatic Environment.
Radiation Data and Reports Vol 13 n° 5 pp(243-247) May 1972
- NOS 72 NOSHKIN. V.E
Ecological aspects of plutonium dissemination in aquatic environments.
Health Physics Vol 22 pp(537-549) Juin 1972
- FRA 75 FRAIZIER A et GUARY J.C.
Etude, in situ de l'accumulation du plutonium chez des espèces marines végétales et animales en fonction de leur position systématique.
Note CEA N° 1818 Octobre 1975
- GUA 75 GUARY J.C. et FRAIZIER A.
Observations, in situ sur les mécanismes de transfert du plutonium en milieu marin.
Note CEA-N-1820 Septembre 1975
- EDG 76 EDGINGTON D.N., WAHLGREN M.A. and MARSHALL J.S.
The behavior of plutonium in aquatic ecosystems: A Summary of studies on the great lakes (pp 45-80)
In ENVIRONMENTAL TOXICITY of AQUATIC RADIONUCLIDES: Models and Mechanisms (1976)
Edit. MILLER and STANNARD AN ARBOR SCIENCE PUBLISHERS
- EME 76 EMERY R.M., KLOPFER D.C.
The distribution of transuranic elements in a Freshwater pond ecosystem.
in ENVIRONMENTAL TOXICITY of AQUATIC RADIONUCLIDES: Models and Mechanisms (1976)
Edit. Miller and STANNARD - AN ARBOR Science Publishers
- GRA 76 GRAUBY A.
Comportement du plutonium et autres actinides dans l'environnement terrestre.
Revue Générale Nucléaire n° 3 pp(218-222) - Mai-Juin 1976
- HET 76 HETHERINGTON J.A.
The behavior of plutonium nuclides in the Irish Sea in ENVIRONMENT TOXICITY of AQUATIC RADIONUCLIDES: Models and mechanisms (1976)
Edit. MILLER and STANNARD - AN ARBOR Science Publishers

- ANG 77 ANGELETTI L., ANCELLIN L., BITTEL R.
Aspects pratiques du comportement du plutonium dans l'environnement
Revue "RADIOPROTECTION" vol 12 n° 1 pp(3-26)
Edit: DUNOD
- FRA 77 FRAIZIER A. et GUARY J.C
Diffusion du plutonium en milieu marin: Etude quantitative effectuée
sur des espèces marines du littoral de la Manche, de BREST (pointe
St Mathieu) à HONFLEUR.
Rapport CEA R. 4822 (1977) et 4ème Congrès de l'IRPA - Paris (avril 77)
- GUA 77 GUARY J.C. et FRAIZIER A.
Influence of trophic level and calcification on the uptake of plutonium
observed, "in situ", in marine organisms
HEALTH PHYSICS Vol 32 pp(21-28) January 1977
- RAM 77 RAMADE P.
ECOTOXICOLOGIE
Edit: MASSON (1977)

- GLOSSAIRE -

LICHEN	végétal vivant sur le sol, les arbres, les pierres, formé d'un thalle aplati ou rameux, où vivent associés un champignon et une algue.
THALLE	appareil végétatif des végétaux inférieurs où l'on ne peut distinguer ni racine, ni tige, ni feuilles.
PLANCTON	ensemble des êtres microscopiques ou de petite taille en suspension dans la mer ou l'eau douce.
CRUSTACES	classe d'animaux articulés, aquatiques, à respiration branchiale et dont la carapace est formée de chitine imprégnée de calcaire.
CHITINE	substance organique azotée.
FACTEUR de CONCENTRATION	lorsqu'un élément radioactif ou non est présent dans l'atmosphère, le sol ou l'eau, il peut pénétrer dans les êtres vivants. La concentration de l'élément est mesurée soit sur un organe spécifique, soit sur la totalité de l'organisme vivant. Le facteur de concentration pour les organismes marins est défini ainsi: $FC = \frac{\text{activité volumique de l'échantillon frais (pCi/Kg)}}{\text{activité volumique de l'eau de mer (pCi/l)}}$ Pour le milieu terrestre: $FC = \frac{\text{Activité volumique de l'échantillon frais (pCi/Kg)}}{\text{Activité volumique du sol sec (pCi/Kg)}}$ La mesure du FC nécessite qu'un équilibre ait été atteint entre le contaminant et l'organisme contaminé.
CNIDAIRES	principal sous-embranchement comprenant les hydres, anémones de mer, corail, grandes méduses.
ANNELIDES	embranchement d'animaux renfermant les vers annelés, formés d'une suite de segments sans patte, ayant tous la même constitution.
MOLLUSQUES	embranchement d'animaux comprenant des êtres à corps mou souvent recouverts d'une coquille calcaire (recouvre notamment: escargot de mer, la moule, l'huître, la pieuvre, la seiche).
ECHINODERME	Embranchement du règne animal comprenant des formes marines à symétrie axiale de type 5 (oursin, étoile de mer)
TUNICIER	animaux marins dont le corps est entouré d'une tunique en forme de sac.

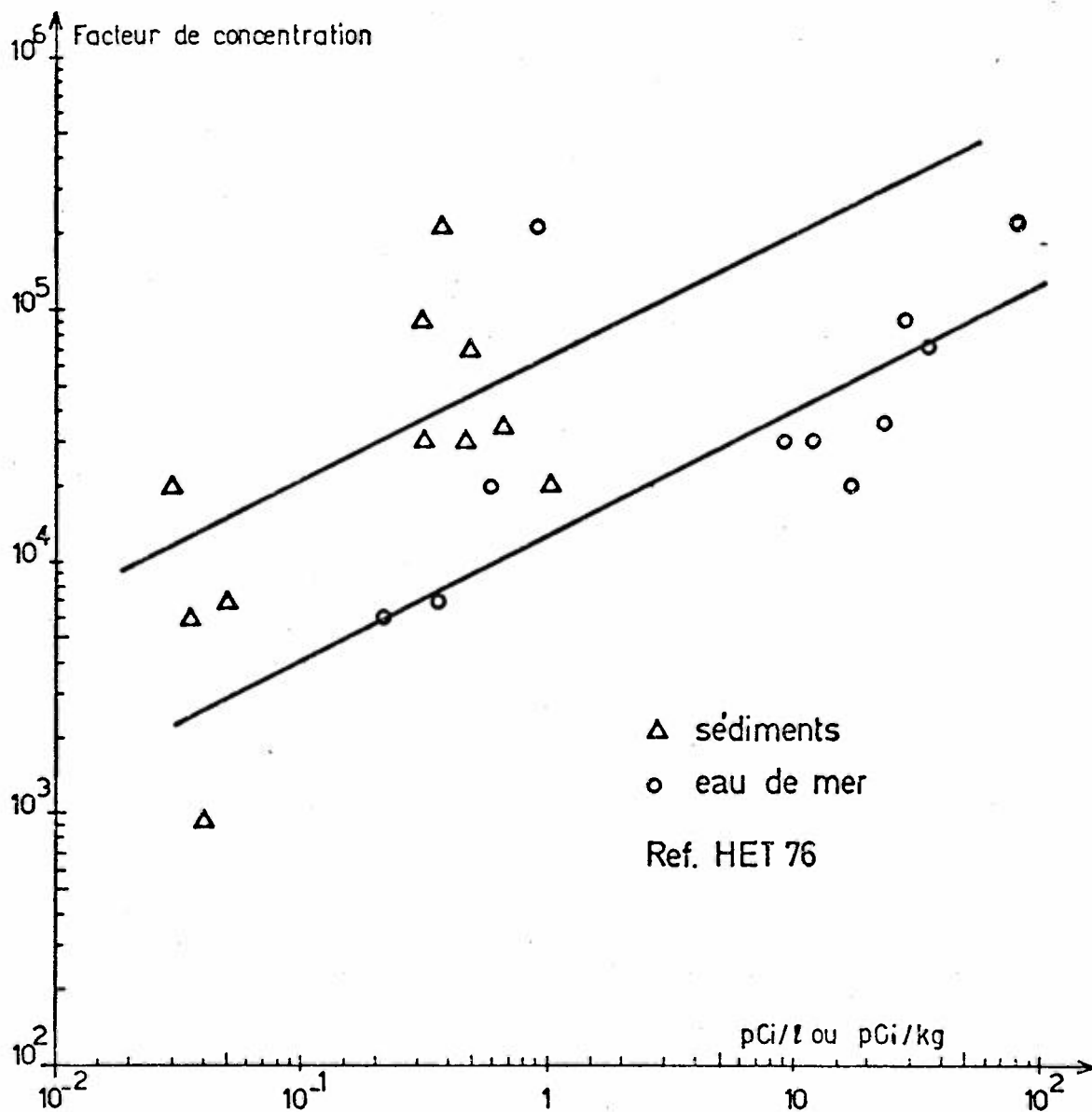


Fig. 1. VARIATION DU FACTEUR DE CONCENTRATION DES SÉDIMENTS MARINS

en fonction de l'activité volumique de l'eau de mer
ou en fonction de l'activité volumique des sédiments.

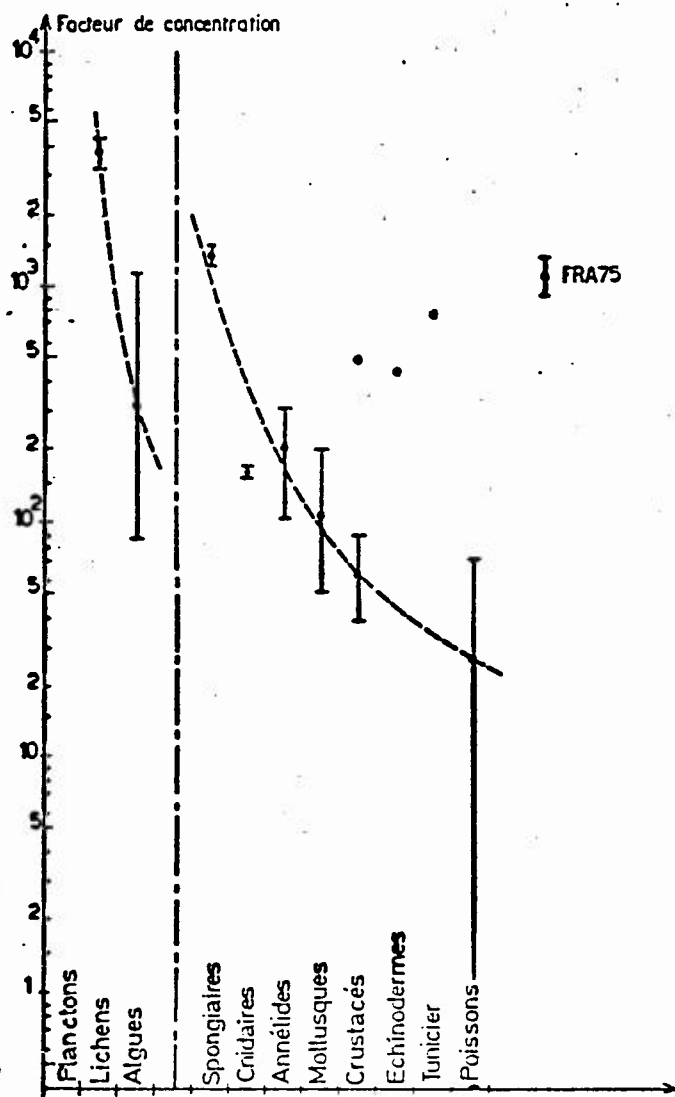


Fig. 2. FACTEURS DE CONCENTRATION DU PLUTONIUM en fonction de la position systématique de divers embranchements.

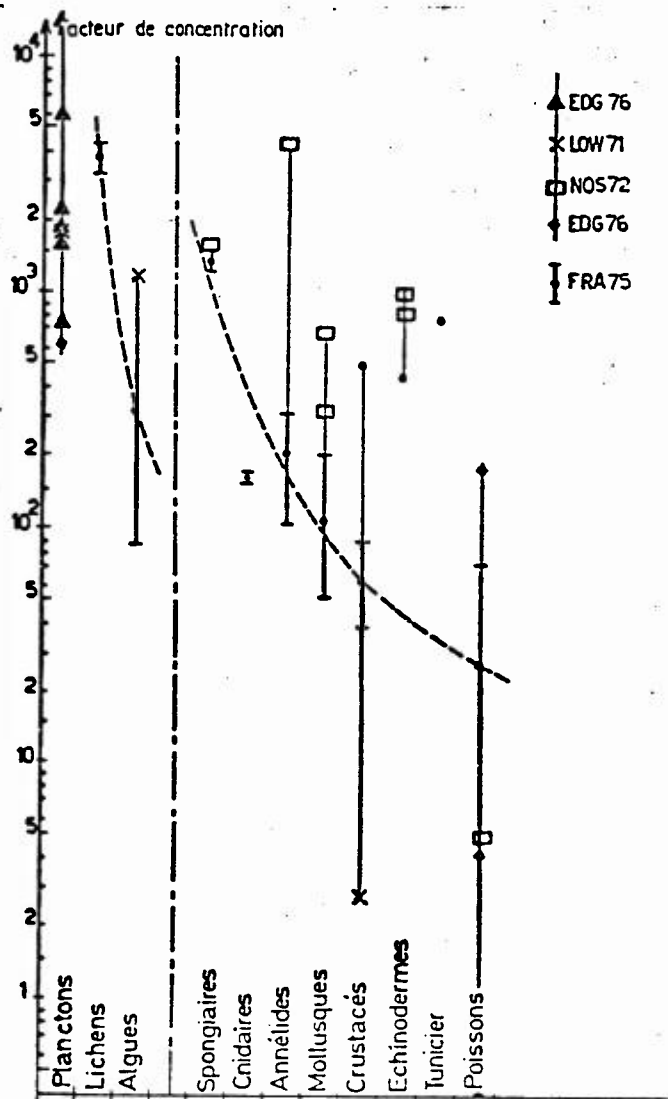


Fig. 3. FACTEURS DE CONCENTRATION DU PLUTONIUM en fonction de la position systématique de divers embranchements.

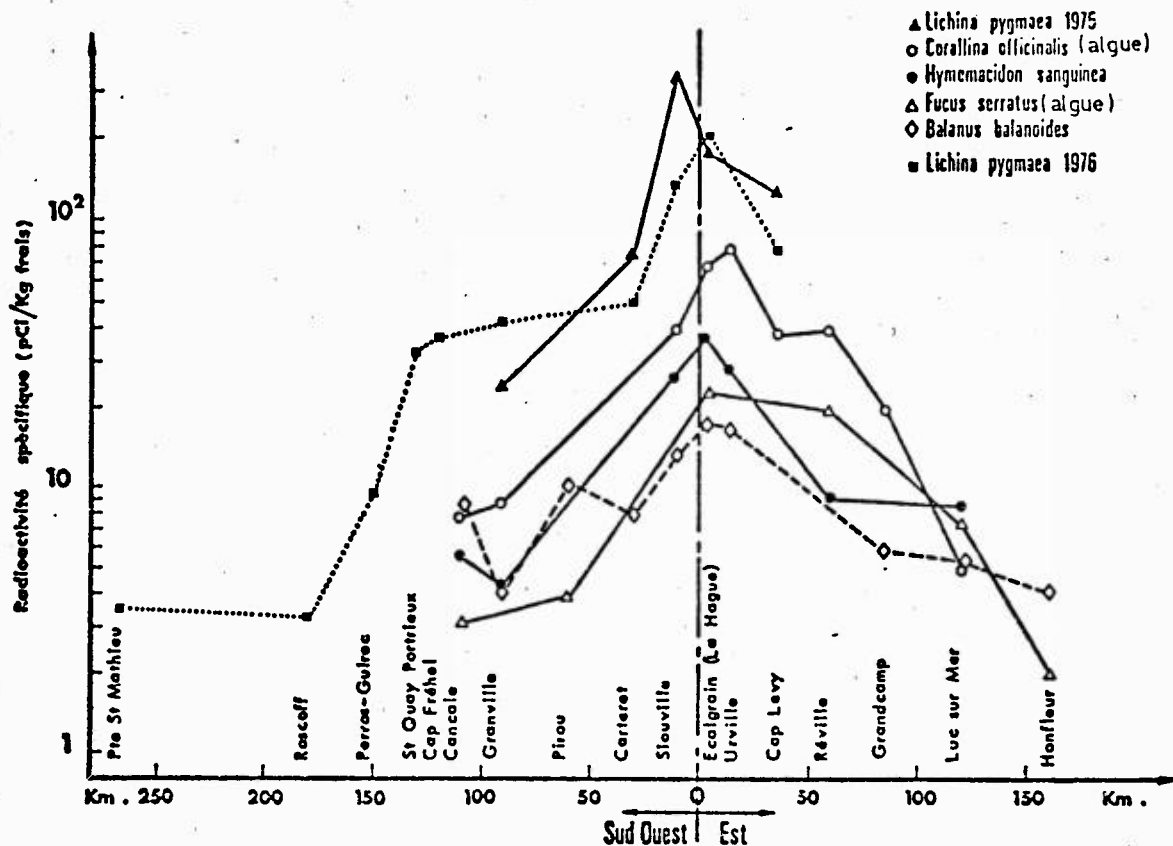


Figure 4 - Radioactivité spécifique en plutonium des différentes espèces, en fonction de la position géographique des stations de prélèvement

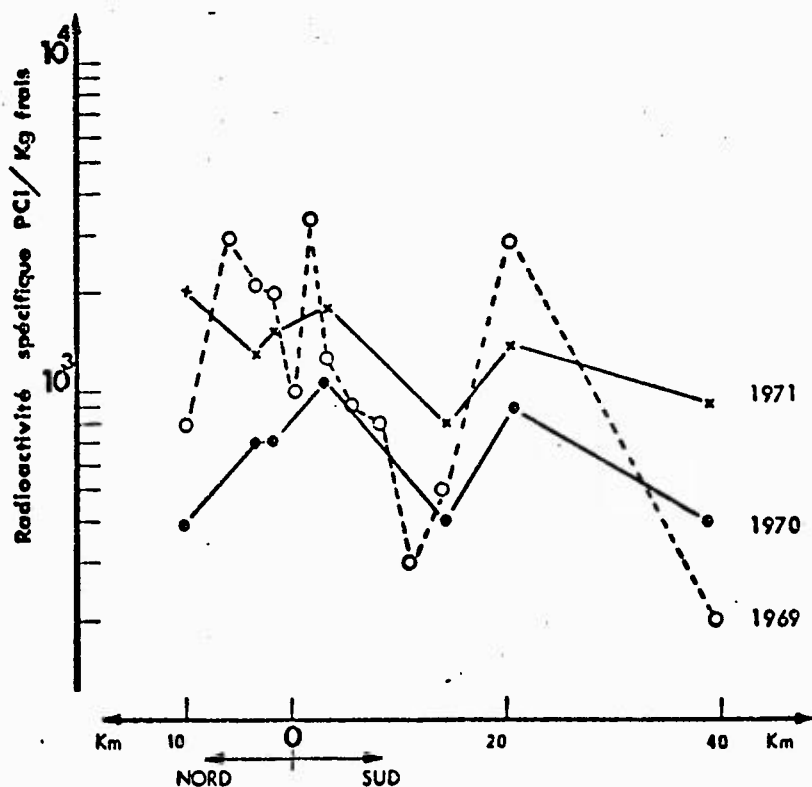


Figure 5 - Radioactivité spécifique en plutonium de l'algue *Porphyra* à proximité de l'émissaire de Sellafield (usine de Windscale) (d'après MITCHELL 1971a, 1971b, 1973).