

1925107

ABSORPTION DIRECTE ET TRANSFERT DU CESIUM-137
DANS UNE CHAINE ALIMENTAIRE D'EAU DOUCE SIMPLIFIEE

L. FOULQUIER, A. GRAUBY et A. LAMBRECHTS

Avec 4 figures et 5 tableaux dans le texte

Le césium-137 est un produit de fission (période physique = 30 ans) susceptible d'être présent dans les effluents des centrales nucléaires. Pour évaluer les processus de concentration de ce radioélément dans les écosystèmes, il est nécessaire d'estimer ce qui revient à la contamination directe par l'eau et indirecte par la nourriture. "Cette question est une des plus urgentes à régler" [1]. Des mesures "in situ" montrent que les poissons prédateurs ont les concentrations en césium-137 les plus fortes [2,3]. Expérimentalement, GALLEGOS [4] trouve que la teneur en césium-137 de la truite est en relation avec le niveau de consommation. Pour d'autres, l'augmentation de l'activité avec les niveaux trophiques n'est pas une règle générale [5,6].

Nous apporterons notre contribution en recherchant les facteurs de transferts directs et indirects à travers trois maillons d'une chaîne simple (fig. 1).

I. - ABSORPTION DIRECTE DU CESIUM-137 A PARTIR DE L'EAU

I.1. - Contamination de *Daphnia magna*

Dans un élevage de daphnies de 5 litres, on introduit 250 μCi de césium-137 (111.10^3 désint./min/cm²). L'activité de l'eau filtrée reste à peu près constante en fonction du temps. Après 28 jours, les

daphnies ont fixé 0,27 % de l'activité introduite, soit une activité totale de 1 467 300 désint./min pour 4,1 g ou 357 900 désint./min g frais.

$$\text{Le facteur de concentration } FC_1 = \frac{357900}{98500} = 3,6.$$

I.2. - Contamination de *Lebistes reticulatus*

Dans un aquarium comprenant 9 poissons, dont le poids est compris entre 0,4 et 1,8 g, l'activité de l'eau est maintenue autour de 118.10^3 désint./min/cm³. En deux jours, les poissons retiennent 0,2 % de l'activité introduite. Ces derniers présentent de grandes variations d'un individu à l'autre (tableau 1). L'activité spécifique moyenne est de 425.10^3 désint/min/g frais, soit $FC_2 \approx 4$.

I.3. - Contamination d'*Anguilla anguilla*

Trois aquariums de 10 litres contiennent chacun une anguille. L'activité de l'eau est de 111.10^3 désint./min/cm³ (fig. 2). Après 38 jours, les anguilles ont fixé 0,3 % de l'activité introduite. Les activités spécifiques des individus sont relativement différentes (fig. 2 et tableau 2).

L'activité spécifique moyenne est de 197.10^3 désint/min/g frais, soit $FC_2 \approx 2$.

La distribution du Cs-137 dans l'organisme est conforme à la figure 3 A. La masse musculaire représente près de 60 % de l'activité totale; pour le poisson-chat on trouve 55 % [7]. Le tractus digestif, les reins et la rate ont les activités spécifiques les plus fortes (tableau 3).

En plaçant des anguilles contaminées dans un circuit d'eau inactive, on peut connaître la vitesse de désorption (fig. 4). Après 400 jours, 63 % du Cs-137 est excrété. Les dynamiques de décontamination varient selon les organes. Le tube digestif, les reins, les branchies et le foie perdent 50 à 80 % de leur activité en 10 à 15 jours;

pour la masse musculaire, la décontamination est très lente pouvant aller jusqu'à des périodes biologiques de 1 000 jours [8]. Après 60 jours de décontamination, la distribution du radioélément dans le poisson est un peu modifiée (fig. 3 C).

II. - ABSORPTION INDIRECTE DU CESIUM-137 A PARTIR DE LA NOURRITURE

II.1. - Transfert du Cs-137 de Daphnia à Lebistes

Des daphnies sont contaminées pendant 8 jours dans de l'eau à 50 $\mu\text{Ci/litre}$, leur activité totale est de 1 137 800 désint./min. Ces daphnies sont mangées par 9 guppys d'un poids total de 7,13 g. L'activité spécifique moyenne des poissons, après 2 jours, est de 106 800 désint./min/g frais, leur activité totale est de 761 400 désint./min, soit 67 % de l'activité totale des daphnies ($FT_1 \approx 67 \%$).

II.2. - Transfert du césium-137 de Lebistes à Anguilla

On donne l'ensemble des guppys à manger à trois anguilles en un seul repas (tableau 4). Après 7 jours, les anguilles représentent 39 % de l'activité totale des guppys ($FT_2 \approx 39 \%$). Dans la distribution du Cs-137 dans l'organisme, seule la part prise par le tube digestif augmente significativement (fig. 3 B).

DISCUSSION

Par la contamination directe, l'activité spécifique des anguilles est de l'ordre de $222 \cdot 10^3$ désint./min/g frais, par la contamination indirecte elle est voisine de 3 500. A première vue, la contamination par l'eau est primordiale; en fait, il suffit de 63 repas pour que la contamination par la nourriture prenne autant d'importance puisque la décontamination est lente. Ceci est confirmé par une expérience de WILLIAM et PICKERING [9]. Si on tient compte, même très schématiquement, de la pyramide des biomasses en admettant un coefficient

de transformation de 10, les résultats sont inversés. Des mesures "in situ" semblent bien le vérifier [10,11 et 12]. Avec les FC et les FT obtenus et en prenant l'exemple d'une eau à 3 pCi/litre, un calcul simple donne les résultats du tableau 5.

MICHOLET-COTE [13] trouve, pour des poissons, des facteurs de concentration de 2 au laboratoire et de 300 à 600 sur le terrain; FLEISHMAN fait la même observation [14], pour lui, 4 % du Cs-137 viendrait de l'absorption directe par l'eau, la concentration des poissons placés en aval d'un réacteur est 100 fois plus forte que celle des poissons placés dans la même eau avec de la nourriture inactive.

Nos résultats semblent confirmer ce point de vue; mais il est indispensable de pousser beaucoup plus loin l'analyse quantitative des phénomènes.

B I B L I O G R A P H I E

- [1] POLIKARPOV G.G., 1970 : Unsolved problems of water radioecology. — Radiobiologiya. 10 (2), 242-252.
- [2] HANNERZ L.O.G., 1968 : Facteurs régissant l'accumulation du césium-137 dans les poissons. — In : Colloque sur la Radioécologie Marine, Cherbourg. France 3-6 décembre 1968. O.C.D.E. et Agence Europ. pour l'Energ. Atom., 77-79.
- [3] GUSTAFSON P.F., 1967 : Comments on radionuclides in aquatic ecosystems. — In : Radioecological Concentration Processes, Stockholm 25-29 avril 1966 (Aberg P. & Hungate F.P. eds.), Pergamon Press, Oxford, 853-858.
- [4] GALLEGOS A.F. & WHICKER F.W., 1971 : Radiocesium retention by rainbow trout as affected by temperature and weight. — In : Third Nat. Symp. on Radioecology, Conf-710501, Pt 1, Oak-Ridge, Tennessee, 361-371.
- [5] NELSON D.J., 1969 : Cesium, cesium-137 and potassium concentrations in white Grappie and other Clinch River fish. — In : Symp. on Radioecology, Conf-670503, Ann Arbor, Michigan 15-17 mai 1967 (Nelson D.J. & Evans F.C., eds.), 240-248.
- [6] PENTREATH R.J., 1973 : The roles of food and water in the accumulation of radionuclides by marine teleost and elasmobranch fish. — In : Symp. on the Radioactive Contamination of the Marine Environment, SM-158-26, Seattle, U.S.A. 10-14 juillet 1972. I.A.F.A. Vienne, 421-436.
- [7] BAUDIN J.P., ABELOOS M., GRAUBY A. & FOULQUIER L., 1968 : Aperçu sur les modalités de la contamination expérimentale d'un poisson d'eau douce (*Amiurus nebulosus* Lesueur) par le Cs-137. — Annales de la Faculté des Sciences de Marseille, T. XLI, 81-93.
- [8] REICHLÉ D.E., DUNAWAY F.B. & NELSON D.J., 1972 : Turnover and concentration of radionuclides in food chains. — In : Ecological Aspects of the Nuclear Age - Selected Readings in Radiation Ecology, T.I.D.-25978 (Schultz V. & Whicker F.M., eds.), 114-126.
- [9] WILLIAMS L.G. & PICKERING Q., 1961 : Direct and food chain uptake of cesium-137 and strontium-85 in bluegill fingerlings. — Ecology, Vol. 42, n°1, 205-206.

- [10] HÄSÄNEN E., 1972 : The occurrence of ^{137}Cs in the biosphere evaluated with environmental and metabolic studies. — Report Series in Radiochemistry - Contract E (11-1) 3011-5. University of Helsinki, 119 p.
- [11] ETTENHUBER E. & RÖHNSCH W., 1975 : The fish water accumulation factor. An important parameter for determining the environmental capacity of surface waters. — In : Intern. Symp. on Radiological Impacts of Releases from Nuclear Facilities into Aquatic Environments, SM-198/15, Otaniemi, Helsinki, Finlande 30 juin - 4 juillet 1975 (A.I.E.A. ed.), Vienne, 473-482.
- [12] KOLEMAINEN S., HÄSÄNEN E. & MIETTINEN J.K., 1967 : ^{137}Cs in fish, plankton and plants in finnish lakes during 64-65. — In : Radioecological Concentration Processes, Stockholm 25-29 avril 1966 (Aberg P. & Hungate F.P. eds.), Pergamon Press, Oxford, 913-919.
- [13] MICHOLET-COTE C. & KIRCHMANN R., 1973 : Etude de la radiocontamination des poissons de la Meuse. — In : Environmental Behavior of Radionuclides Released in the Nuclear Industry. Proceed. of a Symp. 14-18 mai 1973, Aix-en-P. I.A.E.A. SM-172/69, 413-427.
- [14] FLEISHMAN D.G., 1973 : Accumulation of artificial radionuclides in freshwater fish. — In : Radioecology (Klečovskii V.M., Polikarpov G.G. & Aleksakhin R.M., eds.), John Wiley & Sons, New-York & Toronto, 347-370.

LISTE DES FIGURES

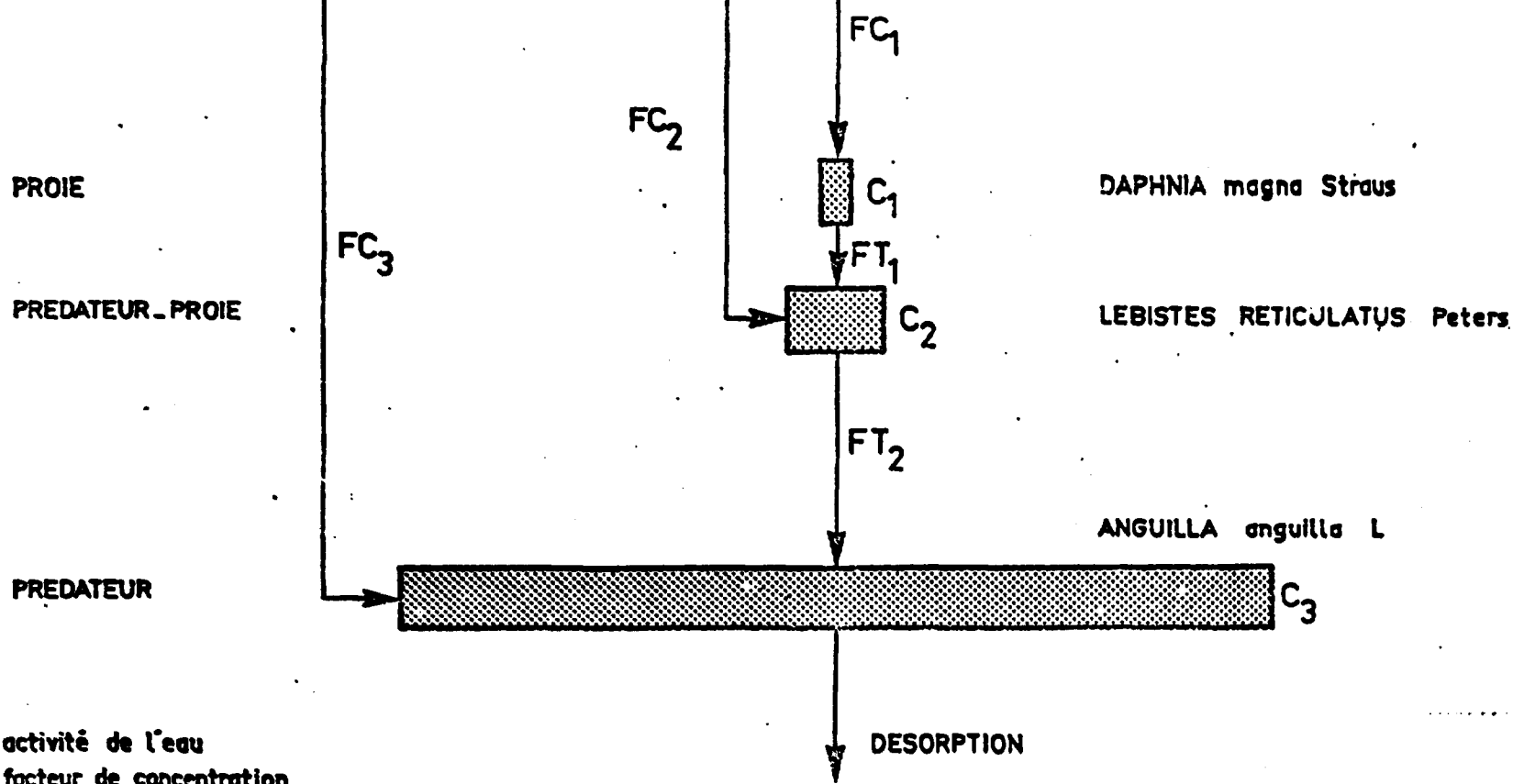
Fig. 1 - Schéma du protocole expérimental.

Fig. 2 - Evolution de l'activité spécifique et du facteur de concentration des anguilles.

Fig. 3 - Distribution du radiocésium dans l'anguille.

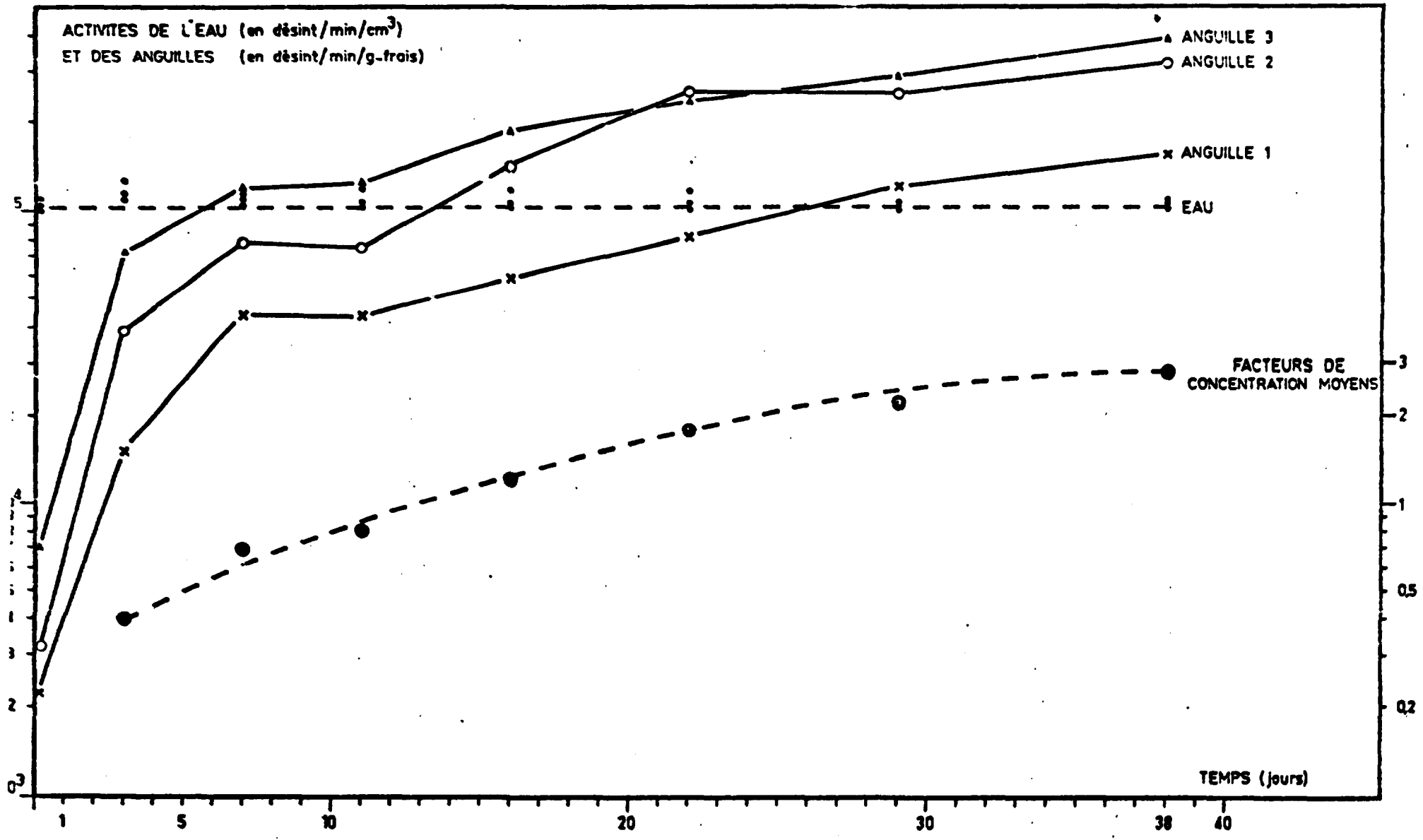
Fig. 4 - Dynamique de la décontamination des anguilles.

— : —



A = activité de l'eau
 FC = facteur de concentration
 FT = facteur de transfert

NOTA: LES SURFACES DES MAILLONS C_1 , C_2 et C_3
 SONT PROPORTIONNELLES A LEUR BIOMASSE



SOUELETTE

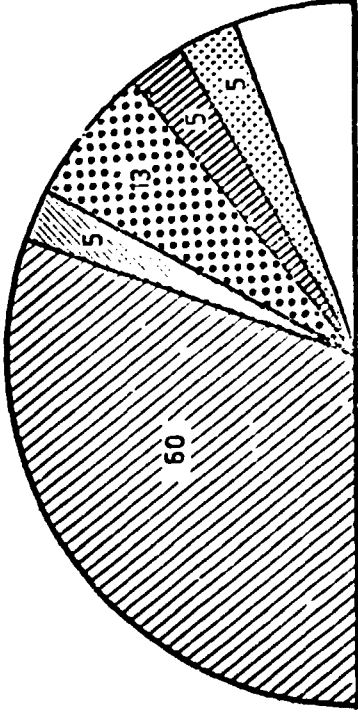
MUSCLES

PEAU ET MUCUS

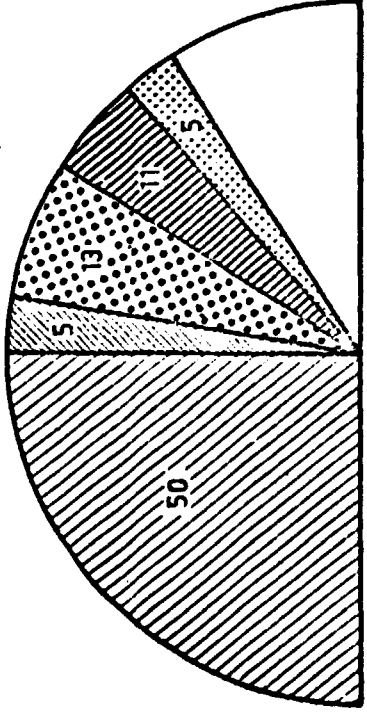
TRACTUS DIGESTIF

FOIE, REINS ET BRANCHIES

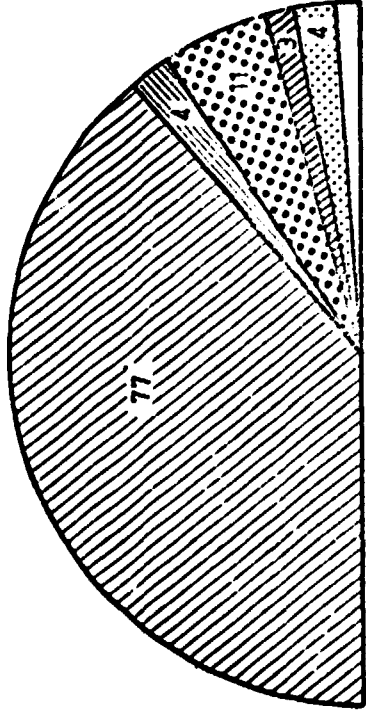
A: APRES UNE CONTAMINATION PAR L'EA'



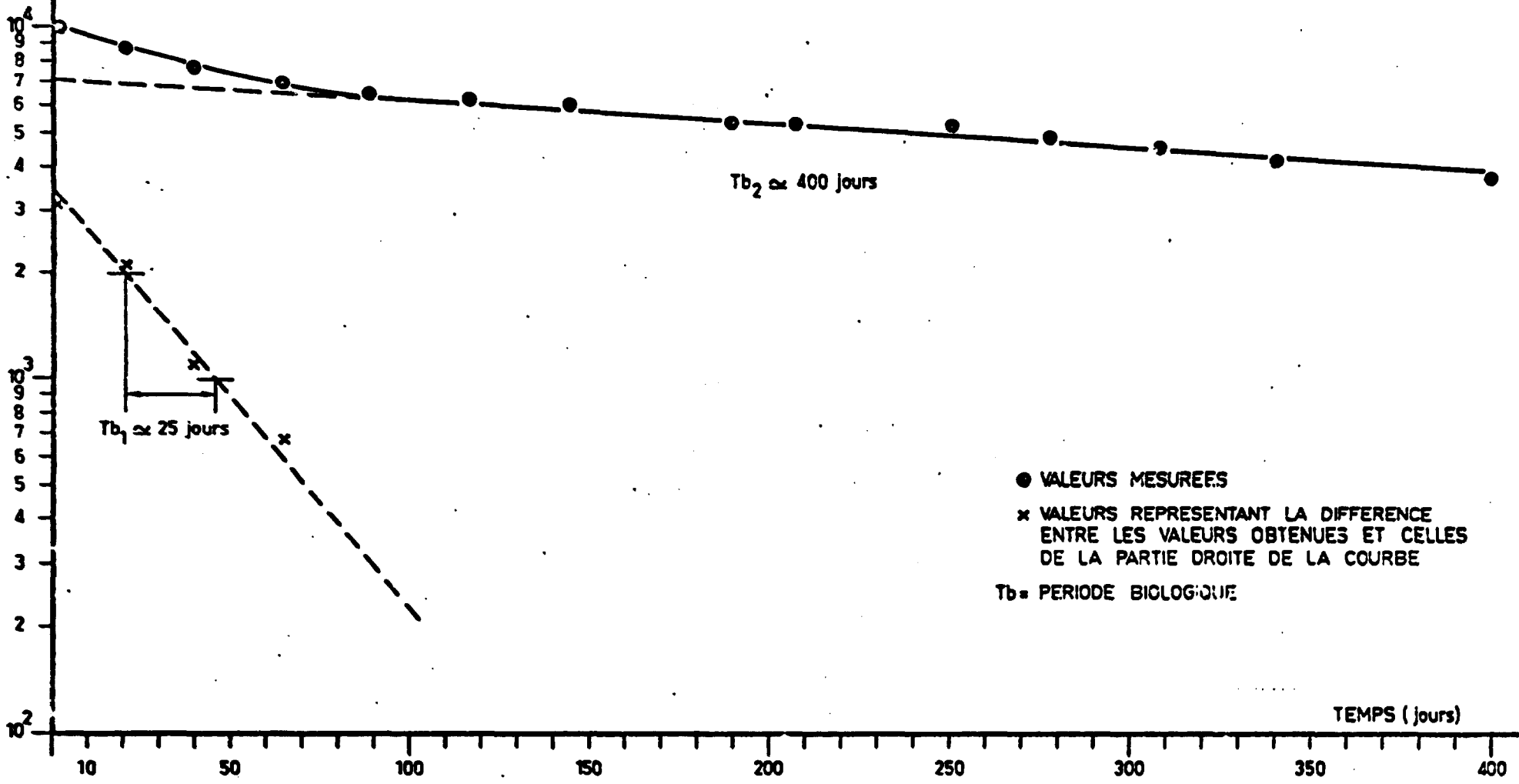
B: APRES UNE CONTAMINATION PAR LA NOURRITURE



C: APRES 60 JOURS DE DECONTAMINATION



ACTIVITES DES ANGUILLES
(en Cps/10 min)



● VALEURS MESUREES
 × VALEURS REPRESENTANT LA DIFFERENCE
 ENTRE LES VALEURS OBTENUES ET CELLES
 DE LA PARTIE DROITE DE LA COURBE
 Tb = PERIODE BIOLOGIQUE

TEMPS (jours)

TABLEAU 1

Activité spécifique de chaque individu (Lebistes) après 2 jours de contamination (En désint./min/g frais	
618	300
100	600
880	100
47	400
246	400
669	500
601	200
616	800
46	200

TABLEAU 2

	Poids frais (en g)	Activité totale (en désint./min)	Activité spécifique (en désint./min/g frais)
Anguille 1	27,4	$2935 \cdot 10^3$	124 760
Anguille 2	29,1	$3963 \cdot 10^3$	163 280
Anguille 3	20,5	$4885 \cdot 10^3$	301 780

TABLEAU 3

Organes des anguilles	Activités spécifiques (en désint./min/g frais)
Mucus	120 150
Peau	218 240
Branchies	259 940
Tube digestif	472 280
Foie	243 370
Reins	342 000
Rate	337 700
Muscles	188 960
Squelette	127 450
Tête	231 260

TABLEAU 4

	Activité totale de la nourriture (en désint./min)	Activité des anguilles 7 jours après l'ingestion	
		Activité totale (en désint./min)	Activité spécifique (en désint./min/g frais)
1er lot	258 600	123 800	3 700
2ème lot	194 800	114 100	3 400
3ème lot	308 000	56 900	3 600

TABLEAU 5

	Activité totale provenant de la contamination par l'eau et la nourriture (en pCi)	Activité spécifique (en pCi/kg)	Facteur de concentration (Contamination directe et indirecte)	Facteur de concentration (Contamination directe par l'eau)	% d'activité provenant de l'eau	% d'activité provenant de la nourriture
Daphnia (8000 g)	74	9	—	3	—	—
Lebister (800 g)	58	73	24	4	16	83
Anguilla (80 g)	24	148	49	2	4	96

DIRECT ABSORPTION AND TRANSFER OF CESIUM 137 IN A SIMPLIFIED FRESH WATER SUPPLY LINE

Summary

Experimentally the authors study the transfer of Cesium 137 through the supply line : Daphnia Magna Straus → Lebistes Reticulatus Peters → Anguilla Anguilla L. starting from water at $50 \mu\text{Ci/l}$. In the direct transfer water → organisms, the three links used have a concentration factor comprised between 2 and 4. The organisms retain a maximum of 0,3 % of the water's radioactivity. The muscular mass of the eel represents 60 % of the animal's total activity. The biological period is close to 400 days indicating that the fixed Cesium is strongly retained.

Through the absorption of a contaminated meal, the Lebists, after two days, retain 67 % of the activities of the Daphnies and the Eels, after seven days, 39 % of the activity of the Guppys. At the end of the experiment, the Eels contaminated by food 3.500. It takes 63 meals for the level of contamination due to food to equal that due to water. The concentration factors measured in situ are always distinctly higher than those obtained in the laboratory. The experiment proves the possibilities of concentration through the food supply line.

ПРЯМАЯ АБСОРБЦИЯ И ПЕРЕНОС ЦЕЗИЯ 137 В УПРОЩЕННУЮ
ПИЩЕВУЮ ЦЕПЬ ПРЕСНОЙ ВОДЫ.

Краткое изложение

Опытным путём, авторы изучают перенос цезия 137 через следующую цепь: маленькие ракообразные Daphnia magna Straus → маленькие рыбки Lebistes reticulatus Peters → угорь Anquilla anquilla Linné, начиная с воды содержащей 50 микроюри на литр. В прямом переносе вода → организмы, три использованных звена имеют коэффициенты концентрации, заключающиеся между 2 и 4. Организмы задерживают максимально только 0,3 % радиоактивности воды. Мышечная масса угря представляет 60 % полной активности животного. Биологический период, указывающий что зафиксированный цезий весьма сильно задержан, — близок к 400 дням.

Через посредство заражённой еды, рыбки лебисты, после 2-х дней, задерживают 67 % активности ракообразных дафний, а угри, после 7-ми дней, задерживают 39 % активности лебист. В конце опыта, заражённые водой угри проявляют 197 000 расщеплений в минуту на грамм живого тела, а угри заражённые едой — лишь 3 500. Достаточно принять пищу 63 раза, чтобы уровень заражения, вызванный питанием, стал бы эквивалентен степени заражения от воды. Коэффициенты концентрации, измеренные на месте, всегда оказываются более высокими чем те, которые достигаются в лаборатории. Опыт доказывает возможности концентрации через пищевую цепь.