

DÉVELOPPEMENT D'UNE COMMUNAUTÉ PÉRIPHYTALE EN EAU DE MER RADIOACTIVE(*)

C. HALLOPEAU(**) (***)
(Manuscrit reçu le 3 juillet 1969)

RÉSUMÉ

On a étudié le développement d'une communauté périphtale d'origine marine, contaminée soit par du ^{137}Cs (50 à 500 $\mu\text{Ci/l}$) soit par du ^{144}Ce (5 à 50 $\mu\text{Ci/l}$). Au cours de ces expériences, on a pu observer que la pollution radioactive entraînait une diminution de la productivité. Les teneurs en chlorophylle A de micro-systèmes pollués initialement dans les conditions successives suivantes: ^{144}Ce 5 $\mu\text{Ci/l}$, ^{137}Cs 500 $\mu\text{Ci/l}$, ^{137}Cs 50 $\mu\text{Ci/l}$, ^{144}Ce 50 $\mu\text{Ci/l}$, présentaient des valeurs suivant un ordre décroissant. Cette action a été obtenue sur des communautés croissant depuis plus de quatre mois dans ces conditions de pollution. Il semble donc que les radiations ionisantes, à des taux peu élevés pour les espèces considérées mais qui restent cependant très supérieurs aux conditions prévisibles dans les milieux naturels, puissent, dans certains cas, avoir des effets défavorables sur des écosystèmes.

ABSTRACT

The development of a marine periphytal community, contaminated with either ^{137}Cs (50 - 500 $\mu\text{Ci/l}$) or ^{144}Ce (5-50 $\mu\text{Ci/l}$) has been studied. During these experiments, radioactive pollution was seen to entail a decrease of productivity. The chlorophyll-A content of microsystems initially contaminated in the following conditions: ^{144}Ce : 5 $\mu\text{Ci/l}$, ^{137}Cs : 500 $\mu\text{Ci/l}$, ^{137}Cs : 50 $\mu\text{Ci/l}$, ^{144}Ce : 50 $\mu\text{Ci/l}$, gave values in a decreasing order. This effect was obtained on communities having grown for over 4 months in these contamination conditions. Therefore, it can be concluded that ionizing radiations at levels low for the considered species yet much higher than those predictable: in the natural environment can entail unfavourable effects on ecosystems in certain conditions.

INTRODUCTION

Parmi les études de radiosensibilité entreprises jusqu'ici, bien peu ont porté sur des systèmes complexes expérimentaux. Ceci tient sans doute à la difficulté que présente la réalisation de telles communautés en laboratoire. Il est cependant particulièrement important de tenter de réunir le plus possible de données sur le comportement d'écosystèmes en milieu radioactif. L'expérience préliminaire

(*) Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un contrat unissant l'Institut Océanographique et le Commissariat à l'Énergie Atomique (Département de la Protection Sanitaire).

(**) Institut Océanographique, rue Saint-Jacques Paris 5^e.

(***) Etude faite avec la collaboration technique de M. BOULY.

réalisée ici a porté sur l'étude du développement d'une communauté périphytale marine en présence de produits de fission, ^{144}Ce et ^{137}Cs .

PRINCIPES ET MÉTHODES

Les modalités de l'établissement des écosystèmes et les conditions expérimentales sont décrites en détail par LACAZE (1969).

Les communautés sont réalisées dans des béciers de 4 l, remplis avec 3 l d'eau de mer autoclavée. Cette eau de mer est enrichie avec un milieu nutritif à base d'extrait de sol, milieu Erdschreiber (PROVASOLI, 1961), puisensemencée avec une quantité donnée d'une suspension de périphyton. Par la suite, les cultures sont enrichies de nouveau périodiquement. Durant un mois, on effectue des mélanges d'eau entre les différents béciers, afin de favoriser l'établissement de systèmes homogènes. A la fin de cette période, on introduit les éléments radioactifs dans les écosystèmes, chacune des pollutions radioactives étant réalisée en double : ^{144}Ce (5 $\mu\text{Ci/l}$), ^{144}Ce (50 $\mu\text{Ci/l}$), ^{137}Cs (50 $\mu\text{Ci/l}$), ^{137}Cs (500 $\mu\text{Ci/l}$).

La souche du périphyton provenait d'un écosystème établi depuis plusieurs années dans les conditions de laboratoire. Les espèces étaient variées, avec une prédominance de Cyanophytes et de Diatomées.

Pour suivre la croissance du périphyton dans les écosystèmes, on emploie une méthode d'échantillonnage classique, qui consiste à immerger dans le milieu des lames de plexiglass, prélevées ensuite à des temps déterminés. On a comparé la productivité des différents systèmes en mesurant les teneurs en chlorophylle A correspondant au périphyton fixé sur les lames de plexiglass (3 \times 8 cm) prélevées durant un cycle de six semaines; les milieux de culture ont été enrichis en sels nutritifs au début de ce cycle. Le périphyton est recueilli par grattage des lames et introduit dans un tube à centrifuger. On ajoute 10 cm^3 d'acétone à 90 %, on broie et on laisse 24 h à 6 °C. L'absorption des pigments dissous dans l'acétone est mesurée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 663 nm. La teneur en chlorophylle A a été calculée en adoptant la formule suivante (ODUM et coll., 1958) :

$$\begin{aligned} \text{— chlorophylle A } \mu\text{g/l} &= 14,3 \times d_{663} \\ \text{— chlorophylle A } \mu\text{g/m}^2 &= 14,3 \times d_{663} \times \frac{V}{S} \end{aligned}$$

(V = volume d'acétone en cm^3 , S = surface de la lame en m^2 , d_{663} = densité optique à 663 nm).

Les prélèvements du périphyton sont effectués en double (2 lames/écosystème) et la moyenne des mesures obtenues est calculée sur 4 échantillons (2 écosystèmes pour une même pollution); on a mesuré ainsi d'une part la teneur en chlorophylle A ($\mu\text{g/cm}^2$) et d'autre part le poids sec ($\mu\text{g/cm}^2$). On a reporté sur les graphiques les moyennes $\pm 2 \text{ Sm}$ (Sm = erreur standard).

Des prélèvements périodiques d'eau et de périphyton ont été effectués pour mesurer la radioactivité. L'eau est prélevée avec une micropipette, au milieu du bécier. Afin d'éviter les pertes par adsorption dans le cas du ^{144}Ce , on aspire et on rejette une ou deux fois l'eau avant d'effectuer le prélèvement. Une partie

de la radioactivité peut être arrêtée par filtration sur membrane; les prélèvements n'étaient donc pas filtrés et des variations de mesure peuvent provenir parfois de la présence, en suspension, de particules phytales qui concentrent fortement la radioactivité. Lorsqu'on extrait les pigments par l'acétone, une faible fraction du ^{137}Cs reste liée aux algues et le reste de la radioactivité se retrouve dans l'acétone (environ 75 % après 24 h). Par contre, dans le cas du ^{144}Ce , on ne retrouve qu'une très faible partie de la radioactivité dans l'acétone (1 à 5 % avant centrifugation, 2 à 9 ‰ après centrifugation). On sait, en effet, que le ^{144}Ce se trouve dans l'eau de mer principalement sous forme particulaire, et la centrifugation précipite partiellement la radioactivité initialement présente. Le culot des tubes à centrifuger est mis en suspension dans de l'eau non radioactive, filtré sur membrane pour être pesé et mesuré au tube compteur G.M. Dans le cas du ^{137}Cs , on mesure la radioactivité présente dans l'acétone et on l'additionne à l'activité du périphyton recueilli sur la membrane. On a calculé les facteurs de concentration de radioactivité pour un poids sec d'algues, puis pour le poids frais en se basant sur un rapport poids sec/poids frais estimé à 6 %.

TABLEAU I

Temps écoulé depuis le début de la contamination	142 jours	149 jours	156 jours	163 jours	170 jours	177 jours
^{144}Ce 5 $\mu\text{Ci/l}$	2,71.10 ³	1,95.10 ³	1,36.10 ³	0,81.10 ³	0,45.10 ³	0,49.10 ³
^{144}Ce 50 $\mu\text{Ci/l}$	4,57.10 ³	3,74.10 ³	1,81.10 ³	0,89.10 ³	0,58.10 ³	0,32.10 ³
^{137}Cs 50 $\mu\text{Ci/l}$	11,5	8,94	7,50	6,36		5,16
^{137}Cs 500 $\mu\text{Ci/l}$	1,57	1,66	1,76	2,25		2,74

Facteurs de concentration du périphyton $\frac{\text{Activité/g de poids frais}}{\text{Activité/g d'eau}}$

RÉSULTATS

La décroissance de la radioactivité de l'eau dans les écosystèmes contaminés par du ^{144}Ce est rapide durant les premiers jours et se ralentit peu à peu. Le périphyton atteint, à l'état d'équilibre, un facteur de concentration de l'ordre de 10³. La décroissance radioactive est beaucoup plus lente avec le ^{137}Cs , pour lequel le périphyton n'atteint des facteurs de concentration que de 1,57 à 1,15 (fig. 1 et 2, tabl. 1). Il est possible de calculer la dose d'irradiation subie par les algues en employant les formules classiques. La contribution due au rayonnement γ étant négligée, l'irradiation subie par les algues peut être estimée en assimilant le périphyton à une lame d'épaisseur b uniformément contaminée (HINE et BROWNWELL, 1956). L'épaisseur du tapis d'algues variant considérablement dans le système (épaisseur : 20 μm à 1 mm), le calcul de la dose reçue ne peut être qu'approximatif. Au milieu de l'expérience, 80^e jour, l'estimation du débit de

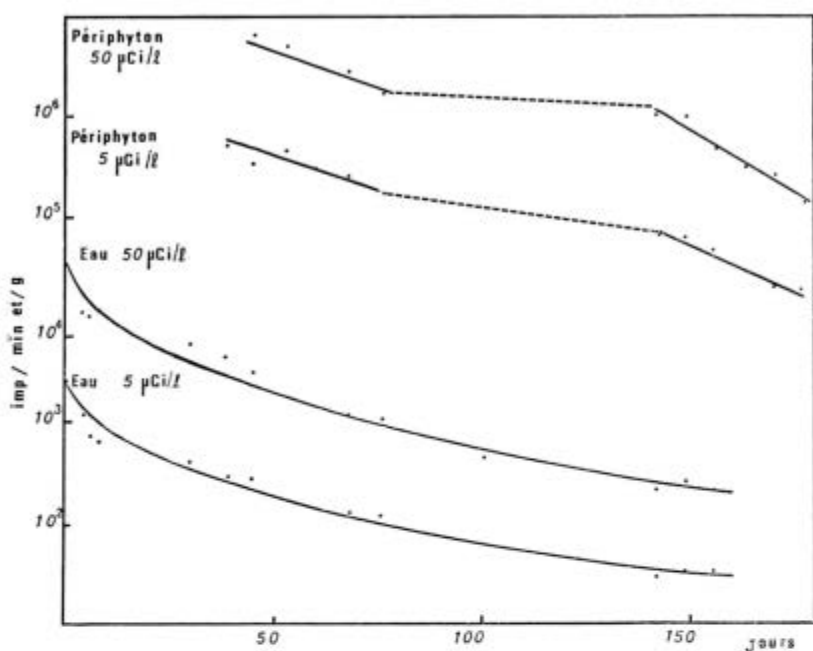


FIG. 1. — Evolution de la radioactivité du milieu et du périphyton (^{144}Ce à des concentrations initiales de 5 et 50 $\mu\text{Ci/l}$).

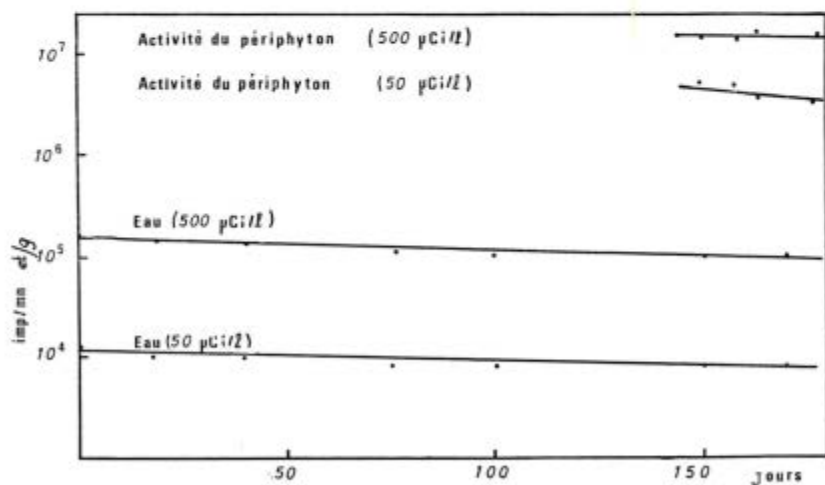


FIG. 2. — Evolution de la radioactivité du milieu et du périphyton (^{137}Cs à des concentrations initiales de 50 et 500 $\mu\text{Ci/l}$).

TABLEAU II

Temps écoulé depuis le début de la contamination	142 jours		149 jours		156 jours		163 jours		170 jours		177 jours	
	1 semaine		2 semaines		3 semaines		4 semaines		5 semaines		6 semaines	
Temps écoulé depuis l'immersion des lames	P. sec	chlor. A	P. sec	chlor. A.	P. sec	chlor. A	P. sec	chlor. A	P. sec	chlor. A	P. sec	chlor. A
Témoins	3	0,022	15 ± 13	0,074 ± 0,021	64 ± 25	0,226 ± 0,025	137 ± 40	0,431 ± 0,083	253 ± 48	0,516 ± 0,177	300 ± 10	0,441 ± 0,056
¹⁴⁴ Ce 5 µCi/l	4	0,022	14 ± 6	0,077 ± 0,032	63 ± 9	0,168 ± 0,026	127 ± 20	0,244 ± 0,074	207 ± 38	0,198 ± 0,047	271 ± 13	0,310 ± 0,053
¹⁴⁴ Ce 50 µCi/l	0	0,004	9 ± 1	0,019 ± 0,007	28 ± 16	0,014 ± 0,006	73 ± 7	0,025 ± 0,009	65 ± 17	0,007 ± 0,006	117 ± 27	0,064 ± 0,029
¹³⁷ Cs 50 µCi/l	2	0,004	8 ± 8	0,028 ± 0,007	18 ± 19	0,028 ± 0,016	43 ± 7	0,065 ± 0,020	68 ± 9	0,114 ± 0,064	153 ± 13	0,104 ± 0,029
¹³⁷ Cs 500 µCi/l	3	0,022	13	0,073	38 ± 13	0,099 ± 0,031	—	0,149 ± 0,053	126 ± 49	0,104 ± 0,044	197	0,180 ± 0,046

Productivité du périphton mesurée sur un cycle de 6 semaines après 135 jours de contamination (* Poids sec en µg/cm², ** chlorophylle A en µg/cm²).

dose d'irradiation reçu par les éléments de la communauté pour une lame d'épaisseur moyenne de $500 \mu\text{m}$ est la suivante :

^{144}Ce ($5 \mu\text{Ci/l}$) : 2,6 rad/j, ^{144}Ce ($50 \mu\text{Ci/l}$) : 26 rad/j,
 ^{137}Cs ($50 \mu\text{Ci/l}$) : 3,2 rad/j, ^{137}Cs ($500 \mu\text{Ci/l}$) : 9,6 rad/j.

Quatre mois et demi après le début de la pollution, on a effectué, sur un cycle de six semaines, des mesures de chlorophylle et de poids sec. Les moyennes des mesures obtenues $\pm 2 \text{ Sm}$ sont reportées dans la figure 3.

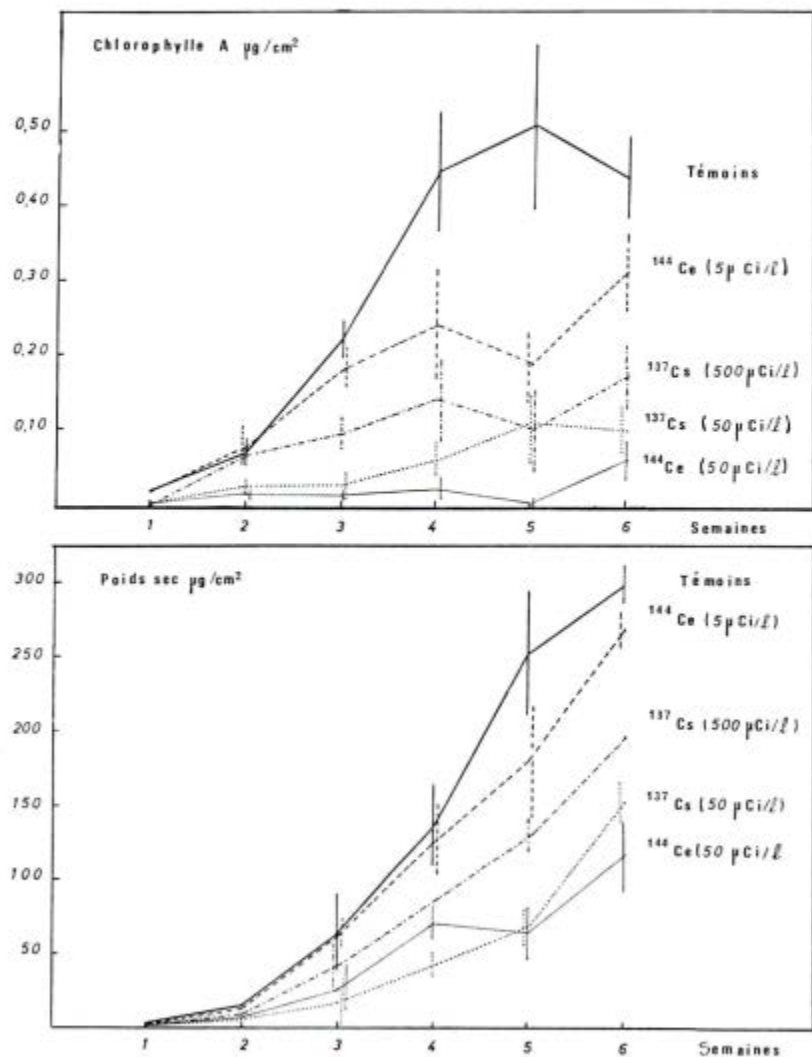


Fig. 3. — Productivité du périphyton.

Les radiations ionisantes peuvent avoir des effets stimulants aussi bien qu'inhibiteurs sur les organismes vivants. A des doses de quelques dizaines à quelques milliers de rads, faibles pour les espèces considérées, l'irradiation peut avoir une action stimulante. De tels effets ont été souvent constatés sur des espèces isolées (POLIKARPOV et LANSKAYA, 1961; GILEVA et al., 1965) ou sur des communautés (TIMOFEYEV-RESOVSKAYA, 1958; McCORMICK et PLATT, 1962). En fait, la radiosensibilité des organismes végétaux varie considérablement avec l'espèce considérée et pour une même espèce en fonction de son cycle biologique, et les radiations ionisantes favorisent le développement des espèces résistantes au détriment d'espèces plus radiosensibles. Dans nos conditions d'expérience, les communautés péripHYtales contaminées accusaient une baisse de productivité par rapport aux témoins; il semble donc que les radiations ionisantes, à des taux peu élevés, qui restent cependant très supérieurs aux conditions prévisibles dans les milieux naturels, puissent, dans certains cas, avoir des effets défavorables sur des écosystèmes.

BIBLIOGRAPHIE

- GILEVA E.A., TIMOFEYEV N.A., TIMOFEYEV-RESOVSKIY N.V. Influence d'une irradiation unique par les rayons γ du Co-60 sur la croissance de cultures de chlorelles. *Radiobiologija*, S.S.S.R., 5, n° 5, 732-4, 1965.
- HINE G.J. and BROWNELL G.L. Radiation dosimetry. Academic Press, New York, 1956.
- LACAZE J.C. Recherche des effets d'une pollution chimique (produits anti-pétrole) sur la physiologie d'écosystèmes marins expérimentaux (à paraître), 1969.
- McCORMICK J.F., PLATT R.B. Effects of ionizing radiation on a natural plant community. *Radiation Botany*, vol. 2, 161-88, 1962.
- ODUM H.T., McCONNELL W. and ABBOT W. The chlorophyll "A" of communities. *Inst. Mar. Sci., Texas*, 5, 65-96, 1958.
- POLIKARPOV G.C. and LANSKAYA L.A. Proliferation of the mass unicellular alga *Prorocentrum nicans* in the presence of the sulfur-35. *Tr. Sevastopol. biol. stants*, 14, 329-33, 1961.
- PROVASOLI L. Growing marine seaweeds. *Proc. 4th int. Seaweed Symp., Biarritz*. Pergamon Press, 9-17, 1964.
- TIMOFEYEV-RESOVSKAYA Y.E. The rate of subwater fouling (formation of periphyton) in the presence of weak concentrations of emitters. *Byull-Ural'skogo otd. Mosk. obscb. Ispyt. prirody (biol.)* 1, 87-96, 1958.