



HAL
open science

EFFETS DE TROIS AGENTS ÉMULSIONNANTS ANTI-PÉTROLE SUR LA PRODUCTIVITÉ PRIMAIRE D'UNE COMMUNAUTÉ EXPÉRIMENTALE DE DIATOMÉES BENTHIQUES

J.-C Lacaze

► **To cite this version:**

J.-C Lacaze. EFFETS DE TROIS AGENTS ÉMULSIONNANTS ANTI-PÉTROLE SUR LA PRODUCTIVITÉ PRIMAIRE D'UNE COMMUNAUTÉ EXPÉRIMENTALE DE DIATOMÉES BENTHIQUES. *Vie et Milieu*, 1973, XXIII, pp.51 - 67. hal-02981997

HAL Id: hal-02981997

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02981997v1>

Submitted on 28 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

EFFETS DE TROIS AGENTS ÉMULSIONNANTS ANTI-PÉTROLE SUR LA PRODUCTIVITÉ PRIMAIRE D'UNE COMMUNAUTÉ EXPÉRIMENTALE DE DIATOMÉES BENTHIQUES

par J.-C. LACAZE (1)

*Laboratoire de Physiologie générale et comparée du Muséum,
Laboratoire de Physiologie des Etres marins de l'Institut
Océanographique, 195 rue Saint-Jacques, Paris 5^e.*

SOMMAIRE

Etude des modifications de la composition taxinomique et de la production primaire d'une microcommunauté de Diatomées benthiques à la suite d'une pollution aiguë par différents agents émulsionnants anti-pétrole. Cette microcommunauté s'est déposée sur des supports en verre rodé, immergés dans un écosystème saumâtre de laboratoire. Un des produits, le Gamasol, massivement utilisé lors du naufrage du « Torrey-Canyon » s'est révélé particulièrement dangereux puisque des expositions de 30 minutes à la concentration de 40 mg/l détruisent complètement la communauté.

I. — INTRODUCTION

La pollution des eaux marines par les hydrocarbures constitue un danger de déséquilibre hydrobiologique chronique préjudiciable à l'économie des milieux marins et lagunaires. Pour faire face à cette menace, de nombreux produits anti-pétrole sont élaborés. Certains, comme les agents émulsionnants, déversés massivement lors de la « marée noire » du pétrolier « Torrey Canyon » (18 mars 1967), ont été

(1) Collaboration technique H. HERBULOT-SAPIN.

particulièrement toxiques pour la flore et la faune marines (SMITH, 1968). Ces produits doivent donc faire l'objet d'études approfondies avant tout usage important dans le milieu naturel.

Nous comparons ici les effets de trois agents émulsionnants anti-pétrole sur l'activité photosynthétique d'une communauté marine benthique composée presque exclusivement de Diatomées. Ce type de communauté de microphytes adhérant aux substrats solides immergés est désigné sous le nom de *périphyton*. Celui-ci apparaît comme un matériel biologique intéressant pour l'étude de la pollution des eaux. Effectivement, si les produits anti-pétrole sont souvent utilisés pour éliminer les nappes flottantes de pétrole et sont susceptibles d'affecter alors la communauté planctonique, ils sont également déversés parfois massivement sur les rivages, où leur action sur le périphyton doit être considérée avec d'autant plus d'attention que ce dernier a un rôle non négligeable dans l'économie des eaux.

La communauté étudiée est une communauté expérimentale qui s'est développée sur des supports artificiels immergés dans un écosystème saumâtre de laboratoire. Ce type de microcommunauté simplifiée de laboratoire se prête aisément à l'expérimentation, aussi a-t-il été l'objet de travaux détaillés, en particulier au laboratoire de Botanique de l'Université de Corvallis (U.S.A.) : effets des variations de température (PHINNEY et McINTYRE, 1965), influence de l'éclairement et de la dessiccation (McINTYRE et WULFF, 1969), de la vitesse du courant d'eau (McINTYRE, 1966).

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'écosystème saumâtre de laboratoire utilisé dans cette étude est construit selon un protocole que nous avons décrit dans un travail antérieur (LACAZE et al., 1969) et que nous résumons ici : de l'eau, des Algues et des sédiments avec leurs organismes associés sont prélevés dans un étang saumâtre de la région d'Arcachon à la station P 229 (in AMANIEU, 1967), puis transportés au laboratoire de l'Institut Océanographique, à Paris (juillet 1969). L'eau est déversée dans un grand bac en chlorure de polyvinyle, d'une contenance de 3 000 litres : 3 kg de chacune des deux Algues vertes *Chaetomorpha lineum* Kütz et *Cladophora parriaudii* Van der Hock sont déposés dans un plateau constitué par un cadre rigide, également en chlorure de polyvinyle, recouvert par un filet en nylon. Les sédiments sont homogénéisés et disposés sur le fond du bac, qu'ils recouvrent alors d'une épaisseur de 1 cm (fig. 1 A).

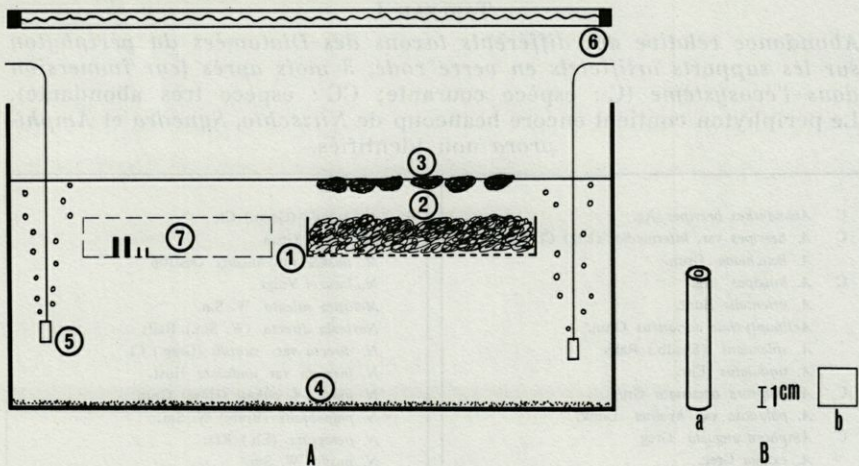


FIG. 1. — A. Schéma d'un bac d'expérience. 1 : plateau à algues; 2 : Chaetomorpha; 3 : Cladophores; 4 : sédiments; 5 : diffuseur; 6 : tube fluorescent; 7 : emplacement des supports. B : Supports en verre rodé. a : tube test; b : lamelle.

Ces écosystèmes étant établis au laboratoire, il est possible de contrôler certains paramètres généralement très variables dans le milieu naturel : la température (19 °C), l'éclairement (3 000 lux, tubes Sylvania gro-lux), la photopériode (12:12), la chlorosité (13,5 g/l).

1. Dispositif expérimental.

Nous avons utilisé, dans cette étude, deux méthodes de mesure de l'activité photosynthétique : méthode du carbone 14 et méthode du pH-gaz carbonique. A chaque méthode, correspond un type de support (fig. 1 B). Pour la méthode du ^{14}C , nous avons employé des lamelles rodées de microscope (20×20 mm). Celles-ci sont disposées dans des fentes effectuées sur des tubes en Rhodorsil; ces tubes maintiennent les lamelles en position verticale dans l'écosystème, à 10 cm de profondeur et à 1 cm les unes des autres.

La méthode du pH-gaz carbonique, moins sensible, nécessite une surface de périphyton plus importante. Nous avons choisi des tubes épais, en verre rodé, de 32 cm². Ces tubes sont suspendus par des cordelettes en nylon, à la même profondeur que les lamelles.

Quatre mois après la constitution de l'écosystème, les supports artificiels en verre rodé sont immergés. L'immersion dure 3 mois.

TABLEAU I

Abondance relative des différents taxons des Diatomées du périphyton sur les supports artificiels en verre rodé, 3 mois après leur immersion dans l'écosystème (C : espèce courante; CC : espèce très abondante). Le périphyton contient encore beaucoup de *Nitzschia*, *Synedra* et *Amphiprora* non identifiés.

C	<i>Achnanthes brevipes</i> Ag.		<i>M. pumila</i> (Grun.) Cl.
C	<i>A. brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Ktz.) Cl.		<i>M. pusilla</i> Grun.
	<i>A. hauchiana</i> Grun.		<i>M. pusilla</i> var. <i>linearis</i> Oestrup
C	<i>A. longipes</i> Ag.		<i>M. lacazei</i> Voigt
	<i>A. orientalis</i> Hunt.		<i>Melosira sulcata</i> W. Sm.
	<i>Actinocyclus adriaticus</i> Grun.		<i>Navicula directa</i> (W. Sm.) Ralfs
	<i>A. splendens</i> (Shadb.) Ralfs		<i>N. directa</i> var. <i>subtilis</i> (Greg.) Cl.
	<i>A. undulatus</i> Ehr.		<i>N. inserata</i> var. <i>undulata</i> Hust.
C	<i>Amphiprora decussata</i> Grun.		<i>N. mutica</i> f. <i>cohnii</i> (Hilse) Grun.
	<i>A. paludosa</i> var. <i>hyalina</i> Donk.		<i>N. palpebralis</i> (Breb.) W. Sm.
C	<i>Amphora angusta</i> Greg.		<i>N. peregrina</i> (Eh.) Ktz.
	<i>A. exigua</i> Greg.		<i>N. pusilla</i> W. Sm.
C	<i>A. hyalina</i> Ktz.		<i>Nitzschia acuminata</i> (W. Sm.) Grun.
	<i>A. proteus</i> Greg.		<i>N. bilobata</i> W. Sm.
C	<i>A. ventricosa</i> Greg.		<i>N. cf. commutata</i> Grun.
	<i>Auliscus caelatus</i> var. <i>strigillata</i> A. Schmidt		<i>N. cf. hungarica</i> Grun.
C	<i>Caloneis westii</i> (W. Sm.) Hendey		<i>N. incurva</i> Grun.
	<i>Campylodiscus daemelianus</i> Grun.		<i>N. lorenziana</i> v. <i>subtilis</i> Grun.
	<i>C. impressus</i> Grun.	C	<i>N. navicularis</i> (Breb.) Grun.
	<i>Cerataulus smithii</i> Ralfs		<i>N. punctata</i> W. Sm.
	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr.		<i>N. punctata</i> var. <i>coarctata</i> Grun.
	<i>C. pellucida</i> Hantzsch		<i>N. cf. rigida</i> Grun.
	<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grun.		<i>N. valida</i> Cl. & Grun.
	<i>C. scutellum</i> Ehr.	C	<i>N. subcalcareus</i> Grun.
C	<i>C. scutellum</i> var. <i>parva</i> Grun.		<i>Plagiogramma staurorophorum</i> (Greg.) Heib.
	<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehr.	C	<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Sm.
	<i>C. concinnus</i> W. Sm.		<i>Rhopalodia musculus</i> (Ktz.) O.M.
	<i>C. excentricus</i> Ehr.		<i>R. musculus</i> var. <i>gibberula</i> Ktz.
	<i>Diploneis beyrichiana</i> A. Schmidt	C	<i>Striatella unipunctata</i> Ag.
	<i>D. bombus</i> Ehr.		<i>Surirella fastuosa</i> Ehr.
	<i>D. didyma</i> Ehr.		<i>S. crumena</i> Breb.
	<i>D. mediterranea</i> (Grun.) Cl.		<i>S. ovalis</i> var. <i>salina</i> (W. Sm.) V.H.
	<i>Gemphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Ktz.		<i>S. striatula</i> Turp.
	<i>Hyalodiscus radiatus</i> Bail.		<i>Surirella</i> sp.
	<i>H. subtilis</i> Bail.		<i>Synedra laevigata</i> Grun.
CC	<i>Mastogloia angulata</i> Lew.	C	<i>S. laevigata</i> var. <i>hyalina</i> Grun.
	<i>M. braunii</i> Grun.		<i>Tropidoneis lepidoptera</i> var. <i>delicatula</i> Grun.
	<i>M. lanceolata</i> Thw.		<i>Triceratium formosum</i> var. <i>quinquelobatum</i> Grev.

Après ce laps de temps, une fraction des supports est prélevée pour analyse de la microflore de Diatomées (tableau I), des pigments et de leurs produits de dégradation.

Les supports restants sont divisés en quatre lots égaux, chacun étant immergé dans un béccher de 4 litres contenant 2 litres de l'eau de l'écosystème. Un béccher ne reçoit pas de polluant (témoin). Chacun des trois autres bécchers reçoit 40 mg/l de l'un des

3 « détergents » anti-pétrole. Les périodes d'immersion des supports dans chaque bécher varient. On a ainsi, pour un bécher, déterminé différents lots de supports immergés chacun un temps déterminé (1, 15, 30 minutes, 3 et 10 heures). Une première mesure de l'activité photosynthétique est effectuée aussitôt après les expositions aux produits (effets à court terme) sur une gamme de supports. Les autres supports sont replacés dans l'écosystème. De nouvelles mesures de l'activité photosynthétique seront effectuées 5, 10, 30 jours plus tard (effets à long terme). Les deux méthodes de mesure de l'activité photosynthétique : ^{14}C et pH-CO_2 sont employées simultanément pour la première série de mesures. Par contre, nous nous sommes ensuite limité à la méthode du ^{14}C , plus rapide pour ce type de bio-essais.

2. Méthode du carbone ^{14}C .

La méthode du ^{14}C , originellement développée par STEEMANN NIELSEN (1952) pour mesurer la production primaire en mer, est ici adaptée à la mesure de la productivité d'un périphyton expérimental. L'utilisation des lamelles de verre de faible surface permet un comptage direct au compteur de la radioactivité (1). Après avoir été soumises aux polluants selon les modalités indiquées précédemment, les lamelles sont introduites dans des flacons rodés, à col large de 100 ml, dans lesquels on injecte $3 \mu\text{C}$ de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$. Les flacons contiennent de l'eau de l'écosystème, au préalable filtrée sur Millipore HA ($0,45 \pm 0,02 \mu$). Nous avons utilisé une lamelle par flacon. Une des faces de la lamelle est débarrassée de son périphyton et sera appliquée contre le fond du flacon durant toute la durée de l'incubation. Une fois fermés, les flacons sont immergés à 10 cm de profondeur dans le bac, dans la position occupée initialement par les supports. Pour cette méthode comme pour la méthode du pH-gaz carbonique, les incubations ont été effectuées durant les 5 premières heures d'éclairement de la photopériode, c'est-à-dire pendant la période de productivité maximale : dans ces écosystèmes expérimentaux sans crépuscule, la productivité maximale est atteinte au début de la « journée » (BEYERS, 1963). Après l'incubation, les lamelles sont séchées dans une enceinte à silicagel. Le comptage de la face de la lamelle recouverte de périphyton s'effectue à l'aide d'un compteur Geiger à fenêtre terminale mince, équipé de tubes TGC 2 de la « Tracerlab Waltham » avec compteur d'impulsion Saphymo, Paris. Toutes les valeurs obtenues sont déduites de la fixation du carbone

(1) Cette méthode nous a été suggérée par le Dr J. BROUARDEL, qui a bien voulu nous guider pour tous les problèmes relatifs à la productivité primaire par la méthode du ^{14}C .

à l'obscurité réalisée, pour chaque expérience, dans des flacons « noirs » qui doublent les flacons « clairs ».

L'assimilation du carbone 14 sur les lamelles soumises préalablement à la pollution est comparée à l'activité des lamelles témoins, les résultats étant exprimés en pourcentage.

3. Méthode du pH-gaz carbonique.

Cette méthode établit une relation entre le pH et le CO₂ total. Les changements dans la concentration du CO₂ sont mesurés en employant la relation entre le CO₂ et le pH (BEYERS et ODUM, 1959, 1960; BEYERS et al., 1963; BEYERS, 1964). Cette relation étant connue, le moindre changement dans le pH peut être transformé en changement dans la concentration du CO₂ total. La méthode du pH-CO₂ a été utilisée par BEYERS (1963 a et b, 1964) pour mesurer le métabolisme d'ensemble d'écosystèmes expérimentaux de laboratoire. Le pH est alors enregistré et une courbe des variations nycthémérales du CO₂ est tracée, donnant l'activité métabolique de l'écosystème à n'importe quelle heure du jour et de la nuit.

Nous n'avons pas effectué d'enregistrement; le pH est simplement mesuré au début et à la fin de la période d'incubation des supports dans les flacons. Le protocole expérimental adopté est d'ailleurs similaire à celui que nous avons choisi pour la méthode du ¹⁴C, les lamelles étant, dans la méthode du pH-CO₂, remplacées par les tubes tests. Une série de flacons « noirs » (recouverts de papier d'aluminium) double les flacons « clairs ». Les activités respiratoires ainsi obtenues sont ajoutées aux valeurs de la photosynthèse nette données par les flacons « clairs ».

Les variations des valeurs du pH vont nous permettre de mesurer les effets de la pollution sur l'activité photosynthétique de ce type de communauté. L'eau de l'écosystème utilisée pour l'incubation des cylindres est soumise, après filtration sur filtre Millipore HA, à un barbotage avec de l'azote. Le CO₂ est chassé, le pH augmente. On arrête le barbotage lorsque le pH de l'échantillon est au-dessus des valeurs extrêmes rencontrées pendant l'expérience. Cette eau est ensuite titrée avec de l'eau distillée saturée en CO₂ (barbotage 20 minutes) sous une pression de 1 atmosphère, en employant une burette tonomètre. On effectue donc une titration avec du CO₂ gazeux, en utilisant de l'eau distillée comme support. Lors des calculs, comme la quantité d'eau dans l'échantillon titré change après chaque introduction du titrant, ce changement constant de volume doit être corrigé, sur la base d'un litre, en utilisant un facteur de correction. La concentration en CO₂ du titrant est également fonction de la pression atmosphérique et de la température, d'où l'emploi d'un autre facteur de correction. Ces deux facteurs sont donnés dans des tables (BEYERS et al., 1963). Le produit de ces deux facteurs pour une valeur du pH indique la concentration correspondante du CO₂ en millimoles par litre pour l'eau expérimentale. Le

produit des deux facteurs peut être porté sur une courbe en fonction des valeurs du pH. La figure 2 représente une des courbes de titration effectuée avec l'eau utilisée pour l'incubation. Cinq autres courbes ont été effectuées simultanément et sont superposables à la première.

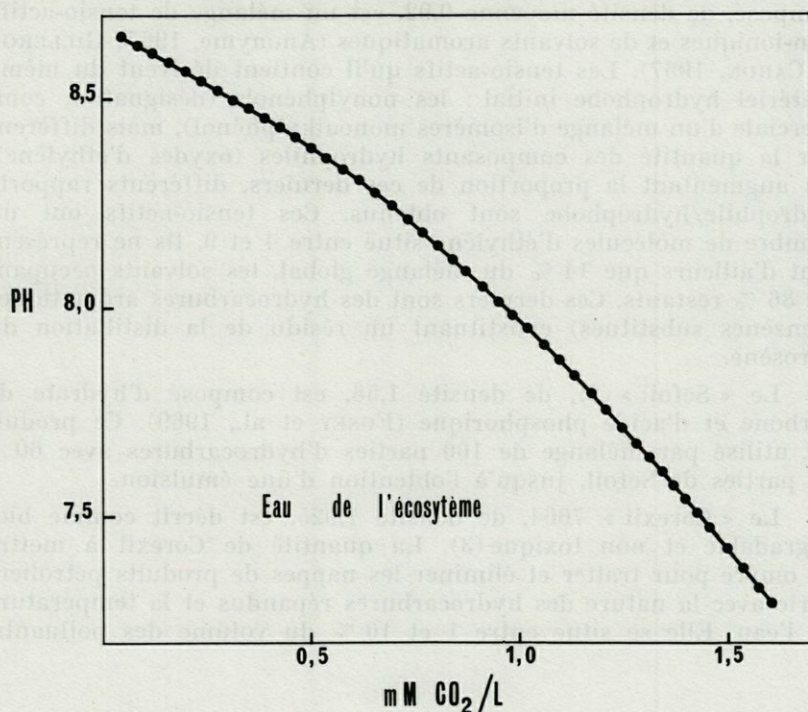


FIG. 2. — Courbe de titration de l'eau de l'écosystème. Une variation dans la concentration du CO₂ de l'eau de l'écosystème peut être déterminée à partir d'une variation du pH au moyen de ce graphique.

La méthode du pH-CO₂ nous a également permis de calculer la productivité journalière globale du périphyton (239 mg C m⁻² jour⁻¹). Nous avons alors effectué 3 incubations successives de 4 heures chacune, de façon à recouvrir toute la « journée » de l'écosystème (12 heures). La consommation totale de CO₂ pour 12 heures est ensuite transformée en production de carbone par m² et par jour.

4. Composition des trois produits anti-pétrole.

Le Gamosol (1) a été déversé en grande quantité lors du

(1) Société Gamlen et Naintré.

navfrage du pétrolier « Torrey Canyon » (18 mars 1967) qui libéra dans la Manche 120 000 tonnes d'un pétrole brut provenant des gisements du Koweït. Le nettoyage des plages françaises nécessita alors l'emploi de grandes quantités de cet agent émulsionnant. Ce composé, de densité moyenne 0,92, est un mélange de tensio-actifs non-ioniques et de solvants aromatiques (Anonyme, 1967; GILLEROT et CARON, 1967). Les tensio-actifs qu'il contient dérivent du même matériel hydrophobe initial : les nonylphénols (désignation commerciale d'un mélange d'isomères monoalkylphénol), mais différent par la quantité des composants hydrophiles (oxydes d'éthylène). En augmentant la proportion de ces derniers, différents rapports hydrophile/hydrophobe sont obtenus. Ces tensio-actifs ont un nombre de molécules d'éthylène situé entre 4 et 9. Ils ne représentent d'ailleurs que 14 % du mélange global, les solvants occupant les 86 % restants. Ces derniers sont des hydrocarbures aromatiques (benzènes substitués) constituant un résidu de la distillation du kérosène.

Le « Sefoil » (2), de densité 1,56, est composé d'hydrate de carbone et d'acide phosphorique (FUSEY et al., 1969). Ce produit est utilisé par mélange de 100 parties d'hydrocarbures avec 60 à 70 parties de Sefoil, jusqu'à l'obtention d'une émulsion.

Le « Corexit » 7664, de densité 1,025, est décrit comme biodégradable et non toxique (3). La quantité de Corexit à mettre en œuvre pour traiter et éliminer les nappes de produits pétroliers varie avec la nature des hydrocarbures répandus et la température de l'eau. Elle se situe entre 1 et 10 % du volume des polluants.

III. — RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. *Composition taxinomique et production primaire du périphyton.*

Après trois mois d'immersion dans l'écosystème, les tubes-tests et les lamelles sont recouverts d'une microcommunauté de Diatomées (tableau I) dont les taxons dominants sont les suivants : *Achnanthes brevipes* Ag., *A. brevipes* var. *intermedia* (Ktz.) Cl., *A. longipes* Ag., *Amphiprora decussata* Grun., *Amphora angusta* Greg., *A. hyalina* Ktz., *A. ventricosa* Greg., *Caloneis westii* (W. Sm.) Hendey, *Cocconeis scutellum* Ehr, *Mastogloia angulata* Lew., *Nitz-*

(2) Société Dambros.

(3) Bulletin technique Esso.

schia navicularis (Breb.) Grun., *N. subcalcareus* Grun., *Pleurosigma elongatum* W. Sm., *Striatella unipunctata* Ag., *Synetra laevigata* var. *hyalina* Grun. Une espèce nouvelle pour la science *Mastogloia lacazei* également abondante dans ce milieu, a été décrite par VOIGT (1970). Les Cyanophycées *Spirulina subsalsa* Oerst., *Oscillatoria chalybea* Mert., *Lyngbya lutea* Gom., la Chlorophycée *Ulveella* sp. et le Dinoflagellé *Exuviaella* sp. sont également présents, quoique peu abondants.

L'analyse microscopique journalière de la communauté n'indique pas de fixation de Diatomées au cours des 15 premiers jours; nous avons observé ensuite, du 15^e au 30^e jour, le dépôt des espèces suivantes :

<i>Achnanthes hauckiana</i> Grun.	<i>C. scutellum</i> var. <i>parva</i> Grun.
<i>A. orientalis</i> Hust.	<i>Navicula peregrina</i> (Ehr.) Ktz.
<i>A. longipes</i> Ag.	<i>Nitzschia incurva</i> Grun.
<i>Amphiprora paludosa</i> var. <i>hyalina</i> Donk.	<i>N. subcalcareus</i> Grun.
<i>Amphora hyalina</i> Ktz.	<i>N. lorenziana</i> v. <i>subtilis</i> Grun.
<i>A. exigua</i> Greg.	<i>Rhopalodia musculus</i> (Ktz.) O.M.
<i>A. ventricosa</i> Greg.	<i>Striatella unipunctata</i> Ag.
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehr.	<i>Synedra laevigata</i> Grun.

Du 30^e au 40^e jour, ces mêmes espèces se disposent en colonies. Deux espèces s'ajoutent aux précédentes : *Pleurosigma elongatum* W. Sm. et *Mastogloia angulata* Lew.

A partir du 40^e jour, chaque espèce est représentée par des colonies nettes.

La première formation de vraies colonies commence donc par de petits groupes appartenant généralement aux Diatomées monoraphidées. Ces premières colonies servent de base pour des formes plus lourdes et pour les Diatomées qui se fixent au moyen de tiges et de pédoncules, et c'est sur le tapis ainsi formé que nous trouvons plus tard les *Mastogloia*, les *Pleurosigma* et autres Naviculacées.

L'hétérogénéité du dépôt du périphyton est un obstacle majeur pour l'étude quantitative de ce matériel (WETZEL, 1965). L'abondance sur les supports immergés, de Copépodes harpacticoïdes à tous les stades de leur développement (*Ameira parvula* (Claus.), *Heterolaophonte strömi* (Baird), *Harpacticus littoralis* Sars pouvait aussi altérer l'homogénéité du périphyton. En fait, les résultats des dosages de la chlorophylle a ($0,367 \pm 0,080 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) (1) et des phaeo-pigments ($0,164 \pm 0,016 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), calculés selon les formules de LORENZEN (1967) en tenant compte des analyses respectives de

(1) Erreur standard.

7 tubes-tests, nous indiquent une bonne homogénéité des algues sur les supports expérimentaux.

Lors d'expériences préliminaires que nous avons effectuées avec des écosystèmes saumâtres du même type et selon un protocole expérimental similaire (LACAZE et al., 1969), l'analyse de lames porte-objet de microscope immergées en début d'expérience nous avait indiqué un périphyton de même composition taxinomique. Il est possible d'expliquer cette similitude : les prélèvements dans le milieu naturel ont été effectués au même endroit et durant le même mois (juillet). Il faut également noter que l'utilisation de tubes-tests rodés à la place de lames porte-objet ne semble pas avoir modifié la composition taxinomique de la communauté. Cette dernière peut être comparée à celle décrite pour un autre écosystème expérimental de laboratoire par McINTYRE et WULFF (1969), qui étudient l'effet de l'éclairement et de la dessiccation sur le dépôt des Diatomées. Certaines espèces sont communes pour les deux communautés (*Achnanthes brevipes* Ag., *A. brevipes* var. *intermedia* (Ktz.) Cl., *A. haukiana* Grun., *A. longipes* Ag., *Cocconeis scutellum* Ehr., *C. scutellum* var. *parva* Grun., *Coscinodiscus exentricus* Ehr., *Navicula directa* (W. Sm.) Ralfs, quoique les conditions expérimentales soient pourtant nettement différentes. L'écosystème décrit par ces deux auteurs est alimenté en continu par une eau provenant de la côte Pacifique des Etats-Unis, alors que celui que nous avons constitué ici fonctionne au contraire en circuit fermé et contient en outre du sédiment et 6 kg de macro-algues. Ces dernières entrent probablement en compétition avec les Diatomées, freinent leur développement et expliquent la productivité primaire peu élevée de cette communauté (239 mg C m⁻² jour⁻¹) si on la compare aux productivités obtenues avec d'autres communautés périphytales expérimentales (McINTYRE et al, 1964; PHINNY et McINTYRE, 1965; McINTYRE et WULFF, 1969).

2. Effets des trois agents émulsionnants.

Nous avons observé, pour les produits anti-pétrole étudiés, des effets très différents. Deux des trois produits testés, le Corexit et le Sefoil, n'ont provoqué aucune modification de la photosynthèse pour la concentration utilisée (40 mg l⁻¹); par contre, le Gamosol a une action très nette. Si l'on soumet pendant de brèves périodes (de 1 mn à 15 mn) la communauté au Gamosol, on observe une nette stimulation (fig. 3). On note au contraire une légère réduction pour une exposition de 30 mn; après 10 heures, l'activité photosynthétique de la communauté polluée n'est plus que de 30 % de celle des communautés témoins. Les deux méthodes

de mesure de la photosynthèse utilisées conjointement pour cette première série donnent des résultats très proches.

Ces analyses effectuées immédiatement après l'exposition au Gamosol sont néanmoins insuffisantes pour juger de la toxicité du produit pour la biocénose. Ainsi, une exposition au Gamosol de 30 mn qui ne provoque d'abord qu'une très faible augmentation

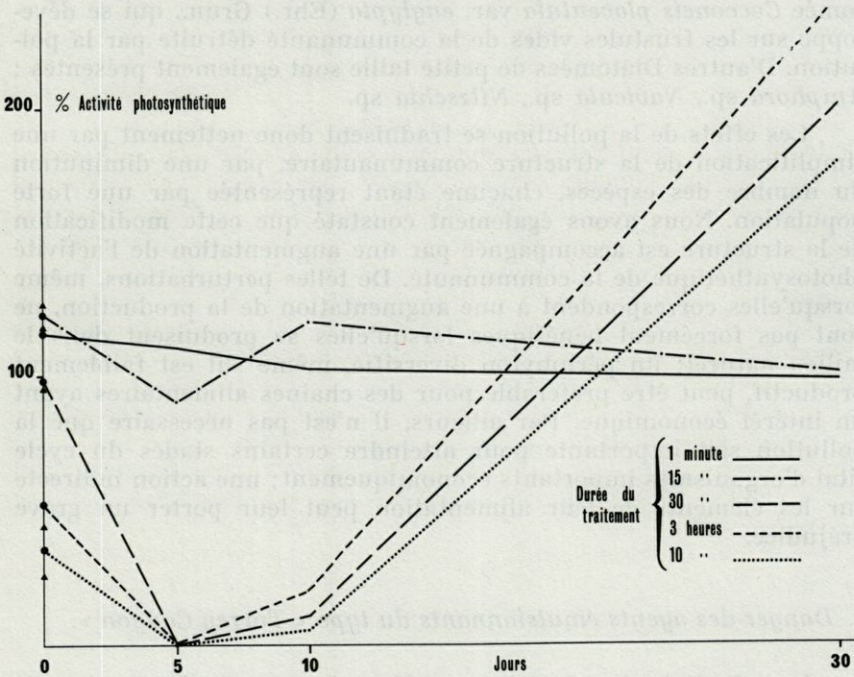


FIG. 3. — Effets du Gamosol sur l'activité photosynthétique du périphyton en pourcentage par rapport aux témoins. Méthode du carbone 14 (●). Méthode du pH-gaz carbonique (▲).

de la photosynthèse, l'élimine pourtant complètement après 5 jours. Cette absence totale de l'activité photosynthétique, également apparente pour les expositions supérieures (3 et 10 heures), indique une destruction de la majorité des espèces de la biocénose. La disparition de la photosynthèse n'est néanmoins que temporaire; on observe ensuite une augmentation progressive de celle-ci. Après 20 jours, la photosynthèse égalera celle des témoins et leur sera deux fois supérieure après 30 jours. L'assimilation du carbone 14 sera finalement beaucoup plus importante sur les lamelles qui ont été le plus exposées au polluant (fig. 3). Ces résultats nous condui-

sent donc à faire une nette différence entre les effets à court terme observés immédiatement après les diverses expositions au Gamosol et les effets à long terme.

Par ailleurs, des observations microscopiques effectuées un mois après le début de l'expérience indiquent que les lamelles qui ont été exposées pendant 30 mn, 3 h et 10 h à la solution de Gamosol sont alors presque exclusivement recouvertes par la Diatomée *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehr.) Grun., qui se développe sur les frustules vides de la communauté détruite par la pollution. D'autres Diatomées de petite taille sont également présentes : *Amphora* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp.

Les effets de la pollution se traduisent donc nettement par une simplification de la structure communautaire, par une diminution du nombre des espèces, chacune étant représentée par une forte population. Nous avons également constaté que cette modification de la structure est accompagnée par une augmentation de l'activité photosynthétique de la communauté. De telles perturbations, même lorsqu'elles correspondent à une augmentation de la production, ne sont pas forcément bénéfiques lorsqu'elles se produisent dans le milieu naturel; un périphyton diversifié, même s'il est faiblement productif, peut être préférable pour des chaînes alimentaires ayant un intérêt économique. Par ailleurs, il n'est pas nécessaire que la pollution soit importante pour atteindre certains stades du cycle vital d'organismes importants économiquement; une action indirecte sur les éléments de leur alimentation peut leur porter un grave préjudice.

3. Danger des agents émulsionnants du type « Torrey Canyon ».

Les résultats des expériences effectuées avec le Gamosol indiquent donc une forte toxicité pour ce produit qui détruit la biocénose après 30 mn d'exposition à 40 mg l^{-1} . Ce résultat est similaire à celui que nous avons obtenu avec des cultures axéniques de l'Algue *Phaeodactylum tricornutum* (LACAZE, 1969) : ces Algues sont également tuées après 30 mn d'exposition au Gamosol. Cet effet algicide doit être imputable à la fraction solvant du Gamosol, les composés de la série benzénique qu'il contient étant particulièrement toxiques (KORZEP, 1962). Cette toxicité est heureusement atténuée, car le solvant est volatil en solution diluée (LACAZE, 1967). Des expériences effectuées au laboratoire de Plymouth (SMITH, 1969), indiquent qu'après 100 heures, la fraction solvant d'une solution de 10 p.p.m. d'un produit anti-pétrole du type du Gamosol est complètement éliminée. Les expositions de courte durée adoptées ici permettent de penser que la perte du solvant est négligeable.

Il serait néanmoins hâtif de conclure à la non-toxicité des tensio-actifs. Si ces produits ne semblent pas algicides aux doses étudiées, ils freinent ou inhibent le développement des cultures (UKELES, 1965; LACAZE, 1967, 1969) et des biocénoses naturelles (LACAZE, 1971) pour des concentrations de l'ordre de quelques milligrammes par litre. Par ailleurs, nous avons pu mettre en évidence la lente biodégradabilité de ces tensio-actifs dans les conditions naturelles (LACAZE, 1973). Cet inconvénient ne se retrouve pas avec le Sefoil, qui favorise au contraire la biodégradation du pétrole (FUSEY *et al.*, 1969).

Cette étude met en évidence l'utilité des essais à long terme, qui permettent de distinguer une action *algistatique* d'une action *algicide*. Ils nous indiquent que des modifications de la composition taxinomique et de la production primaire de microbiocénoses expérimentales sont un test sensible des effets d'une pollution. La recherche de l'action d'un polluant sur l'association des espèces présentes dans un micro-écosystème de laboratoire est une voie intéressante qui doit compléter les études toxicologiques effectuées sur les représentants d'espèces isolées (FONTAINE, 1969). La méthode du carbone 14, particulièrement sensible, permet de déceler des variations du métabolisme même minimales. Le périphyton, qui constitue un élément important de la biologie des eaux et qui représente par ailleurs une des biocénoses les plus atteintes par la pollution des rivages, nous apparaît comme un bon matériel d'étude.

RÉSUMÉ

Les effets de trois agents émulsionnants anti-pétrole sont étudiés sur la composition taxinomique et la productivité primaire d'une communauté expérimentale de Diatomées benthiques. Cette association de micro-Algues se développe sur des supports artificiels en verre rodé, immergés dans un écosystème saumâtre de 3 000 litres établi au laboratoire. L'activité photosynthétique de la communauté est mesurée par deux méthodes différentes : carbone 14 et pH-gaz carbonique. On fait varier les périodes d'exposition (1, 15, 30 mn et 3 et 10 h) pour la concentration de 40 mg l^{-1} de chacun des trois produits anti-pétrole. Les effets de la pollution sont étudiés immédiatement après les expositions aux produits (effets à court terme), puis après 5, 10 et 30 jours (effets à long terme).

Deux des produits anti-pétrole (Sefoil et Corexit) ne modifient pas la production primaire et ne présentent donc, sous cet aspect,

aucune toxicité dans les conditions de ces essais. Par contre, le Gamosol, produit massivement utilisé lors du naufrage du pétrolier « Torrey Canyon » (18 mars 1967), est nettement toxique.

Cette étude pose des problèmes d'ordre méthodologique. Seuls des essais à long terme permettent de mettre en évidence l'effet réel d'un polluant. Ainsi, une exposition de 30 minutes au Gamosol, qui ne provoque d'abord qu'une légère diminution de la production primaire, l'annule complètement au bout de 5 jours. L'observation microscopique indique que les Algues composant la communauté sont détruites pour cette exposition. Une nouvelle communauté, constituée de petites espèces de Diatomées, se développe alors rapidement, si bien qu'après 30 jours la production primaire des communautés ayant été soumises à la pollution est deux fois plus importante que celle des communautés témoins.

SUMMARY

The effects of three anti-oil emulsifying agents on the taxonomic composition and the primary productivity of an experimental community of benthic Diatoms are studied. This association of micro-algae develops on artificial polished glass supports immersed in a 3000-litre brackish ecosystem, set up in the laboratory. The community's photosynthetic activity is measured by two different methods : carbon 14 and pH-carbonic gas. The exposure periods are varied (1, 15, 30 minutes and 3 and 10 hours) for the concentration of 40 mg l^{-1} of each of the three anti-oil substances. The effects of the pollution are studied immediately after exposure to the substances (short-term effects), then after 5, 10 and 30 days (long term effects).

Two of the anti-oil substances (Sefoil and Corexit) do not change primary production and therefore, in this aspect, show no toxicity under test conditions. On the other hand, Gamosol, a substance used massively when the oil tanker « Torrey Canyon » was shipwrecked (18th March, 1967), is distinctly toxic.

This research involves methodological problems. Only long-term tests make it possible to show the real effect of a polluting substance. Thus, a 30-minute Gamosol exposure, which at first induces only a slight decrease of primary production, after 5 days puts a complete end to it. Microscopic observation shows that the algae forming the community are destroyed through this exposure. A new community, made up of small Diatom species, then develops

rapidly, so that after 30 days primary production of the communities having undergone pollution is twice that of the control communities.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Einfluss von drei emulgierenden Agentien zur Petrolbekämpfung auf die systematische Zusammensetzung und die primäre Produktion einer benthischen Diatomeen-Gemeinschaft wurde im Experiment untersucht. Diese mikroskopisch kleinen Algen entwickeln sich auf gerauhtem Glas, das in ein brackisches Oekosystem (3000 l) im Laboratorium eingesetzt wird. Die Photosyntheseaktivität der Gemeinschaft wird nach verschiedenen Methoden gemessen: Kohlenstoff 14 und Kohlensäure-pH. Die Expositionszeiten werden variiert (1, 15, 30 Minuten und 3 und 10 Stunden) für eine Konzentration von 40 mg l^{-1} eines jeden der drei Agentien. Die Einflüsse der Verunreinigung werden unmittelbar nach der Exposition untersucht (Kurzzeitwirkung), dann nach 5, 10 und 30 Tagen (Langzeitwirkung).

Zwei der Produkte (Sefoil und Corexit) verändern die Primärproduktion nicht und stellen unter diesem Gesichtspunkt und unter den gewählten Bedingungen keine Gefahr dar. Dagegen ist Gamosol, das nach dem Auflaufen der « Torrey Canyon » (18. März 1967) in grossen Mengen verwendet wurde, deutlich toxisch.

Die vorliegende Studie stellt einige Probleme hinsichtlich der Methodik. Einzig Langzeitversuche zeigen den wirklichen Effekt einer Verunreinigung. So bewirkt eine 30-minütige Exposition unter Gamosol nur eine leichte Abnahme der Primärproduktion, dagegen führt eine fünftägige Einwirkung zu ihrem völligen Verschwinden. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass die Algen zerstört werden. Eine neue Gemeinschaft aus kleinen Diatomeenarten entwickelt sich dann rasch, so dass nach 30 Tagen die Primärproduktion in den exponierten Gemeinschaften zwei mal so stark ist wie in den Kontrollkulturen.

BIBLIOGRAPHIE

- AMANIEU, M., 1967. Introduction à l'étude écologique des réservoirs à poissons de la région d'Arcachon. *Vie Milieu*, **18** (2 B) : 381-446.
ANONYME, 1967. Le pétrole et la mer. *Rev. Protection* (Paris), **105** : 72-73.

- BEYERS, R.J., 1963a. The metabolism of twelve aquatic laboratory micro-ecosystems. *Ecol. Monogr.*, 33 : 281-306.
- BEYERS, R.J., 1963b. A characteristic diurnal metabolic pattern in balanced microcosms. *Publs Inst. mar. Sci. Univ. Tex.*, 9 : 19-27.
- BEYERS, R.J., 1964. Measuring the carbon dioxide metabolism of aquatic organisms. *Am. Biol. Teach.*, 26 (7) : 499-510.
- BEYERS, R.J., and H.T. ODUM, 1959. The use of carbon dioxide to construct pH curves for the measurement of productivity. *Limnol. Oceanogr.*, 4 : 499-502.
- BEYERS, R.J., and H.T. ODUM, 1960. Differential titration with strong acids or bases vs CO₂ water for productivity studies. *Limnol. Oceanogr.*, 5 : 228-230.
- BEYERS, R.J., J.L. LARIMER, H.T. ODUM, R.B. PARKER and N.E. ARMSTRONG, 1963. Directions for the determination of changes in carbon dioxide concentration from changes in pH. *Publs Inst. mar. Sci. Univ. Tex.*, 9 : 454-489.
- FONTAINE, M., 1969. Réflexions sur les pollutions marines et la méthodologie de leur étude. *Cérès, F.A.O. Aevieu*, 2 (3) : 32-35.
- FUSEY, P., J. GONI, J.C. LACAZE, M. L. PRIOU, J. LAMIDEY et G. RUDALI, 1969. Elimination des déchets pétroliers par un produit sans action nocive sur la flore et la faune aquatiques. *C.r. hebd. séanc. Acad. Sci. Paris, sér. D*, 269 : 2435-2438.
- GILLEROT, R. et E. CADRON, 1967. Considérations sur les effets de la pollution de la mer et des plages. *Bull. Cent. belge Etud. Docum. Eaux*, 20 (283-284) : 290-292.
- KORZEP, D.A., 1962. Toxicity of organic compounds. *Thesis Univ. Texas, Austin*.
- LACAZE, J.C., 1967. Etude de la croissance d'une algue planctonique en présence d'un détergent utilisé pour la destruction des nappes de pétrole en mer. *C.r. hebd. séanc. Acad. Sci., Paris, sér. D*, 265 : 1489-1491.
- LACAZE, J.C., 1969. Effets d'une pollution du type « Torrey Canyon » sur l'algue unicellulaire marine *Phaeodactylum tricornutum*. *Rev. intern. océan. méd.*, 13-14 : 157-179.
- LACAZE, J.C., 1971. Utilisation d'un dispositif expérimental simple pour l'étude de la pollution des eaux *in situ*. Effets comparés de trois agents émulsionnants anti-pétrole. *Téthys*, 3 (4) : 705-716.
- LACAZE, J.C., 1973. Influence de l'éclaircissement sur la biodégradation d'un tensio-actif non ionique utilisé pour la dispersion des nappes de pétrole en mer. *C.r. hebd. séanc. Acad. Sci., Paris, sér. D*, 277 : 409-412.
- LACAZE, J.C., C. HALLOPEAU et M. VOIGT, 1969 (1970). Recherches préliminaires en laboratoire sur des écosystèmes saumâtres expérimentaux. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 2^e sér.* 41 (5) : 1278-1289.
- LORENZEN, C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments : spectrophotometric equation. *Limnol. Oceanogr.*, 12 (2) : 343-346.

- McINTYRE, C.D., R.L. GARRISON, H.K. PHINNEY and C.E. WARREN, 1964. Primary production in laboratory streams. *Limnol. Oceanogr.*, **9** (1) : 92-102.
- McINTYRE, C.D., 1966. Some effects of current velocity on periphyton communities in laboratory streams. *Hydrobiologia*, **27** : 559-570.
- McINTYRE, C.D. and B.L. WULFF, 1969. A laboratory method for the study of marine benthic diatoms. *Limnol. Oceanogr.*, **14** (5) : 667-678.
- PHINNEY, H.K. and C.D. McINTYRE, 1965. Effect of temperature on metabolism of periphyton communities developed in laboratory streams. *Limnol. Oceanogr.*, **10** : 341-344.
- SMITH, J.E. (edit.), 1968. « *Torrey Canyon* » pollution and marine life. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, Cambridge Univ. Press, 196 pp.
- STEEMANN NIELSEN, E., 1952. The use of radioactive carbon (C¹⁴) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, **18** : 117-140.
- UKELES, R., 1965. Inhibition of unicellular algae by synthetic surface active agents. *J. Phycol.*, **1** : 102-110.
- VOIGT, M., 1970. Une *Mastogloia* intéressante du bassin d'Arcachon. *Revue algol.*, **10** (1) : 74-75.
- WETZEL, R.G., 1965. Techniques and problems of primary productivity measurements in higher aquatic plants and periphyton. *Memorie Ist. ital. Idrobiol.*, **18**, suppl. : 249-267.

Reçu le 28 décembre 1970.