

ÉVOLUTION SUR TROIS ANNÉES DE QUELQUES SITES LITTORAUX DE BRETAGNE APRÈS POLLUTION PÉTROLIÈRE (AMOCO CADIZ, 1978).

par

Jean-Pierre Raffin (1), Jean-Claude Godineau (2), Jacques Ribier (3),
Roland Platel (4), Hélène Francillon (4), François Meunier (4)
et Gilles Benesr (1)

Université Paris 7
2, place Jussieu - 75251 Paris Cedex 05

Résumé

Ce travail présente une étude des effets de la marée noire provoquée par le naufrage de l'Amoco Cadiz sur certains éléments de la flore et de la faune macroscopiques intertidales. L'analyse de quelques sites des Côtes-du-Nord (France) rocheux et sableux, en modes battu et abrité, a été menée de mai 1978 à octobre 1980.

La période de mortalité massive est suivie d'un repeuplement variable suivant les groupes étudiés (*Enteromorpha*, *Fucus*, *Porphyra*, *Lithothamninae*, *Balanus* — *Chthamalus*, *Polychetae*, *Patella*, *Tellina*, *Mytilus*, *Carcinus*) et selon les sites. Deux ans et demi après la marée noire, des déséquilibres persistent ; localement certaines espèces ne se sont pas réimplantées. Les zones abritées (fonds de baie) restent polluées et la régénération des peuplements y est très lente.

Introduction

En mars 1978, une équipe de biologistes de différents laboratoires de l'Université Paris 7 se constitue en vue d'apporter une contribution à l'analyse des effets sur la côte bretonne du naufrage de l'Amoco Cadiz.

Son choix se porte sur un secteur des Côtes-du-Nord non prospecté par les chercheurs de la Station biologique de Roscoff ou de l'Université de Brest.

En mai 1978, une première mission bénévole se rend donc sur quelques sites des communes de Locquemeau et de Trebeurden. Les

(1) Laboratoire d'Ecologie générale et appliquée.

(2) Laboratoire de Cytologie végétale.

(3) Laboratoire de Biologie cellulaire végétale.

(4) Laboratoire d'Anatomie comparée.

Avec l'amicale participation de Ch. et J. Devillers, C. Delfini, M. et Y. Pascal.

premières observations montrent une dégradation de la flore et de la faune intertidales justifiant un suivi de l'évolution des milieux atteints.

Grâce à des crédits alloués par l'Université Paris 7, cinq missions se succèdent d'octobre 1978 à octobre 1980. Cet article en présente les principaux résultats. Il comporte une analyse qualitative de l'état et de l'évolution de certains éléments macroscopiques de la flore et de la faune ainsi qu'une tentative d'analyse quantitative de l'évolution des populations de *Patella vulgata* L.

Méthodes d'investigation

Au long de transects perpendiculaires à la côte (Fig. 1 et 2), dans la zone intertidale, des prélèvements sont effectués à l'aide de la technique des carrés échantillons. Ces transects ont été choisis à dessein, dans deux types de milieux, rocheux et sableux, en mode abrité ou battu, dans des secteurs pollués ou non pollués.

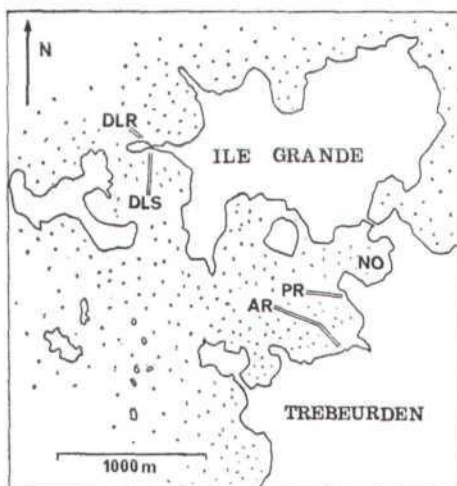


FIG. 1

Plan de situation des transects suivis dans la commune de Trebeurden.
AR: Anse de Runigou; DLR: rocheux; DLS: Dourlin sableux; NO: Marais de Xotenno; PR: Pointe de Runigou.

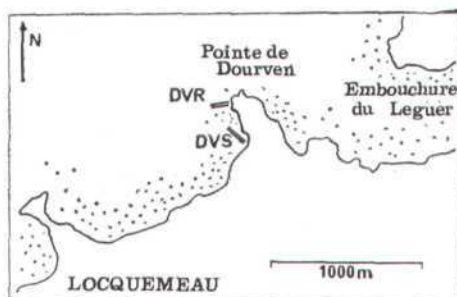


FIG. 2

Plan de situation des transects suivis dans la commune de Locquemeau.
DVR: Dourven rocheux; DVS: Dourven sableux.

Faciès rocheux : utilisation d'un cadre de 50 x 50 cm, observation de la flore, relevé phytosociologique, observation de la faune, mensuration au pied à coulisse (à 0,1 mm près) des spécimens qui sont ensuite remis en place (en particulier, mesure du grand axe de la coquille pour les Mollusques).

Faciès sableux : utilisation d'un cadre de 100 x 100 cm, observation du site, puis prélèvement d'environ 4,5 dm³ de sédiment aux 4 coins du cadre, tamisage (tamis de 5 mm de maille), tri, mensuration (comme plus haut) des spécimens qui sont ensuite remis en place.

Traitement des données

Les méthodes sont adaptées aux différentes situations ; elles seront mentionnées avec la présentation des résultats.

Parmi les Mollusques dont la coquille a fait l'objet de mesures, seule la Patelle (*Patella vulgata* L.) fournit suffisamment de valeurs numériques pour que l'on puisse en tenter une exploitation statistique. Pour deux transects rocheux (Dourlin et Dourven), chaque station fournit un échantillon composé des individus situés dans le cadre. Les valeurs relevées sur chaque coquille sont réparties en classes de 4 mm ; on construit alors l'histogramme des fréquences puis on calcule la valeur moyenne et l'écart-type. Chaque station montre bien des variations de ces statistiques au cours du temps, mais la disparité des résultats que présentent aussi, au même moment de l'année, les différentes stations du transect, nous conduit à prendre plutôt en compte l'ensemble des mesures de celui-ci ; on en compare alors l'effectif, l'histogramme de fréquences, la longueur moyenne et l'écart-type d'une mission à l'autre. La comparaison des moyennes se fait à l'aide du *t* de Student en fixant le seuil de confiance à 99 p. 100 (*t* — 2,6).

RÉSULTATS

I. Dourlin rocheux (DLR)

1. État du site au 9 mai 1978

Le transect DLR intéresse un faciès rocheux en mode battu (Fig. 1 et 3). Le site a été fortement mazouté au-dessus de la moulière (Stations I à VII). Les rochers ont été nettoyés (traces de brossages, de jets d'eau ou de vapeur à forte pression) puis souillés à nouveau. Les cuvettes de cette région sont détruites ou très dégradées. Sur les parties émergées, quelques patelles et quelques moules, plus ou moins recouvertes de mazout, sont encore vivantes. Dans la moulière, les organismes présents ne sont apparemment pas affectés

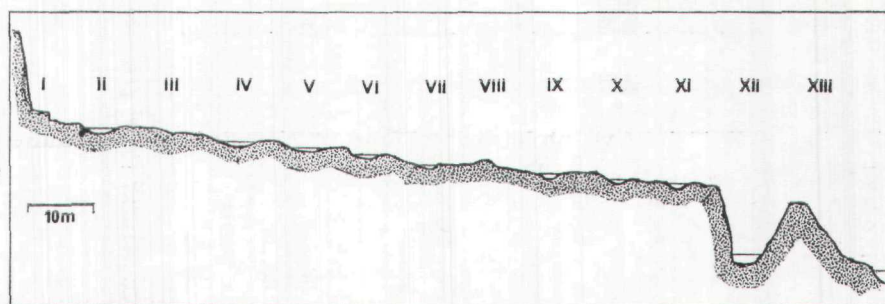


FIG. 3

Profil du transect Dourlin rocheux (DLR).

STATIONS :	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII	
	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5
	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79
Cyanophytes																										
Lichina pygmaea																										
Fucus vesiculosus																										
Enteromorpha sp.																										
Lithophyllum incrustans																										
Corallina sp.																										
Chthamalus - Balanus																										
Mytilus edulis																										
Patella vulgata	1				3				12	21	3	6			23	9	19	14	16	12	14	7	12	26	20	17
Gibbula lineata					5				6	3	4			2	1	5			2	1	2	1	5			
Anemonia sulcata																										
Actinia equina									1					6				9		1						

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

1979

1980

RECOUVREMENT :

présence

≤ 5%

de 5 à 25%

de 25 à 50%

de 50 à 75%

> 75%

RELEVÉS :

1978

TABEAU I
Dourlin rocheux
Evolution du site: recouvrement ou nombre d'individus.

2. Évolution du site en 1979 et 1980 (Tableau I)

Soixante-et-une espèces ont été identifiées au total. Dans les stations hautes, des organismes encore présents en octobre 1978 : *Lichina pygmaea*, Corallinacées (Station V), *Gibbula lineata*, Moules, Patelles, Actinies, ne sont plus relevés ou disparaissent en 1979; Aucun ne s'est réinstallé en octobre 1980. Par contre, dès le printemps 1979, on observe un développement important des Entéromorphes (Stations I à VI). Leur devenir varie selon les stations :

- disparition totale dès mai 1980 (Stations I et VI) ;
- régression constante (Stations II et IV) ;
- disparition en mai 1980 et réapparition en octobre 1980 (Stations III et V).

De même, on note un développement de Cyanophytes. Ils disparaissent ensuite au cours de l'été 1979 (Station III) ou se maintiennent (Station IV). L'automne 1980 voit une réapparition (Station III) ou un fort développement (Stations IV et V).

L'étude des autres stations permet les remarques suivantes :

a - la moulière diminue progressivement (Stations VIII et IX) et n'est plus représentée en station VII. Cependant, elle se maintient bien en station XI et même se développe à plus bas niveau en station XIII (certains individus présentent toutefois des anomalies de croissance de la coquille — voir plus loin, figure 8 A) ;

b - dans les cuvettes, les Corallinacées progressent et tendent à recouvrir tout le substrat (Stations VII à XII). Par contre, elles se maintiennent après régression en station VI (rappelons leur disparition en station V) ;

c - le *Fucus vesiculosus*, présent en octobre 1978 (Stations IX, X et XII), disparaît définitivement (Stations X, XII) ou réapparaît en octobre 1979 (Station IX). Il est installé en station XI en octobre 1980 et est en progression constante en station XIII.

d - dans l'ensemble, les populations de Balanes se maintiennent. On remarque cependant une chute des effectifs en mai 1980 (Stations VI, IX, XI et XIII) ;

e - le nombre de Patelles ne varie pas de manière significative, excepté en station V où elles disparaissent progressivement.

On note donc la disparition d'un certain nombre d'espèces dans les stations hautes (*Corallina officinalis*, *Lithophyllum incrustans*, *Lichina pygmaea*, *Actinia equina*, *Gibbula lineata*, *Patella vulgata*, *Mytilus edulis*), imputable sans doute au pétrole et aux nettoyages effectués. Dans les stations basses, le *Fucus vesiculosus* semble avoir souffert : disparition suivie ou non de réinstallation. Les cuvettes à Lithothamnées se colonisent — ou se recolonisent — rapidement, ce qui n'est pas le cas à plus haut niveau. Enfin, les chutes d'effectifs observées en mai 1980 : Balanes (Stations VI, IX, XI, XIII), Entéromorphes (Stations III, V), Moules (Stations IX, XI), d'une part et l'augmentation du nombre de Cyanophytes en octobre 1980, d'autre part, sont peut-être à relier à l'arrivée sur le site du pétrole du Tanio (nauffrage en mars 1980).

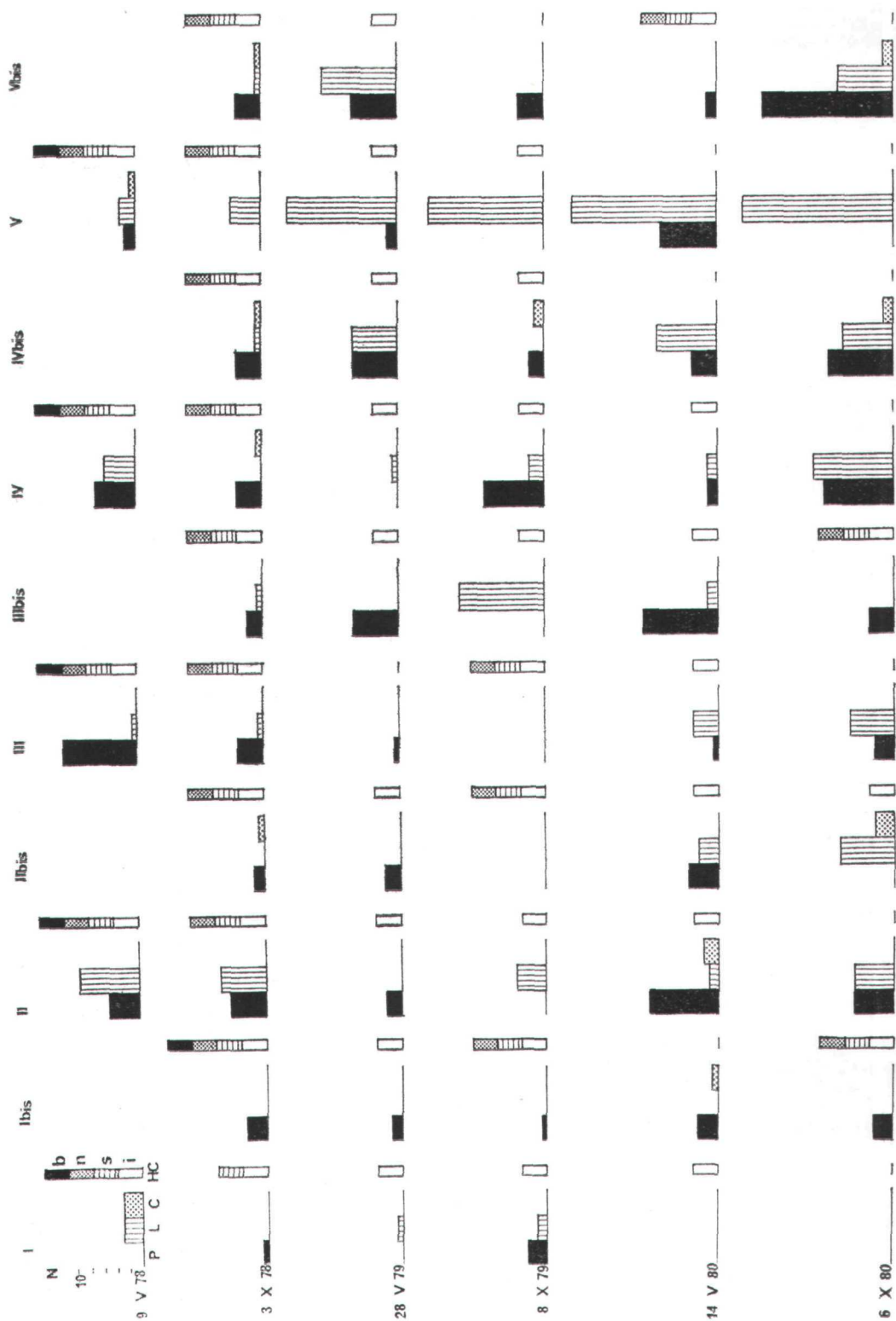


TABLEAU II
Dourlin sableux

Nombre (N) d'individus récoltés de 1978 à 1980. Polychètes (P), Lamellibranches (L), Crustacés (C). Aspects de la pollution par le pétrole (HC): b.: boue; n.: nodules; s.: suintements; i.: irisations.

II. Dourlin sableux (DLS)

1. État du site au 9 mai 1978

Le transect DLS intéresse une anse abritée (Fig. 4), orientée plein Sud. Le haut de la plage est constitué d'un champ de blocs de granite. Il lui fait suite une bordure de galets à laquelle succède un faciès sableux qui descend en pente douce jusqu'au niveau des basses

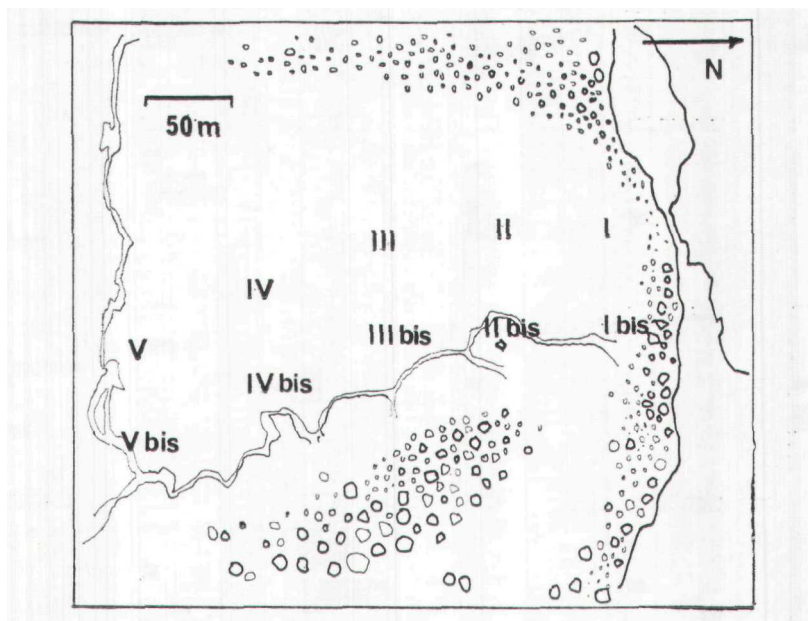


FIG. 4

Topographie du site de Dourlin sableux (Transect DLS).

mers. La zone étudiée est limitée, à l'Ouest, par une avancée de galets et, à l'Est, par un champ de blocs. Les champs de blocs et le haut du faciès sableux ont été directement pollués par des nappes de pétrole venues en couches épaisses à la côte.

Les cinq stations du transect montrent un état d'imprégnation général du sédiment par le pétrole : présence de boue, de nodules, de suitements ou d'irisations.

La faune récoltée est composée de Polychètes, de Mollusques Bivalves (*Cardium edule*, *Dosinia exoleta*, *Tellina tenuis* et *Venerupis decussata*) et de quelques spécimens de *Carcinus maenas* de petite taille (diamètre de la carapace d'environ 1 cm).

2. Évolution du site en 1979 et 1980 (Tableaux II et III)

Avec le temps, l'importance de l'imprégnation des sédiments par le pétrole tend à diminuer. On note néanmoins deux « anomalies », l'une en octobre 1979, l'autre en mai et octobre 1980. Dans le premier cas, les stations I bis, II bis et III restent imprégnées de pétrole. Il

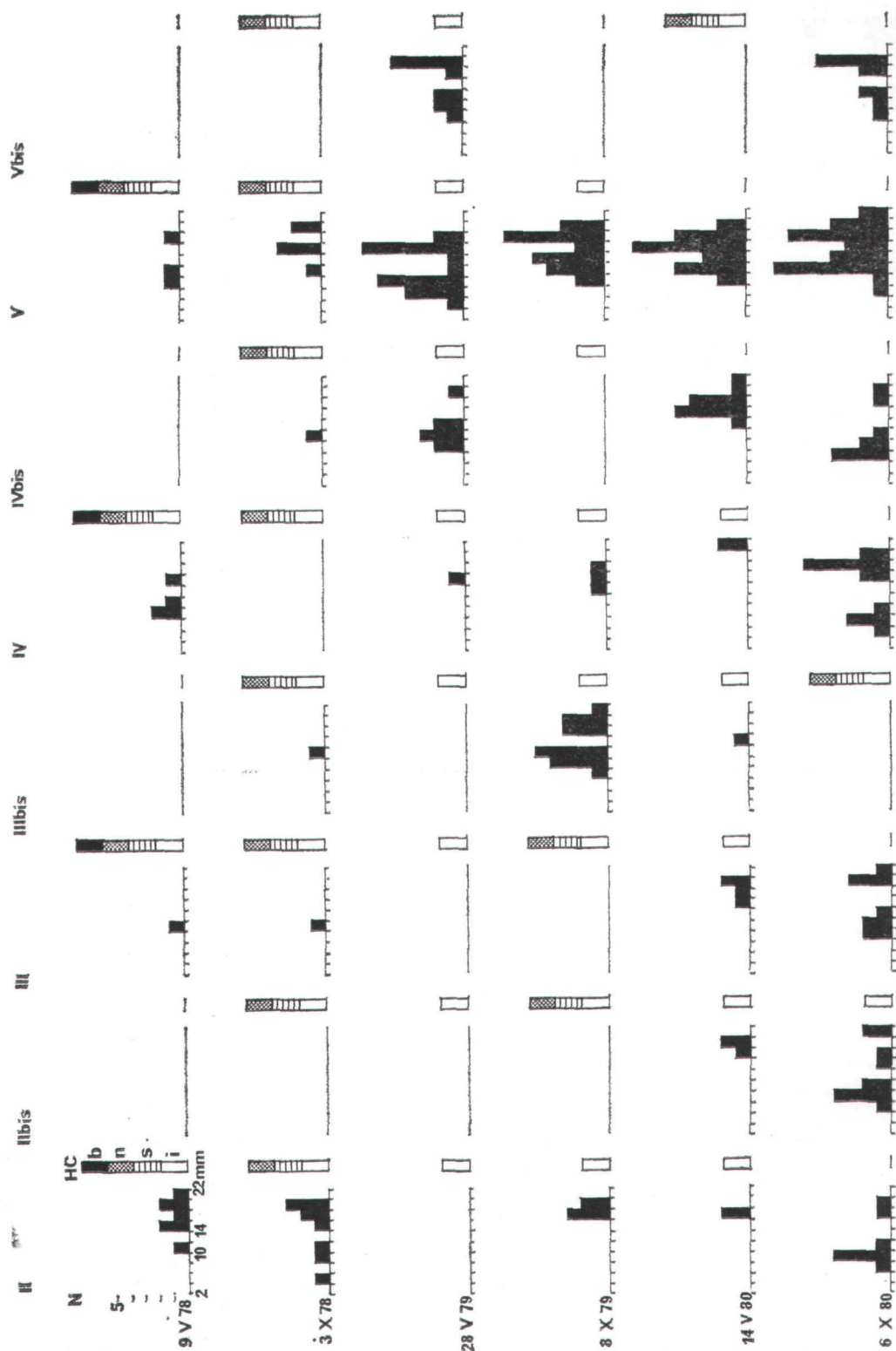


TABLEAU III
Tellina tenuis

Répartition en fonction de la taille de la coquille (classes de 2 mm).
Aspects de la pollution par le pétrole (HC): mêmes figurés que pour le Tableau II.

semble que cela soit dû à une descente du pétrole accumulé sous les blocs du haut de plage et remobilisé à la suite des opérations de nettoyage. Dans le second cas (station V bis de mai 1980 et stations I bis et III bis d'octobre 1980) il est vraisemblable que l'augmentation de l'imprégnation par le pétrole soit due aux nappes provenant du Tanio.

L'analyse des récoltes effectuées dans les différentes stations (Tableau II) de haut niveau (Stations I, II et III) montre une régression spectaculaire de la faune lors des relevés de mai 1979. Cette régression peut être imputée au pétrole et aux opérations de nettoyage conduites de manière massive au printemps et en été 1978 sur les champs de blocs voisins situés en amont de cette zone (descente du pétrole par suite du lessivage, utilisation de produits dispersants). La faune éloignée de la zone de pollution directe et massive (Stations IV et V) récupère plus rapidement.

L'examen de l'état et de l'évolution de la population de *Tellina tenuis* (Tableau III) montre un phénomène identique. La recolonisation des hauts niveaux (Stations II et III), notable dès les relevés postérieurs au mois d'octobre 1979, peut être mise sur le compte d'une migration de spécimens « réfugiés » dans les niveaux des stations IV et V. La réapparition, en octobre 1980, de jeunes spécimens dans les stations hautes (Stations II et III) d'où ils avaient disparu après le mois d'octobre 1978, semble indiquer que les conditions de milieu sont redevenues satisfaisantes. L'absence de *Tellina tenuis* dans certains prélèvements (Stations II bis et III — octobre 1979 — ; V bis — mai 1980 — ; III bis — octobre 1980) — peut être liée à une imprégnation des sédiments par le pétrole, plus importante que dans les stations voisines.

III. Dourven rocheux (DVR)

1. État du site au 9 mai 1978

Le transect DVR intéresse un faciès rocheux en mode battu (Fig. 2 et 5). Les prélèvements ont été effectués à la sortie d'une baie fortement mazoutée sur tout l'étage littoral et supralittoral. L'ensemble

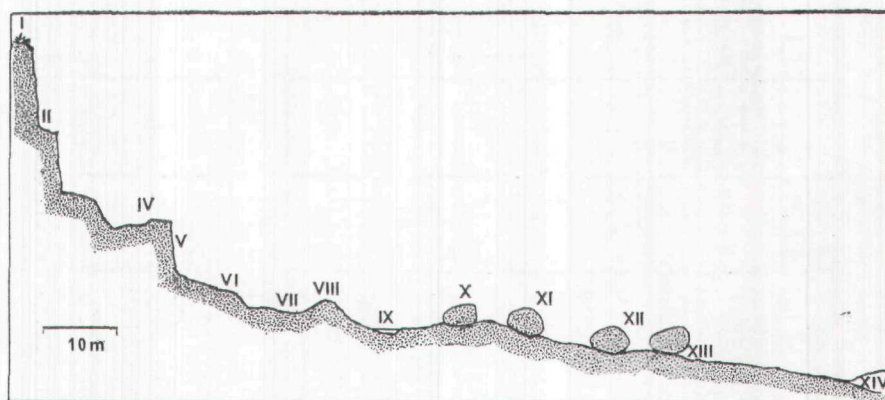


FIG. 5

Profil du transect Dourven rocheux (DVR).

STATIONS :	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV	
	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5
	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78	79	80	78
Ramalina sp.																												
Xanthoria parietina																												
Verrucaria maura																												
Caloplaca marina																												
Pelvetia canaliculata																												
Lichina pygmaea																												
Fucus vesiculosus																												
Enteromorpha sp.																												
Lithophyllum incr.																												
Corallina sp.																												
Porphyra umbilicalis																												
Chthamalus-Balanus																												
Mytilus edulis																												
Patella vulgata																												
Gibbula lineata																												
Anemonia sulcata																												
Actinia equina																												

RECROUVREMENT : ☐ présence ☐ ≤ 5% ☐ de 5 à 25% ☐ de 25 à 50% ☐ de 50 à 75% ☐ > 75%

TABLEAU IV
Dourven rocheux
Evolution du site: recouvrement ou nombre d'individus.

du transect n'est pas touché, à l'exception de quelques taches dans la moulière. A cette date, des opérations de nettoyage et de ramassage du pétrole ont déjà été menées.

2. Évolution du site en 1979 et 1980 (Tableau IV)

Soixante-quatre espèces ont été identifiées au total. Le fait le plus remarquable est la régression constante des Moules dans les stations VII et VIII, jusqu'à disparition complète en station VII. Certains individus, ici aussi, présentent des anomalies de croissance de la coquille. L'espace ainsi déserté par les Moules est progressivement occupé par les Balanes. Un autre trait saillant réside dans l'apparition « explosive » des *Porphyra* en juin 1979 (Stations VII, VIII et X). Cette algue, présente en faible quantité dans le transect, couvre alors littéralement les rochers du fond de la baie. Elle disparaît du transect dès octobre 1979 mais se maintient encore en 1980, au fond de la baie, tout en régressant. Le *Fucus vesiculosus* n'est plus observé dans les stations VII, XIII et XIV après octobre 1978. Il réapparaît en station VII en octobre 1980. Il colonise progressivement la station X. On peut également noter la diminution progressive de la population d'*Anemone sulcata* dans la cuvette de la station IX.

C'est donc dans la partie du transect qui a été légèrement mazoutée que l'on note les variations les plus importantes : régression des Moules, « explosion » du *Porphyra*, régression du *Fucus vesiculosus*.

IV. Dourven sableux (DVS)

1. État du site au 9 mai 1978

Le transect DVS intéresse un chenal sableux orienté au Nord-Ouest, face au large (Fig. 2 et 6). Large d'une trentaine de mètres, il est limité à l'Est et à l'Ouest par des champs de blocs. Le haut de plage est constitué de galets de tailles variées ; il lui fait suite un faciès sableux descendant en pente douce jusqu'au niveau des basses mers.

Les champs de blocs situés à l'Est et à l'Ouest ont été fortement pollués. Le haut de la plage a été nettoyé puis manifestement pollué à nouveau. Le sédiment prélevé dans les quatre premières stations du transect montre des signes d'imprégnation par le pétrole (boue, suintements, nodules, irisations). Entre les stations III et IV, le sable contient de très importantes loupes de pétrole visqueux (alternance de couches de sable et de couches de pétrole sur plus de 50 cm de profondeur).

La faune récoltée est composée de Polychètes, de Mollusques Bivalves (surtout de *Tellina tennis* et de *Venerupis pullastra*) ainsi que de quelques spécimens jeunes de *Carcinus maenas* (diamètre de la carapace d'environ 1 cm).

2. Évolution du site en 1979 et 1980 (Tableau V)

On note une régression régulière de l'imprégnation des sédiments par le pétrole mais la zone où des loupes de pétrole ont été observées en 1978 est plus lente à se nettoyer.

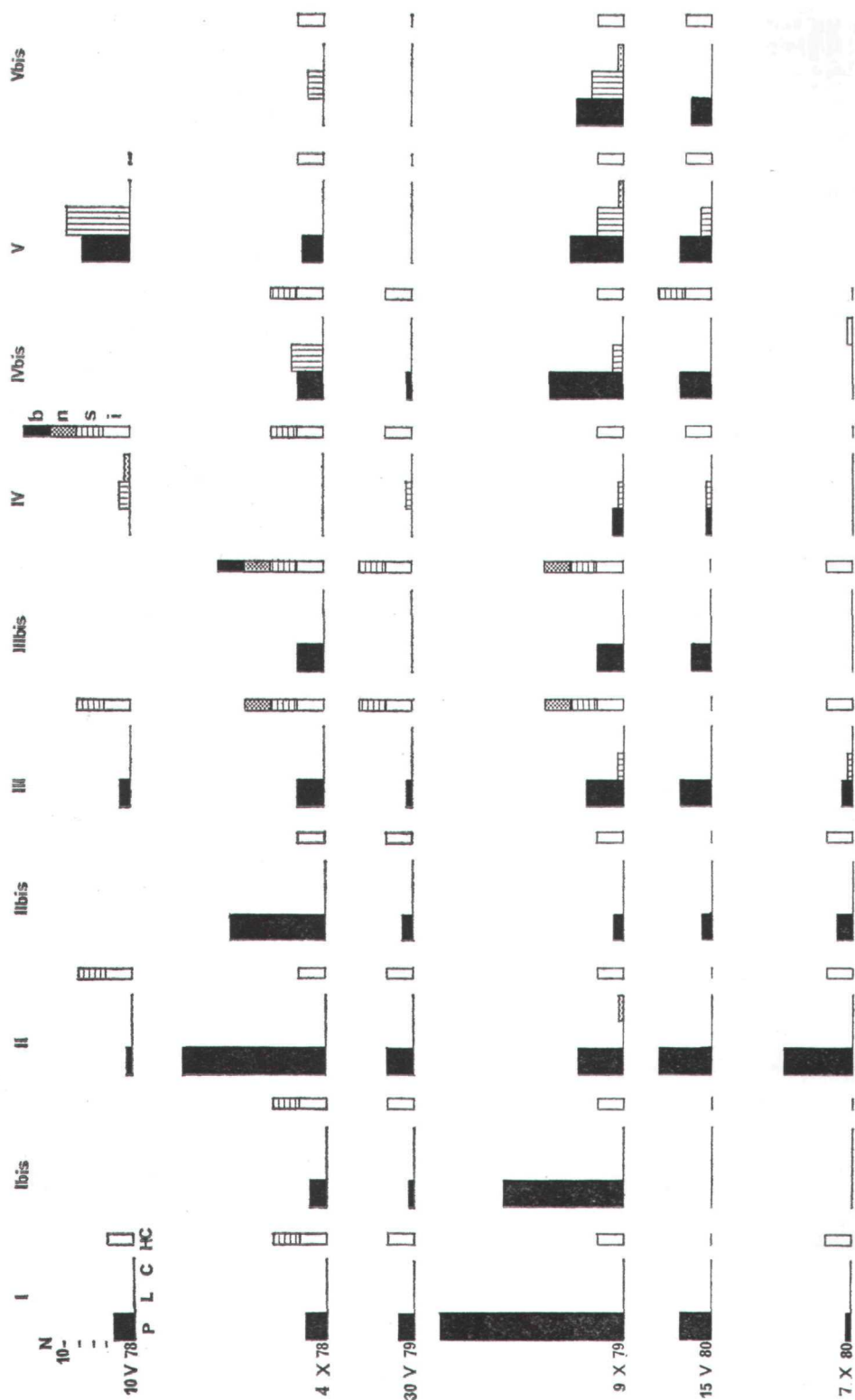
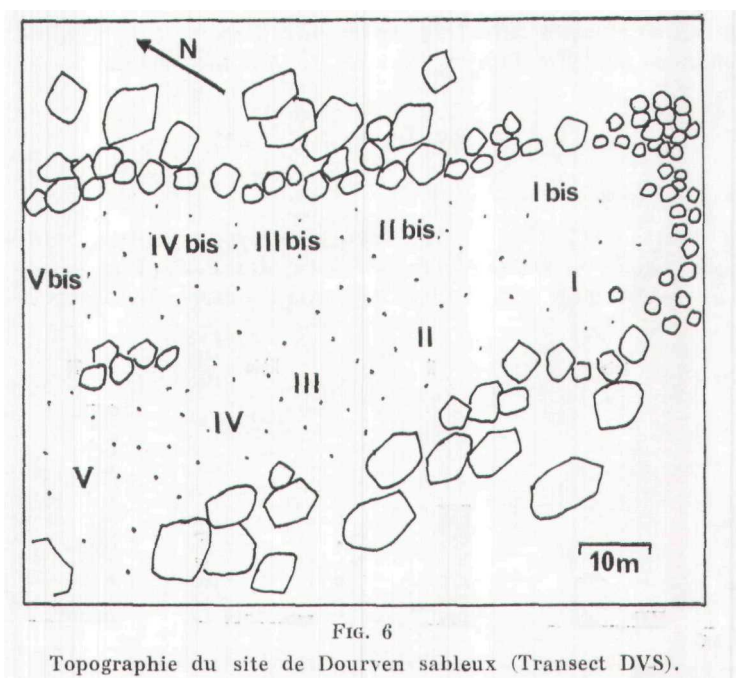


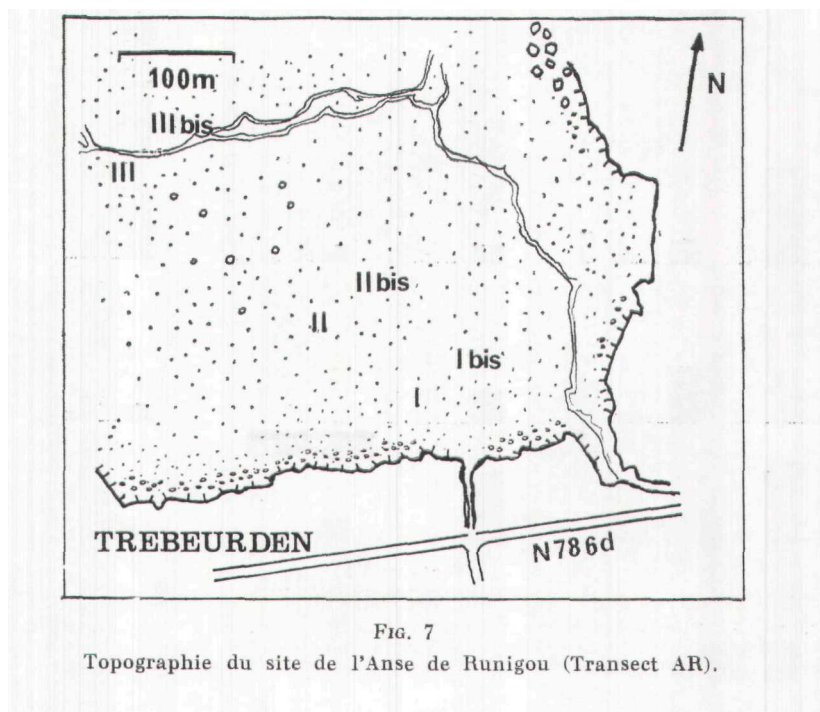
TABLEAU V
Dourven sableux

Nombre (N) d'individus récoltés de 1978 à 1980. Polychètes (P), Lamellibranches (L), Crustacés (C). Aspects de la pollution par le pétrole (HC): mêmes figurés que pour le Tableau II.



La faune montre, un an après la pollution, une réduction qualitative et quantitative spectaculaire (prélèvements de mai 1979). La reconstitution s'effectue ensuite lentement.

Les fluctuations notables que l'on constate peuvent être reliées aussi bien à la présence du pétrole dans les sédiments qu'aux reraa-



niements mécaniques affectant cette zone. Exposé à la houle du large, ce chenal est en effet l'objet d'un important brassage.

V. Anse de Runigou (AR)

1. État du site au 11 mai 1978

Le transect AR (Fig. 7) intéresse une anse abritée, orientée Nord-Ouest, de faciès graveleux puis sableux, descendant en pente douce. Cette anse est parsemée, dans sa partie basse, de quelques blocs

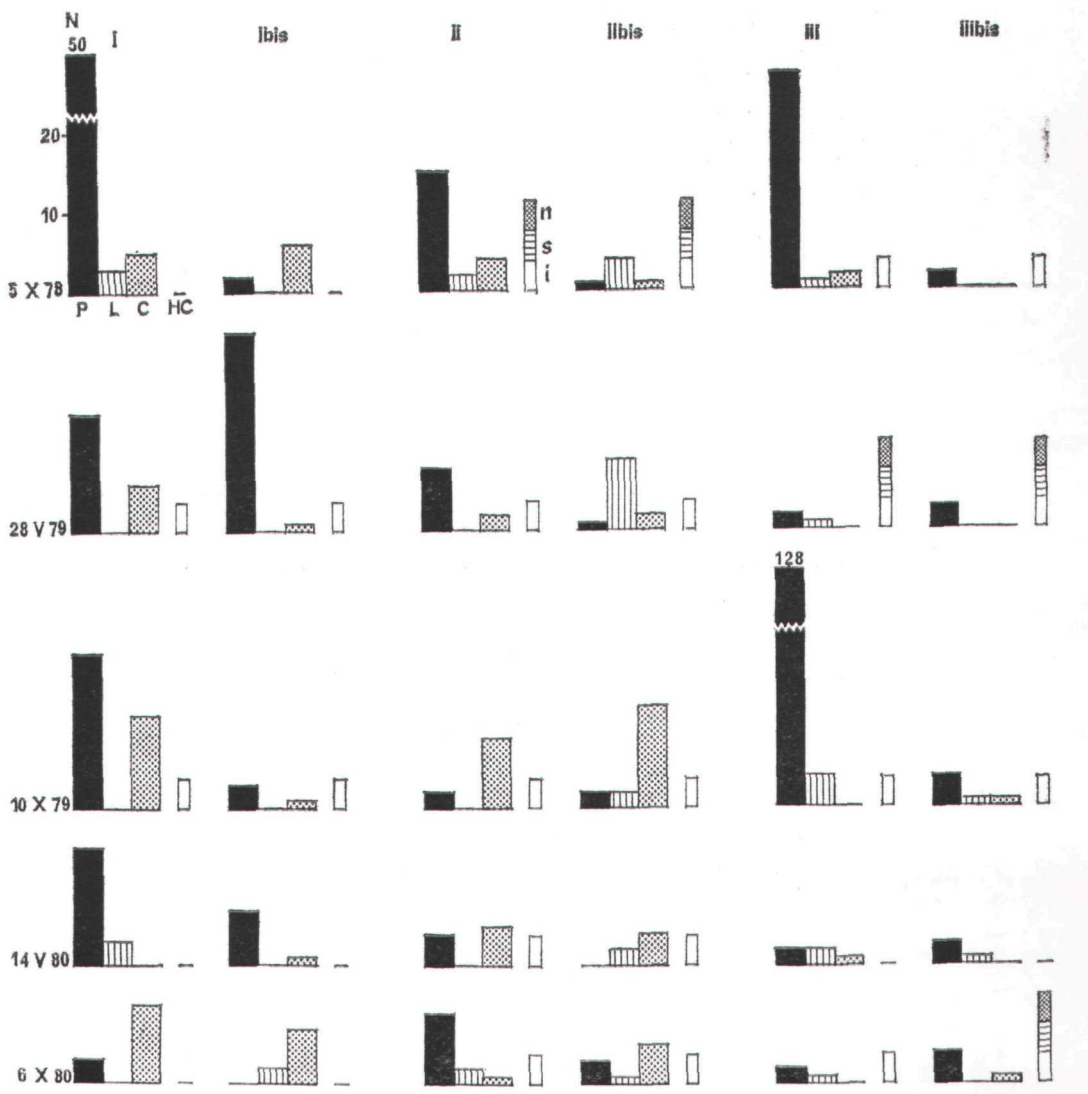


TABLEAU VI
Anse de Runigou
Nombre (X) d'individus récoltés de 1978 à 1980. l'olychètes (F), Lamellibranches (L), Crustacés (C). Aspects de la pollution par le pétrole (HC) : mêmes figures que pour le Tableau II.

isolés. Les hauts de plage constitués au Sud et à l'Est de galets naturels et de blocs rapportés ont été fortement pollués par le pétrole. La partie Est a été nettoyée et polluée à nouveau au gré des arrivages de nappes errantes. Dans cette zone, un relevé de spécimens morts trouvés sur une bande de 300 m de long sur 30 m de large par récolte directe (sans fouille des laisses de mer ni retournement des blocs) a donné le 11 mai 1978, huit *Cancer pagurus* jeunes et 1873 *Carcinus maenas* (carapace de 2 à 4 cm de diamètre).

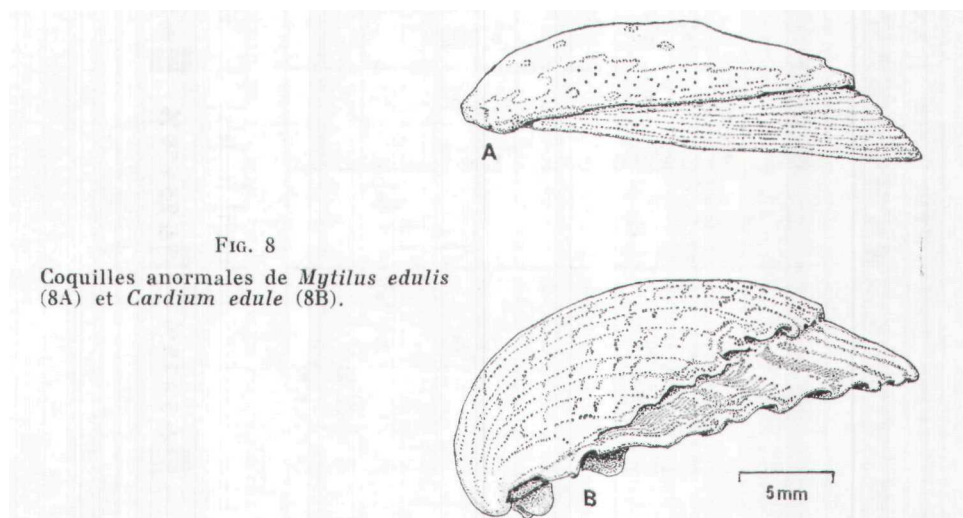


FIG. 8

Coquilles anormales de *Mytilus edulis* (8A) et *Cardium edule* (8B).

De nombreuses traces d'engins lourds (camions, bouteurs, pelles mécaniques) parcourent l'anse. Çà et là, dans la zone Sud, des agglomérats de sable et de pétrole recouvrent le sédiment.

Des prélèvements ont été effectués aux seules stations I et III. Compte tenu de la faiblesse des effectifs récoltés (1 *Cardium edule* ; 1 *Dosinia exoleta* et 1 *Upogebia deltaura* à la station III), les résultats n'ont pas été reportés sur le tableau VI. Au voisinage de la station III, de nombreux *Cardium edule* morts (5 à 6 au m²) sont observés à la surface du sédiment.

2. Évolution du site en 1979 et 1980 (Tableau VI)

En octobre 1978, les stations II et III sont encore polluées par le pétrole. La faune récoltée se compose de Polychètes, de Mollusques Bivalves (*Cardium edule*, *Tellina tenuis* et *Venerupis decussata*) et de quelques jeunes *Carcinus maenas* (diamètre de la carapace d'environ 1 cm).

L'évolution des effectifs dans le temps montre des fluctuations importantes entre le mois d'octobre 1978 et le mois de mai 1979, puis une tendance à la régression (Polychètes et Lamellibranches des Stations I, I bis, III et III bis, *Carcinus maenas* des Stations I, II et II bis). Certains spécimens de *Cardium edule* présentent des anomalies de structure de la coquille (Fig. 8 B). Il ne nous est pas possible d'expliquer ces fluctuations dans la mesure où de profonds remaniements dus aux opérations de nettoyage (étrépage, circulation d'engins lourds) se sont surimposés à l'impact du pétrole.

STATIONS :	I				II				III				IV				VII				X				XII à XVI				XVII				XVIII				XIX				XX				XXI				XXII			
	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	10/78	5/79	10/80	
Ramalina sp.	*																																																			
Xanthoria sp.	*	•	•	•																																																
Pelvetia canaliculata				*																																																
Fucus vesiculosus																																																				
Fucus ceranoides																																																				
Scytosiphon lom.																																																				
Porphyra umbilicalis																																																				
Polysiphonia sp.																																																				
Ulva lactuca																																																				
Enteromorpha sp.																																																				
Cladophora sp.																																																				
Cyanophytes																																																				
Halimione portulacoides																																																				
Salicornia sp.																																																				
Prosobranches																																																				

RECOUVREMENT :

*

couvert de pétrole

•

présence

▧

≤ 5%

▨

de 5 à 25%

▩

de 25 à 50%

▪

de 50 à 75%

■

>75%

RECOUVREMENT : * couvert de pétrole • présence / ≤ 5% ▨ de 5 à 25% ▩ de 25 à 50% ▪ de 50 à 75% ▬ > 75%

TABLEAU VII
Pointe de Runigou

Evolution du site : recouvrement ou nombre d'individus. Certaines stations, soit identiques à leurs voisines (V, VI, VIII, IX, XI), soit dépourvues d'algues (XXIII, XXIV, XXV) n'ont pas été figurées.

VI. Pointe de Runigou (PR)

1. État du site au 9 mai 1978

Le transect PR orienté Est-Ouest (Fig. 1 et 9), intéresse une succession de faciès rocheux et sableux. Seules les stations **I** et **III** (Fig. 10) ont été examinées le 9 mai 1978. Le site est entièrement mazouté, niveau des lichens compris. De très nombreux organismes **morts** parsèment le sol ; les algues sont engluées de mazout et on n'observe pas d'organismes macroscopiques vivants. L'endroit **a** été sillonné par les engins utilisés pour le nettoyage du secteur ; les couches superficielles ont donc été fortement perturbées.

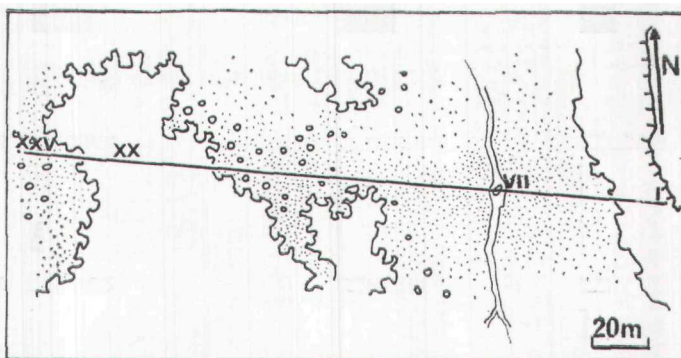


FIG. 9

Topographie du site de la Pointe de Runigou (Transect PR).

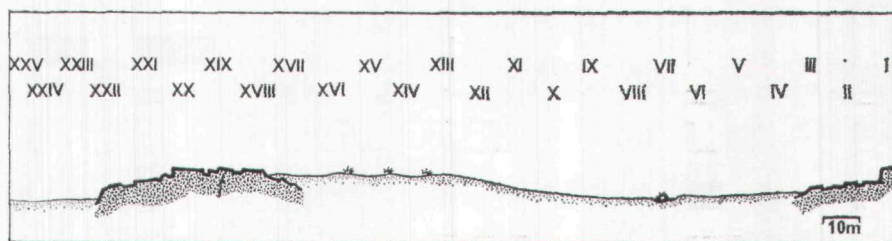


FIG. 10

Profil du transect de la Pointe de Runigou (PR).

2. Évolution du site en 1979 et 1980 (Tableaux VII et VIII)

L'étude de la première partie du transect (Stations I à X) conduit à trois remarques :

- les Entéromorphes se développent de manière considérable en mai 1979, puis disparaissent ;
- en octobre 1980, aucune algue n'a encore recolonisé le site. On note, par contre, une réoccupation des sédiments par les animaux (Polychètes, etc.) ;
- la station **VII**, située dans un petit chenal d'écoulement permanent, héberge des espèces diverses dès octobre 1978.

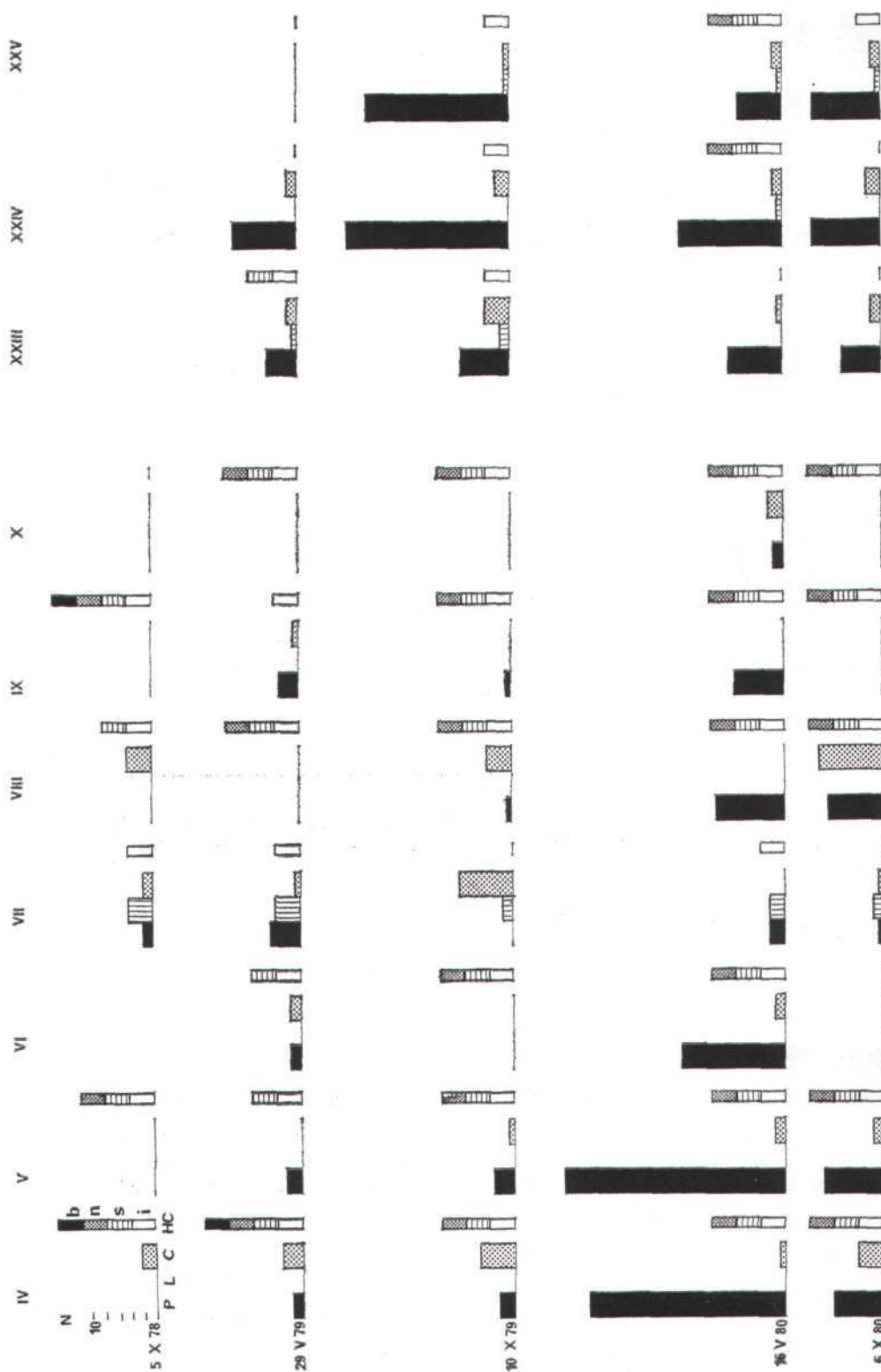


TABLEAU VIII
Pointe de Runigou

Nombre (N) d'individus récoltés de 1978 à 1980. Polychètes (P), Lamellibranches (L), Crustacés (C). Aspects de la pollution par le pétrole (HC) : mêmes figurés que pour le Tableau II. Les stations rocheuses ou sableuses sans organismes n'ont pas été figurées.

La deuxième partie du transect (Stations XII à XVI) montre un léger redémarrage des halophytes qui avaient été entièrement englués dans le pétrole.

Enfin, la troisième partie du transect (Stations XVII à XXV), plus ouverte vers le large, présente une réinstallation et une extension des algues de « niveau » dans les stations XIX et XX (mais pas encore dans les stations XVII et XVIII en octobre 1980). Comme dans la première partie du transect, les Entéromorphes abondent en mai 1979. Elles réapparaissent, en moindre quantité, au printemps suivant. Les Polychètes ne semblent pas affectées par la pollution. Par contre, les Prosobranches sont rares, les *Carcinus maenas* peu nombreux et tous très jeunes (diamètre de la carapace d'environ 1 cm).

Trente mois après la pollution, la partie la plus abritée de la baie est encore très pauvre en organismes. Le sédiment et les fissures de rochers renferment encore de fortes quantités de pétrole. La recolonisation n'est notable que dans les stations nettoyées par un courant d'eau (Station VII) ou situées plus au large (Stations XIX à XXV). Les halophytes, totalement englués par les hydrocarbures, ont cependant résisté, une lente reprise ayant été assurée par les rhizomes.

VII. Marais de Notenno (NO)

Situé à l'Est de la Pointe de Runigou (Fig. 1), ce marais saumâtre, encore recouvert de pétrole en mai 1978, a donné lieu à des investigations (relevés phytosociologiques sur un transect Est-Ouest) qui ont été interrompues. En effet, de nombreuses interventions (apports de matériaux exogènes pour créer des pistes destinées à la circulation d'engins de nettoyage, remodelage, tentatives de réensemencements ou de replantations, etc.) rendaient illusoire un suivi de la restauration naturelle de cette zone du littoral. Nous avons cependant constaté, dès octobre 1978, un début de régénération spontanée à partir des rhizomes, notamment des Joncs et d'*Halimione portulacoides*.

VIII. Essai d'analyse quantifiée des populations de *Patella vulgata* L.

L'ensemble des résultats chiffrés est présenté ci-dessous :

DOURLIN	oct. 78	mai 79	oct. 79	mai 80	oct. 80
Effectif	104	M	58	59	71
Moyenne	21,49	20,62	17,17	17,20	16,14
Ecart-type	8,28	8,72	8,20	7,23	8,16
DOURVEN	oct. 78	mai 79	oct. 79	mai 80	oct. 80
Effectif	284	222	150	232	138
Moyenne	16,97	17,29	17,69	15,31	18,79
Ecart-type	5,89	5,00	7,02	5,95	6,41

1. Dourlin (Fig. 11)

La portion du transect analysée est surtout caractérisée par des rochers couverts de Balanes ; la station la plus basse (retenue pour les Patelles) (XI) se situe à la hauteur des *Fucus vesiculosus*.

Les histogrammes de fréquences évoquent une distribution discrètement bimodale en octobre 1978 et en mai 1979, qu'on ne retrouve plus ensuite. Le second mode se situerait au niveau des classes les plus élevées (36-40, 40-44, 44-48). En mai 1980, aucun individu collecté n'a une coquille de longueur supérieure à 36 mm ; ce n'est qu'en

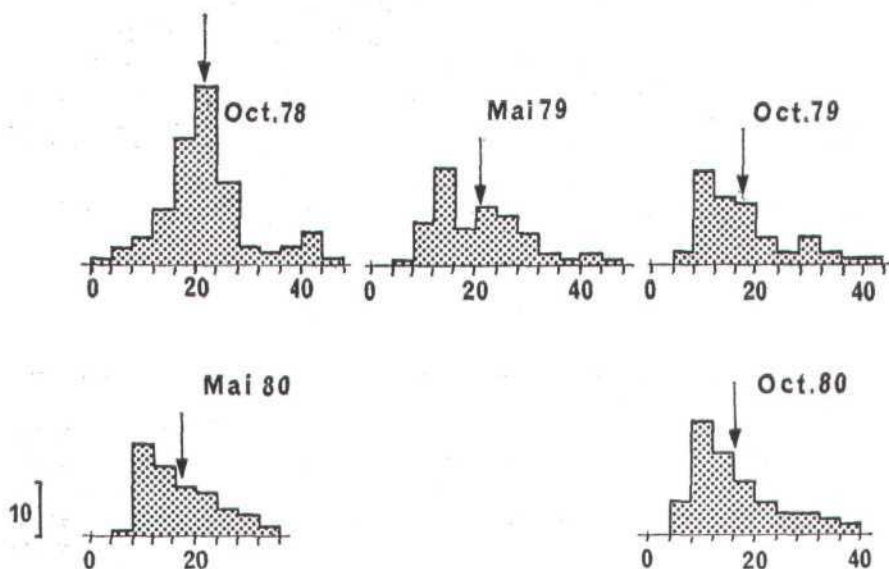


FIG. 11

Patella vulgata L. : Dourlin rocheux (Stations VI à IX). Histogrammes de fréquences (classes de 4 mm). La flèche indique l'emplacement de la moyenne.

octobre 1980 qu'on retrouvera quelques individus (2) de cette taille. A partir d'octobre 1979 une répartition unimodale (plutôt en escalier) met en valeur les classes les plus basses (8-12 mm).

L'analyse des moyennes montre une décroissance de celles-ci d'octobre 1978 (21,5) à octobre 1980 (16,1) ; la différence ne devient cependant significative qu'à partir d'octobre 1979 (comparaison entre mai 1979 et octobre 1979 : $t = 2,27$, significatif avec un risque à 95 p. 100) ; cette tendance s'affirme en octobre 1980 (comparaison entre mai 1979 et octobre 1980 : $t = 3,10$, très significatif avec un risque à 99 p. 100). L'examen des histogrammes fournit les modalités de cet abaissement de la moyenne : d'une part, la disparition des individus de grande taille, d'autre part, l'augmentation des spécimens de petite taille. Rappelons que, dans la Manche, les individus de grande taille mesurent de 41,6 mm (Souplet, 1976) à 45 mm (Choquet, 1968) et même 53 mm (Orton, 1928).

2. Douvren (Fig. 12)

Les histogrammes de fréquences montrent qu'il existe une certaine ressemblance entre les distributions des deux premiers relevés (octobre 1978 et mai 1979) ; on assiste ensuite, d'abord discrètement en octobre 1979 puis très nettement en mai 1980, à l'établissement d'un profil différent (en escalier) : disparition des individus de grande taille (supérieurs à la classe 32-36 mm) et augmentation des spécimens de petite taille (8-12 mm, en particulier). Il semble bien que le prélèvement d'octobre 1980 marque un retour à ce qui a été observé deux ans plus tôt.

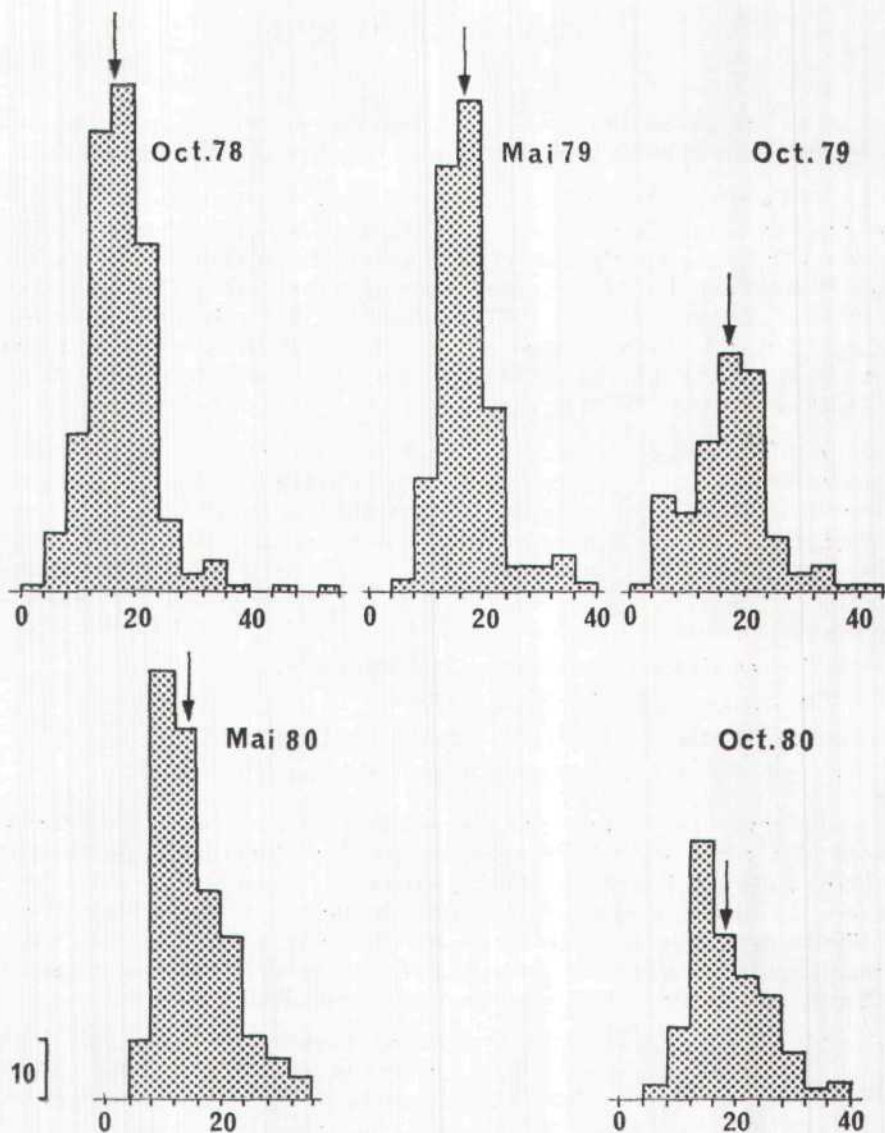


FIG. 12

Patella vulgata L. : Douvren rochers (Stations VI à XIII). Histogrammes de fréquences (classes de 4 mm). La flèche indique l'emplacement de la moyenne.

La comparaison des moyennes révèle une certaine stabilité jusqu'en octobre 1979. On assiste ensuite à une baisse très significative en mai 1980 ($\bar{x} = 3,429$) ; celle-ci s'explique comme précédemment, en particulier par l'abondance des individus de petite taille (la classe 8-12 mm fournit près du tiers de l'effectif du transect). Le mois d'octobre 1980 est marqué par le retour à une valeur élevée de la moyenne (18,8) en progrès significatif ($t = 2,809$) sur la valeur d'octobre 1978 elle-même.

DISCUSSION-CONCLUSIONS

Les études portant sur les pollutions marines par les hydrocarbures sont surtout orientées dans deux directions principales :

a) l'analyse de l'impact immédiat ou à court terme du pétrole et des opérations de nettoyage sur la flore et la faune. Pour les pollutions survenues en Manche et en faisant abstraction des effets sur les Oiseaux ou les Mammifères marins, on notera : Chassé et col. (1967 a), Chassé et col. (1967 b), Smith (1968), Bergerard (1978), Cabioch et col. (1978), Chassé (1978), Chassé et Morvan (1978), Cross et col. (1978), O'Sullivan (1978), Cabioch et col. (1979), Dauvin (1979), Gentil et Cabioch (1979) ;

b) l'analyse, d'une part de l'évolution des teneurs en hydrocarbures de l'eau, des sédiments et des organismes ; d'autre part, de leur toxicité ainsi que celle des traitements *in vitro* et *in vivo* (récemment, Giere, 1980). Il n'est pas possible de rendre compte des nombreuses publications concernant ces questions pour les pollutions pétrolières survenues en Manche. On notera cependant les principaux documents qui en ont traité :

- « Torrey Canyon », Pollution and marine Life (1968) ;
- The Amoco Cadiz Oil Spill (1978) ;
- Amoco Cadiz. Premières observations (1978) ;
- Amoco Cadiz, conséquences d'une pollution (1979).

En revanche, les analyses biocoenothiques à moyen et long terme sont plus rares. Pour la Manche, citons : Southward and Southward (1978) ainsi que Boucher (1980) ; pour la côte atlantique de l'Espagne, Giere (1979) qui se consacre surtout à la méiofaune intertidale. Il est difficile de savoir si cette rareté est due aux difficultés d'un suivi régulier sur le terrain ou au laps de temps encore relativement court (3 ans) qui s'est écoulé depuis le naufrage de l'Amoco Cadiz.

Nous avons, pour notre part, tenté d'inscrire notre travail dans une approche globale des effets des hydrocarbures sur la flore et la faune macroscopiques intertidales. Après des investigations menées de mai 1978 à octobre 1980, pour l'ensemble des transects étudiés, qui ont subi une pollution directe ou indirecte, les faits qui nous paraissent les plus marquants sont les suivants.

1. En ce qui concerne la flore

Enteromorpha : explosion en 1979 suivie d'une régression.

Fucus : disparition dès octobre 1978 suivie ou non de réapparition dans la majorité des relevés. Par contre, trois stations (de trois transects différents) présentent une progression constante : elles sont situées sur des rochers face au large.

Porphura : en mai 1979, explosion localisée à l'anse de Dourven. Régression très rapide.

Lithothamniées : dans les hauts niveaux, régression continue ou disparition. Dans les bas niveaux, progression constante après une légère régression (1979).

2. En ce qui concerne la faune

Balanus — *Chthamalus* : tendance à la réduction (mai 1979 et mai 1980), puis repeuplement rapide.

Mytilus : réduction de la partie haute des moulières. Accroissement de la partie basse.

Tellina : en mai 1979, réduction massive pouvant aller jusqu'à la disparition dans les hauts niveaux. Restauration progressive à partir des bas niveaux dès octobre 1979.

Polychètes : jamais absentes. Prolifération à des moments différents selon les sites (octobre 1978 à mai 1980).

Carcinus : Uniquement des individus de petite taille (diamètre de la carapace d'environ 1 cm).

Patella :

a. Appréciation globale :

disparition dans les hauts niveaux et diminution de la taille moyenne à partir d'octobre 1979.

b. Discussion des résultats de l'analyse quantifiée des populations de *Patella vulgata* L.

Les résultats qu'apportent les deux transects présentent une certaine analogie : baisse des effectifs en octobre 1979 et en octobre 1980 (par rapport à ceux d'octobre 1978), raréfaction (moins nette à Dourven) des spécimens de grande taille et abondance (surtout en mai 1980) des individus de taille réduite.

Le fait que les individus de grande taille ne soient pas remplacés, ou du moins très modestement, s'explique peut-être par la présence des hydrocarbures qui limiterait la croissance ou provoquerait une mort prématurée.

Les larves de Patelles mènent une vie pélagique (Choquet, 1968 et 1969 ; Souplet, 1976) et leur période de fixation se situe au printemps. Il est vraisemblable que peu de larves se soient fixées en mai 1978. Les conditions redevenant plus favorables, leur fixation a pu se réaliser en mai 1979, ce qui expliquerait l'abondance ultérieure des

individus de petite taille (et, par conséquent, l'abaissement de la moyenne). Les histogrammes de fréquences obtenus en octobre 1979 et en mai 1980 sont très voisins de ceux que dressent Southward and Southward (1978), quatre ans après le naufrage du Torrey Canyon.

Les variations des structures de populations sont voisines, alors que seul l'un des deux transects a été directement touché par les nappes de pétrole. L'on peut donc supposer que les modifications observées sont surtout liées à la présence de produits pétroliers dispersés dans l'eau, ce qui augmenterait la mortalité des populations larvaires.

L'aspect du dernier histogramme de chaque transect peut être interprété comme le signe d'un retour progressif à la situation antérieure avec en particulier la réapparition d'individus de grande taille. D'après Southward and Southward (1978), un délai d'une dizaine d'années est nécessaire pour obtenir une restauration complète après pollution et usage de détergents.

Les seuls indices nous permettant de reconstituer la composition hiocénotique initiale des sites étudiés sont fournis par l'inventaire des espèces observées en mai 1978 (organismes morts ou vivants en place) et la connaissance de milieux comparables. Il nous apparaît, comme l'ont noté Southward and Southward (1978), Bergerard (1979) et Boucher (1980), que la période de mortalité massive est suivie d'un repeuplement variable selon les sites et les groupes étudiés. Trois ans après la pollution initiale, des déséquilibres sensibles persistent. Il faut en particulier noter que certaines espèces présentes en mai 1978 ne sont toujours pas réimplantées. Seules, des études sur une plus longue période, intégrant les fluctuations naturelles de populations, permettront d'évaluer les durées et les modalités de la restauration des différents milieux.

Par ailleurs, l'impact des opérations de nettoyage ne doit pas être négligé.

— Sur les faciès rocheux, les détergents n'ont pas été utilisés de manière massive comme ce fut le cas après le naufrage du Torrey Canyon en 1967. Cependant, nous avons pu constater, en mai 1978, que des produits variés étaient employés sans rigueur, eu égard à un éventuel suivi ultérieur de la restauration de la flore et de la faune. Là, les zones **qui** se repeuplent sont celles qui, d'après nos observations, ont été le moins traitées.

— Sur les faciès meubles, les opérations de nettoyage par engins lourds et le creusement de tranchées ne font qu'aggraver la pollution en favorisant la pénétration profonde du pétrole dans les sédiments. Pour les zones de marais, nos observations confirment les conclusions de Gehu et Gehu (1979) qui estiment « que la nocivité des traitements, décapages, remblaiements est évidente... leurs pratiques ont souvent aggravé les destructions inhérentes au seul mazout. »

Nous remercions vivement M. le Professeur J.P. Pinot de l'Université de Nantes ainsi que Mme Pinot pour l'aide qu'ils nous ont aimablement prodiguée à Trébeurden.

Summary

This paper presents a study of the effects on some elements of macroscopic intertidal flora and fauna of Amoco Cadiz oil spill. A survey of a few rocky and sandy sites, either beaten or sheltered, has been carried out from May 1978 till October 1980.

The initial heavy mortality is followed by recolonization depending on species (*Enteromorpha*, *Fucus*, *Porphyra*, *Lithothamnidae*, *Balanus-Chthamalus*, *Polychetae*, *Patella*, *Tellina*, *Mytilus*, *Carcinus*) and places. Two and a half years after the oil spill unbalance remains, locally some species have not yet resettled. Sheltered areas remain polluted and recovery is very slow.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- « Torrey Canyon » Pollution and Marine Life, Smith, J.E., ed. Cambridge University Press, London 1968.
- The Amoco Cadiz Oil Spill. A preliminary scientific report. Hess, ed. NOAA/EPA, special report, avril 1978.
- Amoco Cadiz. Premières observations des conséquences à court terme de la pollution par les hydrocarbures sur l'environnement marin. Journées « Amoco Cadiz », Brest, France, 7 juin 1978. Pub. CNEXO, Actes de Colloques, 6, 1978.
- Amoco Cadiz. Conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures. Colloque international de Brest, 19-22 novembre 1979. Pub. COB, 1979.
- BERGERARD, J., 1978 a. — Editorial. *Cah. Biol. Mar.*, 19, 2, pp. 115-116.
- BERGERARD, J., 1978 b. — Observations préliminaires recueillies dans l'exécution des programmes entrepris par la Station biologique de Roscoff. Pub. CNEXO, Actes de Colloques, 6, pp. 151-158.
- BERGERARD, J., 1979. — Editorial. *Cah. Biol. Mar.*, 21, 1.
- BOUCHER, G., 1980. — Impact of Amoco Cadiz oil spill on the intertidal and sub-littoral meiofauna. *Mar. pollut. Bull.* (sous presse).
- CABIOCH, L., DAUVIN, J.-C. et GENTIL, p., 1978. — Preliminary observations on pollution of the sea bed and disturbance of sub-littoral communities in northern Brittany by oil from the « Amoco Cadiz ». *Mar. pollut. Bull.*, 9, pp. 303-307.
- CABIOCH, L., DAUVIN, J.-C., MORA BERMUDEZ, J. Et RODRIGUEZ BABIO, C., 1979. — Effets de la marée noire de l' « Amoco Cadiz » sur le benthos sublittoral du Nord de la Bretagne, 14^e symp. eur. Biol. mar., septembre 1979. Helgoland wiss. Meeresunters, 33 (sous presse).
- CHASSÉ, C., 1978. — Esquisse d'un bilan écologique provisoire de l'impact de la marée noire de l'Amoco Cadiz sur le littoral. Pub. CNEXO, Actes de Colloques, 6, pp. 116-135.
- CHASSÉ, C., DEROUX, G., GRALL, J.-R., LE FÈVRE, J., L'HARDY, J.-P., L'HARDY-HALOS, M.-TH., PERROT, Y. et VASSEROT, J., 1967 a. — La marée noire sur la côte Nord du Finistère. *Penn ar Bed*, 50 (6), pp. 99-106.
- CHASSÉ, c, L'HARDY-HALOS, M.-TH. et PERROT, Y., 1967 b. — Esquisse d'un bilan des pertes biologiques provoquées par le mazout du « Torrey Canyon » sur le littoral du Trégor. *Penn ar Bed*, 50 (6), pp. 107-112.
- CHASSÉ, c. et MORVAN, D., 1978. — Six mois après la marée noire de l'Amoco Cadiz, bilan provisoire de l'impact écologique. *Penn ar Bed*, 93 (2), pp. 311-338.
- CHOQUET, M., 1968. — Croissance et longévité de *Patella vulgata* L. (Gastéropode Prosobranch) dans le Boulonnais. *Cah. Biol. Mar.*, 9, pp. 449-468.
- CHOQUET, M., 1969. — Contribution à l'étude du cycle biologique et de l'inversion du sexe chez *Patella vulgata* (Mollusque Gastéropode Prosobranch). Th. Doc. Etat Fac. Sci., Lille, 234 pp.
- CROSS, F.A., DAVIS, w.p., HOSS, D.E. et WOLFE, D.A., 1978. — Biological observations. In: The Amoco Cadiz Oil Spill. A preliminary scientific report NOAA/EPA, special report, avril 1978, pp. 197-228.
- DAIVIN, J.-C., 1979. — Impact des hydrocarbures de l' « Amoco Cadiz » sur le peuplement infralittoral des sables fins de la Pierre-Noire (Baie de Morlaix). *J. Rech. Océanogr.*, 4, 1, pp. 28-29.

- GÉHU, J. et GÉHU, J.-M., 1979. — Evolution des prés salés nord-américains sous l'impact de la marée noire. In: Amoco Cadiz. Conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures. Colloque international de Brest, 19-22 novembre 1979. Pub. COB, p. 43.
- GENTIL, F. et CABIOCH, L., 1979. — Premières données sur le benthos de l'Aber VVrac'h (Nord Bretagne) et sur l'impact des hydrocarbures de l' « Amoco Cadiz ». *J. Rech. Océanogr.*, 4, 1, pp. 33-34.
- GIERE, O., 1979. — The impact of oil pollution on intertidal meiofauna. Field studies after the La Coruna-spill, May 1976. *Cah. Biol. Mar.*, 20, pp. 231-251.
- GIFBE, O., 1980. — The impact of crude oil and oil dispersants on the marine Oligochaete *Marionina subterranea*. *Cah. Biol. Mar.*, 21, pp. 51-60.
- ORTON, J.H., 1928. — Observations on *Patella Vulgata*. Part I: Sex-phenomena, breeding and shell growth. Part II: Rate of Growth of shell. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 15, pp. 851-862 et 863-874.
- O'SILLIVAN, A.J., 1978. — The Amoco Cadiz oil spill. *Mar. pollut. Bull.*, 9, pp. 123-128.
- SMITH, J.E., 1968. — « Torrey Canyon » Pollution and marine Life. Cambridge University Press, London, pp. 1-196.
- SOUPLET, A., 1978. — Etude de la croissance et de la longévité de quelques Gastéropodes du littoral de Normandie. *Haliotis*, 7, pp. 88-92.
- SOITHWARD, A.J. and SOUTHWARD, E.C., 1978. — Recolonization of rocky shores in Cornwall after use of toxic dispersant to clean up the Torrey Canyon spill. *J. fish. Res. Board Can.*, 35 (5), pp. 682-706.