

A T T I
DELLA
SOCIETÀ TOSCANA
DI
SCIENZE NATURALI
RESIDENTE IN PISA

MEMORIE - SERIE B
SUPPLEMENTO VOL. LXXXVI - ANNO 1979

ATTI XI CONGRESSO
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA

ORBETELLO 23 - 26 MAGGIO 1979

ARTI GRAFICHE PACINI MARIOTTI - PISA - 1980

La Biologia Marina
e la gestione della Fascia Costiera

INDICE

Gestione delle risorse di pesca nella fascia costiera

| | |
|---|--------|
| Giovanni BOMBACE - La gestione razionale delle risorse nella fascia costiera (<i>Introduzione al tema</i>) | pag. 3 |
| Dino LEVI, M. Gabriella ANDREOLI - Nota metodologica introduttiva sulle indagini esplorative mediante attrezzature a strascico | » 6 |
| Carlo FROGLIA, Giuliano OREL - Considerazioni sulla pesca a strascico nella fascia costiera delle tre miglia in Adriatico | » 17 |
| Arturo BOLOGNARI - Creazione di zone di riposo biologico nei compartimenti marittimi italiani | » 26 |
| Guglielmo CAVALLARO, Fortunato MUNAÒ, Franco ANDALORO, Francesca SOLDANO - La situazione della piccola pesca litorale nello stretto di Messina nel dodicennio 1967-78 | » 30 |
| Giovanni MARANO, Raffaele VACCARELLA, Nicola CASAVOLA, Giovanni BELLO - Pesca e banchi naturali di Lamellibranchi in Terra di Bari | » 34 |

Acque salmastre: biologia e acquacoltura

| | |
|--|------|
| Giuseppe COLOMBO, Irene FERRARI, Victor U. CECCHERELLI, Gianni CAVALLINI, Remigio ROSSI - Fattori idrologici e struttura dei popolamenti planctonici e bentonici della Sacca degli Scardovari | » 41 |
| Giulio RELINI, Eva PISANO - Popolamenti di substrato duro nelle lagune di Orbetello | » 48 |
| Giulio RELINI, Giorgio MATRICARDI - I Cirripedi Toracici delle lagune di Orbetello | » 55 |
| Eva PISANO - Osservazioni sistematico-ecologiche su alcuni Briozoi della laguna di Orbetello | » 58 |
| Giovanni DIVIACCO - Remarks on Crustaceans Amphipods of the Orbetello laggons (Grosseto) | » 62 |
| Giorgio MATRICARDI - Echinodermi della laguna di Orbetello | » 65 |
| Daniele BEDULLI, Elisabetta PERETTI - Recent development of the macrobenthos in a brackish lagoon of the Po river delta | » 69 |
| Attilio SOLAZZI - Il fitoplancton: interazioni tra acque costiere e acque salmastre | » 73 |
| Francesco CINELLI - Possibilità di reale sfruttamento dei vegetali marini delle coste italiane | » 77 |
| Gianni CAVALLINI, Francesco PAESANTI - Nota sul ciclo annuale delle caratteristiche idrologiche e della concentrazione in Clorofilla-A fitoplanctonica della Sacca degli Scardovari (Delta del Po) | » 80 |
| Claudio TOLOMIO, Mara MARZOCCHI, Attilio SOLAZZI, Fabio CAVOLO, Clara SALAFIA - Popolamenti fitoplanctonici in una stazione antistante il delta del Po | » 83 |
| Claudio TOLOMIO, Fabio CAVOLO, Paolo FAVERO, Mara MARZOCCHI, Attilio SOLAZZI - Delta del Po. II. Ricerche fitoplanctoniche e idrologiche nella Sacca del Canarin (nov. 1977 - ott. 1978) | » 84 |
| Maria Grazia MAZZOCCHI, Irene FERRARI - Variazioni a lungo e a breve termine dello zooplancton nella Sacca del Canarin (Delta del Po) | » 85 |

| | |
|---|-------|
| Serena FONDA UMANI, Mario SPECCHI - Dati quantitativi sullo zooplancton raccolto presso le due bocche principali della laguna di Grado (Alto Adriatico) | » 89 |
| Costanzo M. DE ANGELIS - Situazione e prospettive dell'acquacoltura lungo le coste della Toscana | » 94 |
| Mario GIANNINI, Roberto VITALI, Gilberto GANDOLFI - Studio quantitativo sul popolamento ittico di un ambiente salmastro del delta del fiume Po (Sacca del Canarin) | » 100 |
| Anna R. CHIEREGATO, Ireneo FERRARI, Remigio ROSSI - Il regime alimentare degli stadi giovanili di orata, branzino, botolo e lotregano nella Sacca di Scardovari | » 104 |
| Claudio COSTA, Roberto MINERVINI - Le specie ittiche del lago di Sabaudia di prevalente interesse economico. Nota I. Una metodica per l'allevamento intensivo di <i>Dicentrarchus labrax</i> (L.) e <i>Diplodus sargus</i> (L.) | » 108 |
| Lia PAGGI, Paola ORECCHIA, Gabriella CANCRINI, Nicola CATALINI, Roberto MINERVINI - Le specie ittiche del lago di Sabaudia di prevalente interesse economico. Nota II. Osservazioni parassitologiche | » 112 |
| Febbo LUMARE - Studio comparativo di metodologie di riproduzione indotta in <i>Penaeus kerathurus</i> Forskäl 1775 (Decapoda, Natantia) | » 114 |
| Giovanni PALMEGIANO, Marco G. SAROGLIA - Utilizzazione di scarichi termici in crostaceicoltura. Rapporto tra tasso di accrescimento e « carrying capacity » | » 123 |
| Paolo BREBER, Giovanni B. PALMEGIANO - Uova di <i>Sepia officinalis</i> seminate nella laguna di Lesina a scopo di pesca: prime esperienze | » 127 |
| Victor U. CECCHERELLI, Aurora PRATI, Vittorio GAIANI - Note sull'accrescimento e la produzione di <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamk in un banco naturale della Sacca di Scardovari | » 134 |
| Corrado PICCINETTI, Gabriella PICCINETTI MANFRIN - La pialassa ravenate: ambiente vallivo da risanare | » 138 |

Inquinamento costiero: fonti, natura ed effetti

| | |
|---|-------|
| Joseph BERGERARD - Consequences ecologiques de la pollution pétrolière due au naufrage de l'« Amoco Cadiz » sur les côtes de Bretagne | » 143 |
| Dan MANOLELI - Des modifications survenues ces 30 dernières années dans la composition de la faune benthique du littoral roumain (Mer Noire) | » 152 |
| Anna M. BONVICINI PAGLIAI, Roberto CREMA, Edmondo IOANNILLI, Mauro BERTONATI, Romeo CIRONI, Roberto VITALI - Caratteristiche strutturali del macrobenthos della fascia infralitorale antistante la centrale di Torre Valdaliga (Civitavecchia) | » 160 |
| Edmondo IOANNILLI, Roberto CREMA, Anna M. BONVICINI PAGLIAI, Mauro BERTONATI, Romeo CIRONI, Roberto VITALI - Qualità dell'acqua e comunità fitoplanctoniche in rapporto allo scarico termico della centrale termoelettrica di Torre Valdaliga (Civitavecchia) | » 168 |
| Roberto CREMA, Edmondo IOANNILLI, Anna M. BONVICINI PAGLIAI, Mauro BERTONATI, Romeo CIRONI, Roberto VITALI - Chimica fisica delle acque e produttività primaria nel tratto di mare antistante la centrale termoelettrica di Piombino | » 182 |
| Mario INNAMORATI, Adriana BOCHICCHIO, Roberto GABBRIELLI, Carlo LENZI GRILLINI - Effetti dell'incremento termico artificiale nel mare di Torre del Sale (Golfo di Follonica). Primi risultati | » 190 |

| | |
|--|-------|
| Romano FERRARA, Alfredo SERITTI, Stefano DE RANIERI, Antonio PETRO- SINO, Giovanni DEL CARRATORE, Maurizio TORTI - Distribuzione dei metalli pesanti nelle acque costiere della Toscana Settentrionale . | » 199 |
| Enzo ORLANDO, Marina MAURI - Esperienze in laboratorio sull'accumulo di manganese in <i>Donax trunculus</i> L. (Bivalvia) | » 204 |
| Marina MAURI - Incorporazione del manganese e del ferro nella conchi- glia di <i>Donax trunculus</i> L. (Bivalvia) | » 211 |
| Cristina NASCI, Valentino U. FOSSATO - Studio sulla fisiologia dei miti- li e sulla loro capacità di accumulare idrocarburi e idrocarburi clo- rati | » 216 |
| Giancarlo FAVA, Eugenio CROTTI - Effetto paradossoso di un detersivo a base di LAS in <i>Tisbe holothuriae</i> Humes (Copepoda Harpacticoida) . | » 219 |
| Angelo STRUSI, Pietro PANETTA, Raffaele SERIO - Correlazione tra le ca- riche batteriche ed i nutrienti nei mari di Taranto | » 223 |

Conoscenza e promozione dell'ambiente costiero

| | |
|---|-------|
| Robert B. CLARK - Monitoring change in the marine environment | » 229 |
| Michele SARA' - Il ruolo dei Poriferi nell'ecosistema marino litorale . . | » 248 |
| Patrizia CASALI, Gabriella MANFRIN, Anna Rosa SCARANI, Nadia TEGAC- CIA - Dati preliminari sull'ecologia di una zona costiera dell'Adriatico . | » 254 |
| Silvano RIGGIO, Giovanni DI PISA - Indagini preliminari sui patterns di insediamento dei popolamenti bentonici nel porto di Palermo . . . | » 258 |
| Anna M. COGNETTI VARRIALE - Su due Policheti Owenidi di sabbie infra- litorali del golfo di Follonica | » 263 |
| Riccardo CATTANEO, Sebastiano GERACI - Il popolamento a Briozoi (Chei- lostomata) della prateria a <i>Posidonia</i> di Procchio (Isola d'Elba) . . | » 268 |
| Mario INNAMORATI, Marta DE POL SIGNORINI - Spettri della radiazione visibile sottomarina nel Mar Ligure | » 269 |
| Carlo LENZI GRILLINI, Ferdinando BUDINI GATTAI - Comunità fitoplanc- toniche del porto di Livorno e delle acque costiere antistanti | » 273 |
| Armando BATTIATO, Mario CORMACI, Giovanni FURNARI, Blasco SCAM- MACCA - Osservazioni preliminari sulla zonazione dei popolamenti fitobentonici di substrato duro della penisola della Maddalena (Si- racusa) | » 278 |
| Raffaele OLIVOTTI - Rimozione di alcuni metalli pesanti dalle acque re- sidue urbane mediante consueti trattamenti di depurazione | » 279 |
| Giuseppe COGNETTI - Prospettive per una migliore tutela delle acque do- po l'approvazione della legge del 24 dicembre 1979 n° 650 | » 291 |
| Luigi BOITANI, G. Domenico ARDIZZONE - Interventi locali e ap- proccio integrato in una strategia di conservazione del Mediterraneo . | » 294 |

Insedimenti su substrati duri artificiali

| | |
|--|-------|
| Alvise BARBARO, Mario CHIEPPA, Antonia FRANCESCON, Giulio RELINI, Angelo TURSI - Le repliche nello studio del fouling | » 301 |
| Carla MORRI - Remarques sur les Hydraires vivants dans les salissures biologiques de quelques centrales thermo-électriques côtières ita- liennes | » 305 |
| Giulio RELINI, Carlo N. BIANCHI - Prime osservazioni sul fouling della centrale termoelettrica di Torvaldaliga (Civitavecchia) | » 308 |
| Giovanni DIVIACCO - Amphipods of fouling in the conduits of the electric power station of Torvaldaliga (Civitavecchia) | » 312 |

| | |
|--|-------|
| Carlo N. BIANCHI - Note préliminaire sur les Polychètes Serpuloidea (Annélides) de substrats artificiels immergés dans le Golfe de Gènes | » 316 |
| Eva PISANO - Osservazioni preliminari sui Briozoi di substrati artificiali immersi nel piano infralitorale del promontorio di Portofino (Mar Ligure) | » 320 |

Attività subacquee e loro ruolo nella ricerca biologica in mare

| | |
|--|-------|
| Eugenio FRESI - Attività subacquee e loro ruolo nella ricerca biologica marina | » 325 |
| Francesco CINELLI, Eugenio FRESI - Contributo alla valutazione dell'effettiva incidenza della pesca subacquea sul patrimonio biologico delle acque costiere italiane | » 330 |
| Paolo COLANTONI - Problemi legali e amministrativi dell'immersione scientifica | » 339 |

Varia

| | |
|--|-------|
| Lodovico GALLENi, Ursula SALGHETTI, Paolo TONGIORGI - Ricerche sui predatori dei mitili. La progressione della predazione nel policlade <i>Stylochus mediterraneus</i> | » 349 |
| Patrizia NARDI, Marco NIGRO, Paolo TONGIORGI - Ricerche sui predatori dei mitili. Il gasteropode perforatore <i>Ocinebrina edwardsii</i> | » 353 |
| Paolo M. BISOL, Vittorio VAROTTO, Bruno BATTAGLIA - Variabilità genetica di tre popolazioni del copepode arpacticolide <i>Tisbe bulbisetosa</i> | » 357 |
| Massimiliano CERVELLI, Giancarlo FAVA - Variabilità genetica in <i>Tisbe bulbisetosa</i> (Copepoda, Harpacticoida) di tre lagune adriatiche | » 360 |
| Milena MARINI, Ivan BENEDETTI - Considerazioni sulla variabilità di alcuni sistemi di neuroni in Teleostei appartenenti alla stessa famiglia | » 363 |
| Anna M. BOLOGNANI FANTIN, ENZO OTTAVIANI, Lorenzo BOLOGNANI, Antonella FRANCHINI, Massimo MASSERINI - Studio istofunzionale dell'apparato digerente di <i>Murex brandaris</i> e <i>Murex trunculus</i> | » 366 |
| Gilberto GANDOLFI, Remigio ROSSI, Paolo TONGIORGI, Paolo VILLANI - Osservazioni sulla montata delle ceche (<i>Anguilla anguilla</i> L.) alla foce dell'Arno (ottobre 1978 - maggio 1979) | » 370 |
| Maurizio WURTZ - I cefalopodi raccolti nel Mar Ligure durante la campagna di pesca batiale 1977-78 | » 374 |
| Stefano DE RANIERI - La maturità sessuale nelle femmine di <i>Mullus barbatus</i> L. nell'Alto Tirreno | » 378 |
| Giorgio FANCIULLI, Lidia RELINI ORSI - Biologia di <i>Phycis blennioides</i> Brunn. 2. Rapporto sessi e osservazioni sulla maturità sessuale | » 383 |
| Marino VACCHI, Lidia RELINI ORSI - Alimentazione di <i>Chimaera monstrosa</i> L. sui fondi batiali liguri | » 388 |
| Silvano FOCARDI, Lucia FALCIAI, Cristina GAMBÌ, Valeriano SPADINI - Alimentazione di <i>Mullus barbatus</i> nel Mar Tirreno | » 392 |
| Laura ROTTINI SANDRINI - Valutazione statistica della variabilità intraspecifica in tre popolazioni mediterranee di <i>Muggiaea kochi</i> Will (Siphonophora, Calycothorae) | » 396 |
| Salvatore CACCAMESE, Roberto AZZOLINA, Mario CORMACI, Giovanni FURNARI - Attività antimicrobica in alcune alghe della costa orientale della Sicilia | » 397 |
| Stellario CREAZZO - Nota sulla distribuzione delle correnti di gradiente nel basso Tirreno | » 398 |

INQUINAMENTO COSTIERO:
FONTI, NATURA ED EFFETTI

J. BERGERARD

CONSEQUENCES ECOLOGIQUES DE LA POLLUTION PETROLIERE DUE AU NAUFRAGE DE L'« AMOCO CADIZ » SUR LES CÔTES DE BRETAGNE

Riassunto — *Conseguenze ecologiche dell'inquinamento da petrolio, in seguito al naufragio dell'« Amoco Cadiz » sulle coste della Bretagna.* Nelle prime tre settimane dopo il naufragio dell'« Amoco Cadiz » tutto il carico (230.000 t) ha contaminato gravemente circa 350 Km di costa fra Le Conquet e l'isola di Bréhat. La morte degli organismi è stata causata principalmente dalla tossicità della frazione volatile aromatica che, peraltro, evaporò rapidamente in grande quantità. La sensibilità al petrolio degli organismi marini è risultata molto eterogenea (massima per gli anfipodi, mentre gli anellidi hanno presentato una certa resistenza). La ricostituzione delle popolazioni delle specie colpite dipende essenzialmente dalle caratteristiche riproduttive delle stesse, dalle fasi larvali e anche dalla disponibilità delle riserve per la ricolonizzazione. Altri effetti a lungo termine derivano dall'accumulo di frazioni pesanti nelle aree più riparate, dove è stata rilevata una rottura dell'equilibrio biologico in favore delle specie opportuniste.

Abstract — During the first weeks after the supertanker « Amoco Cadiz » was wrecked, the entire cargo (230.000 tons) polluted heavily about 350 km of coastline, between Le Conquet and the Isle of Bréhat.

The mortalities were mostly due to the toxicity of the light aromatic fraction which, on the other hand, evaporated in large amounts. The sensitivity to oil of the different groups of marine animals appeared to be very unequal, the most affected being the Amphipods, whereas the Annelids resisted fairly well.

The recovery of the populations of the affected species depends mainly on the characteristics of their reproduction and larval life and also on the distance or proximity of reserves for recolonisation. Other long term effects are induced by the accumulation of weathered heavy fractions of the oil in the most sheltered areas, where a break of equilibrium in favour of opportunistic species has been noticed.

Key words — Oil pollution, opportunistic species.

Les côtes Nord de la Bretagne ont connu successivement deux pollutions dues à des accidents de pétroliers, dans des conditions très différentes. En 1967, le « Torrey-Canyon » fait naufrage à l'extrême Ouest de la Cornouaille anglaise et les nappes de pétrole ne parviennent à la côte française qu'après un long voyage (3 semaines) à la surface de la mer; c'est donc un pétrole débarrassé de ses fractions légères, très largement émulsionné dans l'eau de mer qui empâte les rochers et les plages sur une longueur de côte de 150 Km environ. Le nettoyage pratiqué localement à grand renfort de détergents plus toxiques que le pétrole lui-même, provoque une mortalité de la faune pratiquement totale sur des régions très limitées de la côte qui mettront plusieurs années à se repeupler.

En mars 1978, l'« Amoco Cadiz » échoue sur la côte Nord de la Bretagne, le pétrole atteint les rochers et les plages dès le premier jour au voisinage de l'épave (Portsall), et la pollution atteint son maximum d'extension (350 Km de côte) dans les 10 premiers jours. C'est donc un pétrole fluide, contenant encore ses fractions légères et réparti en nappes épaisses, qu'il faudra combattre et dont on pourra constater les effets sur la faune et la flore.

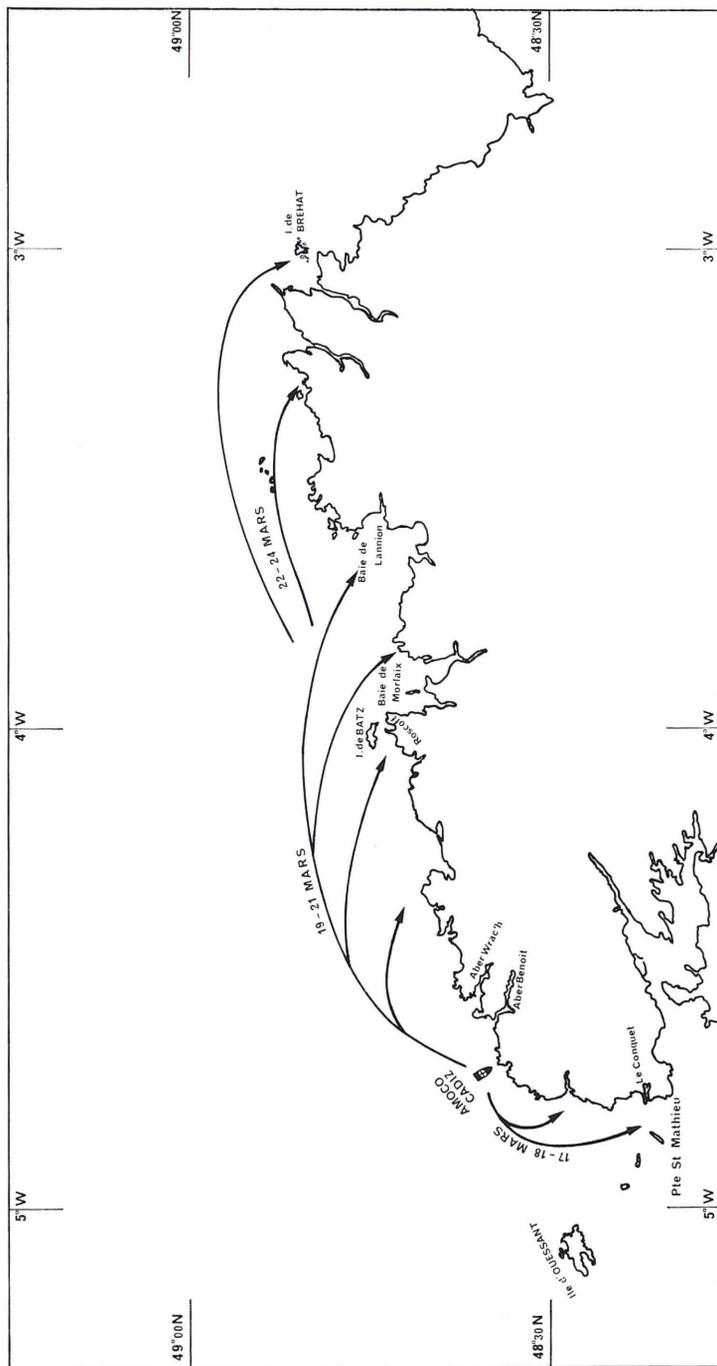
D'autre part, la Station Biologique de Roscoff dont le territoire habituel de prospection, marqué, par exemple, par les limites de notre Inventaire Faunistique et Floristique (de Portsall à l'Ouest aux Sept Iles à l'Est) n'avait été affecté que pour une faible fraction de sa zone ouest par la première catastrophe, est cette fois située au centre même de la région polluée. Cette situation nous a donné dès le départ un rôle tristement privilégié dans l'observation d'un phénomène d'une importance inégalée jusqu'ici puisque, dans l'espace de deux semaines environ, la totalité du chargement du pétrolier (230.000 tonnes) va se répandre et se disperser à la surface de la mer.

ROLE DES VENTS - MOUVEMENT DES NAPPES ET REPARTITION DU PETROLE A LA CÔTE ET SUR LE FOND

Le régime des vents est bien connu pour être le facteur principal déterminant la progression des nappes qui dérivent avec une vitesse d'environ 3 à 4% de celle du vent. Dans le cas de l'« Amoco Cadiz » des vents violents, d'abord du Nord-Est, passant rapidement au Sud-Ouest, puis au Nord-Ouest (fig. 1) permettaient une extension très rapide de la pollution dès la première semaine. Le site même de Roscoff était atteint dès le 20 Mars (nauffrage survenu le 16 Mars à 23 h.).

Par la suite, les vents soufflant alternativement de l'Ouest puis de l'Est, devaient surtout entraîner la circulation des nappes d'un point à un autre de la zone déjà polluée et permettre une légère extension de la pollution vers l'Est comme vers l'Ouest. Une partie des nappes fut d'ailleurs entraînée plus au large et traitée par des dispersants. Ce régime alternatif de vent, la plupart du temps violents, explique à la fois la généralité de la pollution dans la zone atteinte, mais aussi l'évaporation très rapide des éléments légers du pétrole, hydrocarbures aromatiques très toxiques, qui n'auront donc qu'une action très limitée dans le temps, sur la faune et la flore.

Enfin, les observations ont montré qu'une partie très importante du pétrole s'est trouvée adsorbée sur des particules argileuses en suspension,



Les zones massivement polluées sont réparties entre Le Conquet et Bréhat; elles ont été principalement atteintes lors de la dérive initiale en mars 1978. Les fonds sublittoraux les plus pollués sont situés dans les Abers, la Baie de Morlaix et la baie de Lannion.

qui sédimentent après les tempêtes, circulent sur le fond au gré des courants de marée et viennent s'accumuler dans les zones à faible hydrodynamisme. C'est ainsi que des zones non atteintes par les nappes de surface, par exemple les parcs ostréicoles du fond de la Baie de Morlaix, ont pu se trouver secondairement lourdement polluées.

PROGRAMME D'ÉTUDE DE LA POLLUTION

Dès les premiers jours suivant la catastrophe, le Ministère français de l'Environnement chargeait le Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) de mettre en oeuvre avec la participation de tous les organismes de recherche compétents, un programme d'étude qui se poursuit encore actuellement. Parallèlement, un deuxième programme était mis en oeuvre conjointement par le CNEXO et la NOAA américaine. Notre Laboratoire, de par sa situation géographique et grâce à sa connaissance antérieure de la faune et de la flore locales, y a largement participé. On trouvera dans la bibliographie succincte de cet article les références d'ensemble des travaux effectués dans le cadre de ces programmes actuellement publiés. Ils concernent à la fois la zone de balancement des marées et la zone subtidale et associent d'une part des observations qualitatives effectuées sur une très large échelle et, d'autre part, des observations quantitatives beaucoup plus ponctuelles, qui sont souvent la poursuite de travaux écologiques entrepris bien avant la pollution et pour lesquelles nous disposons donc de bases de départ très solides.

CONSEQUENCES IMMÉDIATES SUR LA FAUNE ET SUR LA FLORE

Il est souvent difficile au cours des premiers jours d'une telle catastrophe de se rendre compte de l'impact réel sur les êtres vivants mis brusquement au contact de cette pollution. Vu l'amplitude des marées dans notre région, atteignant plus de 9 m de dénivellation verticale entre haute mer et basse mer, en période de vive eau, le pétrole déposé sur l'estran à marée descendante se trouve repris et remis en circulation à la marée montante suivante, mais entre temps, une partie s'est imprégnée dans le sable ou la vase des sédiments. D'autre part, les niveaux les plus élevés de la zone de balancement des marées qui ne sont immergés que peu de temps et seulement en vive eau, conservent le pétrole beaucoup plus longtemps et les organismes qui y vivent vont donc être souvent définitivement englueés et tués par une action à la fois physique et toxique.

Des mortalités très spectaculaires ont été observées en quelques points

de la côte dès les premiers jours. Par exemple sur la grève de St Efflam-St Michel en Grève, on a pu estimer à plusieurs millions les tests d'Oursins des sables: *Echinocardium cordatum* rejetés en laisse de marée, continue, qui contenait également de nombreuses coquilles de Coudeaux, *Pharus legumen*. Des mortalités très spectaculaires également ont pu être notées au voisinage immédiat de l'épave, ou dans les Abers Wrac'h et Benoît. Comme dans chaque accident pétrolier, il faut naturellement déplorer la mort de nombreux oiseaux de mer.

Mais dans l'ensemble, on peut remarquer que dans la zone intertidale, une fois passée la pollution massive, c'est-à-dire au bout de quelques mois, on ne pouvait pas trouver, comme cela avait été le cas après le nettoyage du pétrole issu du « Torrey Canyon », de place vide de tout être vivant. Ce fait important est probablement dû à ce que le nettoyage des plages, comme celui des rochers, a été essentiellement poursuivi par des moyens naturels (lavage) avec intervention minimum de détergents. On assiste de plus à des variations extrêmes d'impact, d'un point à un autre - dues à de nombreuses causes dont certaines ont déjà été évoquées:

1. Moment de la première pollution; le pétrole vieilli de quelques jours est beaucoup moins toxique; ce moment dépend en grande partie de l'orientation géographique de la côte;
2. Zonation de marées. Les zones élevées ont été davantage éprouvées;
3. Zones calmes, également plus éprouvées;
4. Enfin, les différents groupes animaux se sont montrés inégalement sensibles aux effets du pétrole.

Ainsi, dans un ordre de sensibilité décroissante, peut on citer les petits crustacés, Amphipodes, Isopodes (surtout les fousseurs) puis les Mollusques lamelibranches, les Oursins des sables, les Mollusques gastéropodes, cependant que les Annélides Polychètes ou les Synaptés se montraient particulièrement résistantes.

Cet ordre de sensibilité des divers groupes animaux se retrouve également dans les études quantitatives plus ponctuelles menées par exemple par DAUVIN (1979) dans les sables fins subtidaux (—19 m) de la Pierre Noire à l'entrée de la Baie de Morlaix.

Alors que des 6 espèces d'*Ampelisca* (Amphipodes fousseurs) présentes avant la catastrophe ne subsistaient qu'une seule espèce, le nombre des espèces de Mollusques présentes dans les mêmes sédiments montrait seulement une réduction de 25%, et celui des Annélides ne manifestait aucun fléchissement. Parlant de densité, celle des *Ampelisca* passait en

quelques jours de plusieurs milliers d'individus au mètre carré à moins d'une dizaine, affectant gravement la biomasse, dont les *Ampelisca* formaient, avant la pollution, environ la moitié.

La méiofaune a également été suivie en particulier par G. BOUCHER, aussi bien dans des sites de la zone intertidale que dans les sédiments de la Pierre Noire. Les Nématodes qui en constituent les peuplements principaux n'ont guère été affectés dans un premier temps, alors que les Copépodes harpacticoïdes montraient une sensibilité beaucoup plus grande.

Les Algues (*Fucus*, Laminaires, etc...) bien que très souvent engluées de pétrole dans les premiers jours, ont également bien surmonté le choc. De véritables mortalités n'ont guère été notées que dans les niveaux élevés (*Pelvetia*) et pour les Lichens de la zone supratidale.

RECONSTITUTION DES POPULATIONS

Après les mortalités intervenues dans les premiers temps de la pollution, l'intérêt est naturellement d'étudier le retour à la situation normale. Ici encore, plusieurs considérations sont nécessaires pour comprendre la dynamique des phénomènes. Malgré une évolution rapide de la toxicité du pétrole déjà signalée, les différents sites se sont trouvés dans une situation résiduelle différente et en perpétuelle évolution.

Très grossièrement, les sites ont été d'autant plus vite nettoyés naturellement qu'ils se trouvent plus bas dans l'étagement des zones de marées, en même temps que les zones rocheuses étaient nettoyées également beaucoup plus rapidement que les zones de sédiments, parmi lesquels les plus conservateurs du pétrole sont les sédiments les plus fins.

La reconstitution ne pouvant commencer que lorsque la pollution a disparu, il faut donc s'attendre à des situations très diverses. Il faut également tenir compte des caractéristiques de reproduction de chaque espèce: existence de larves pélagiques ou reproduction sur place, existence également pour la plupart des espèces d'une période relativement courte de reproduction annuelle qui dans de nombreux cas coïncide avec le printemps, c'est-à-dire les mois de Mars, Avril, Mai qui ont été les mois de pollution en 1978.

Quelques exemples peuvent faire comprendre le type de variations auquel nous assistons.

α) Les Spirorbes (*Spirorbis spirorbis*), Annélides Tubicoles, qui vivent fixées sur les *Fucus* dans la zone de mi-marée ont vu dans le chenal de l'île Verte, devant le Laboratoire, leur croissance et leur reproduction stoppées pendant 3 semaines environ et ont subi une mortalité de 50%.

Mais dans ce milieu rocheux, lavé par la mer à chaque marée, moins d'un mois après la pollution la croissance et la reproduction ont repris, et l'espèce pondant régulièrement entre février et octobre, les populations se sont rapidement reconstituées.

β) *Convoluta roscoffensis*, Turbellarié vivant en très grande abondance dans les hauts de plage humides, semblait avoir complètement disparu. Les premières populations denses n'ont reparu à Roscoff (fond de l'Aber) qu'en novembre 1978.

γ) Les populations de *Corophium*, Amphipode fouisseur, ont mis encore plus longtemps, puisque ce n'est qu'au cours de l'été 1979 que leur reconstitution, également dans le fond de l'Aber de Roscoff, a pu être observée.

De même, les populations d'*Ampelisca* suivies par DAUVIN (1979), dans les sables subtidiaux de la Pierre Noire, après 18 mois, ne font qu'amorcer très timidement une reconstitution. Une espèce sur les 5 disparues a recolonisé le biotope et les densités augmentent très lentement.

Ainsi, même si l'on considère uniquement le fait d'une toxicité initiale rapide (moins d'un mois) et que la question principale ne réside que dans la reconstitution des populations grâce à la reproduction des individus restés vivants sur place ou à proximité immédiate, il faudra probablement plusieurs saisons pour atteindre de nouveau l'équilibre antérieur.

DÉSÉQUILIBRES DURABLES DES PEUPLEMENES DU A LA POLLUTION PÉTROLIÈRE

Si le cas précédemment envisagé représente la très grande majorité des sites, il faut cependant constater que dans certains, le pétrole ou du moins ses parties lourdes, s'est accumulé massivement. C'est le cas en particulier des sédiments vaseux de la zone intertidale situés à un niveau élevé de la zone des marées; c'est même le cas de nombreuses plages où l'on retrouve en creusant des niveaux pollués souvent enfouis à plusieurs dizaines de centimètres sous du sable propre. C'est également le cas de certaines parties de la zone subtidale dans les baies de Morlaix et Lannion (CABIOCH *et al.*) où les pelites ayant adsorbés du pétrole se déposent longuement (zones à faible hydrodynamisme).

Les études de populations poursuivies dans ces zones montrent que des espèces opportunistes se sont développées, parfois en très grandes densités, donnant un tableau qui présente une analogie frappante avec les conséquences bien connues de pollutions organiques. Pour la macrofaune

on a ainsi constaté la pullulation d'individus de quelques espèces d'Annélides bien connues (Capitelliformes, Spioniformes, etc...).

Il faut noter que cette conséquence très marquée dans les sites proches de l'épave (Abers Benoît et Aber Wrac'h) ne l'est plus qu'assez faiblement en baie de Lannion, et encore moins en Baie de Morlaix.

Les études poursuivies par S. CHAMROUX et G. BOUCHER sur les peuplements bactériens et les peuplements de Nématodes des vases, comme des sables vaseux, montrent un phénomène analogue. Ainsi, les populations de Nématodes voient le spectre de leurs espèces se modifier au bout de nombreux mois, d'une manière analogue à ce qui était obtenu par les mêmes auteurs dans des sédiments maintenus en bacs expérimentaux, où l'on ajoute journallement une surcharge organique.

Cet effet secondaire, de type pollution organique, de la pollution pétrolière, est un aspect important lié à la dégradation progressive des fractions lourdes et dont la durée est difficile à estimer.

CONCLUSIONS

Le Monde moderne a tendance à tourner facilement les pages. Depuis mars 1978, beaucoup de faits se sont déroulés et l'actualité de l'« Amoco Cadiz » est du passé, même si de temps en temps, la presse se fait rapidement l'écho de telle ou telle phase des procès engagés. Les traces apparentes de la pollution ont disparu. Les touristes sont revenus. C'est probablement à nous Naturalistes de rappeler que les traces sur les peuplements d'êtres vivants sont encore très importantes, que plusieurs années seront nécessaires pour les atténuer et les faire disparaître.

Encore faut-il dire à tous nos collègues du monde entier que nous avons eu beaucoup de chance et faire ressortir qu'en face de l'ampleur de la pollution initiale, de nombreux facteurs ont joué en notre faveur.

D'abord, la qualité même du pétrole riche en aromatiques légers très toxiques mais rapidement évaporables. Ensuite, le fait que les fortes marées aient pu assez rapidement entraîner le lessivage, en excluant seulement les zones très abritées ou quelques sites de la zone supralittorale.

Cette expérience que nous avons vécue et dont nous nous serions bien passés apporte finalement plusieurs conclusions scientifiquement intéressantes, par exemple, la réalité d'une circulation importante de pétrole adsorbé par les particules argileuses sous l'action des courants de fond - ce qui veut dire qu'une nappe de pétrole coulée en haute mer grâce à des dispersants n'a peut-être pas perdu pour autant toute nocivité. Par exem-

ple, également, les déséquilibres de peuplements dus à la pollution d'espèces opportunistes après une pollution massive.

Nous devons également en tirer une détermination d'action auprès des pouvoirs publics pour assurer une protection aussi efficace que possible de nos côtes contre le renouvellement de telles catastrophes.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- « Amoco Cadiz ». Premières observations sur la pollution par les hydrocarbures. Brest, France, 7 Juin 1978. *Publications du CNEXO « Actes de Colloques »*, **6**, 1978.
- The « Amoco Cadiz » oil spill. A preliminary Scientific Report. Ed. Wilmost N. Hess. Publié par la NOAA, Washington D.C. 20402, U.S. Government Printing Office, avril 1978.
- « Amoco Cadiz ». Conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures. Colloque Brest, 19-22 novembre 1979. *Publications du CNEXO* (sous presse).
- BESLIER A., BIRRIEN J. L., CABIOCH L., LARSONNEUR C., LE BORGNE L. - La pollution des baies de Morlaix et de Lannion par les hydrocarbures de l'« Amoco Cadiz » : Répartition sur les fonds et évolution. *Helgoländ. wiss. Meeresunters*, **33** (sous presse).
- BOUCHER G. - Impact of « Amoco Cadiz » oil spill on intertidal and sublittoral meiofauna. *Mar. Pollut. Bull.* (sous presse).
- CABIOCH L., DAUVIN J. C., MORA BERMUDEZ, RODRIGUEZ BABIO - Effets de la marée noire de l'« Amoco Cadiz » sur le benthos sublittoral du Nord de la Bretagne. *Helgoländ wiss. Meeresunters*, **33** (sous presse).
- DAUVIN J. C. (1979) - Recherches quantitatives sur le peuplement des sables fins de la Pierre Noire, baie de Morlaix, et sur leur perturbation par les hydrocarbures de l'« Amoco Cadiz ». *Thèse 3ème cycle, Paris*.