

Six mois après la marée noire de l'*Amoco Cadiz*, bilan provisoire de l'impact écologique

par Claude CHASSÉ et Danièle MORVAN *

Le 16 mars 1978, dans la nuit, par mer agitée, forte marée et vent portant à terre, le supertanker libérien, *Amoco-Cadiz*, désarmé, se jette sur les brisants de Portsall, à un mille de la côte. En quinze jours d'agonie, brisé en trois, le géant, grand comme la Tour Eiffel, vomit à la mer ses 230 000 tonnes de pétrole brut léger, toxique et très fluide, d'Iran et d'Arabie, établissant le triste record mondial de ce type de pollution.

Chaque année, 400 millions de tonnes de pétrole contournent la Pointe de Bretagne, sur l'une des routes maritimes les plus fréquentées du monde, celle qui dessert presque toute l'Europe occidentale. Les marées noires se succèdent, à des intervalles de plus en plus courts ; le littoral breton en a subi quatre, ces dix dernières années :

- en 1967, le *Torrey Canyon*, échoué sur les Iles Scilly, déverse 40 000 tonnes de pétrole vers les côtes de Cornouaille anglaise, mais aussi vers la France dont les côtes sont souillées, de l'Île de Batz à la Baie de Saint-Brieuc ;
- en janvier 1976, l'*Olympic Bravery*, échoué, à vide heureusement, près de l'Île d'Ouessant, pollue de son carburant le Nord de l'île et, ponctuellement, l'Île Molène et la Pointe de Corsen ;
- en octobre 1976, le *Böhlen* coule au Nord de l'Île de Sein : 500 tonnes de brut vénézuélien épais, très toxique, dévastent par points la côte et les îles de l'Iroise, entre Penmarc'h, Ouessant et les Abers : Sein, le Cap Sizun, la Presqu'île de Crozon, le Goulet de Brest, Ouessant sont souillés.

Pollution qu'augmentent de nombreux pétroliers de toutes

* Institut d'Etude Marine - Institut de Géoarchitecture de l'Université de Bretagne Occidentale, BREST Cedex 29283 - Société pour l'Etude et la Protection de la Nature en Bretagne.

Travail réalisé avec le concours financier du Ministère de l'Environnement dans le cadre des contrats 5705 et 5706 signés entre le C N E X O d'une part, l'Université de Bretagne Occidentale et la Société pour l'Etude et la Protection de la Nature en Bretagne d'autre part.

nationalités, qui profitent insolemment des marées noires pour dégazer clandestinement devant les zones souillées (notamment, le printemps dernier, à l'Ile de Batz et jusqu'au large de la Presqu'île Guérandaise).

Mais le caractère spectaculaire des accidents des tankers, dus plus à l'ignorance, à la négligence des hommes et à l'avidité des structures multinationales d'argent qu'à une quelconque « fatalité » des incidents de mer, ne doit pas masquer d'autres pollution plus insidieuses, mais plus importantes : ils ne sont, en effet, que pour 3 à 5 %, en volume, de la pollution des mers par les hydrocarbures. A l'échelle du monde, 20 % sont dus aux dégazages en mer, 45 % aux effluents des villes côtières et aux apports des fleuves, 10 % aux industries de tous types, 10 % à l'apport par l'atmosphère (automobile, etc.), la production naturelle représentant elle-même 10 %.

Cette accumulation nous mène, progressivement, à des taux moyens d'hydrocarbures totaux proches de 100 ppb* dans l'eau des baies, de 100 ppm** dans le corps des coquillages, seuil au-delà duquel les produits de la pêche côtière et de la mariculture deviendraient, du fait de leur goût, impropres à la consommation. On peut penser que, sans la crise du pétrole, ce seuil serait sans doute atteint, au moins localement.

I - Originalité de la marée noire de l'*Amoco-Cadiz*

A. ORIGINALITE OCEANOGRAPHIQUE

Le sinistre s'est produit sur le rebord Sud de la Manche occidentale, mer intercontinentale, profonde de 60 à 120 mètres, animée de courants de marée violents, est-ouest, de près de 4 nœuds ; ces courants longent le rivage, à la limite des roches du socle hercynien, de 3 à 4 milles de la côte. Ils balayent la nappe de cailloutis fluviaux qui couvre maigrement le plateau de roches sédimentaires du fond de la Manche, au-delà de la ligne de 50 m du côté français. Le sédiment superficiel devient beaucoup plus fin, graveleux puis sableux, quand on s'approche de la côte anglaise où les courants s'atténuent (0,5 à 1 nœud).

Une amplitude de marée considérable, de 6 à 12 m, se traduit également par de violents courants nord-sud de plus de 2 nœuds, aux sorties des baies et des estuaires.

Les vents à dominantes du secteur ouest et du secteur nord-est accompagnent ou contrarient les courants de marée, levant des mers fortes. La masse d'eau est ainsi brassée sur toute son épaisseur, sans que jamais de stratification thermohaline ne se manifeste sur la côte française. Il en a résulté un intense mélange des hydrocarbures, dans toute l'épaisseur de la masse d'eau, favorisé par la présence de naphthènes dans le brut, plus que par les 2 000 tonnes de détergents déversés, susceptibles d'émulsionner seulement 12 000 tonnes.

* 1 ppb = 1 partie par billion soit 1/1000 mg par kg.

** 1 ppm = 1 partie par million soit 1 mg par kg.

B. ORIGINALITE GEOMORPHOLOGIQUE DU LITTORAL DU LEON-TREGOR

Le littoral est accidenté par suite d'un réseau de fractures parallèles et perpendiculaires, responsables des tracés en quadrillage des talwegs terrestres et sous-marins, creusés dans la plaine.

La ligne des fonds de 50 m est à moins de 10 km du trait de côte. Elle délimite un prisme hercynien tourmenté, prolongeant la côte la plus dentelée, la plus intriquée de France : sur 10 km, ce n'est qu'un semis confus de « basses », d'écueils, de platiers et d'îlots très denses, souvent à fleur d'eau, séparés par des chenaux et des vallées submergés. Ceux-ci sont creusés dans la roche cristalline empâtée d'altérites tertiaires (arènes en place) et de formation périglaciaire sus-jacente, arène et limon éolien soliflués et mélangés (head). Ils sont tapissés localement de sables éluviaux dunaires grossiers et généralement coquilliers, peuplés souvent de lançons (*Ammodytes tobianus*), mais assez azoïques dans l'ensemble. Les baies des Abers, de Goulven et surtout de Morlaix et de Lannion, rompent cette homogénéité, en se nappant partiellement de sables moyens et fins à *Tellina tenuis*, *Tellina fabula*, à *Echinocardium cordatum*, *Abra alba*, *Corbula gibba* et même de vase à *Melinna*, au fond des estuaires. Une côte aussi dentelée, qui freine et capture abondamment les nappes d'hydrocarbures, limite leur extension horizontale.

C. ORIGINALITE ECOLOGIQUE

L'originalité écologique découle largement des originalités océanographiques et géomorphologiques : la diversité des biotopes est extrême. Une étude statistique sur 5 000 points révèle que, en deçà de l'isobathe 50 m, du Conquet au sillon de Talbert, soit sur les 1 300 km² affectés par la marée noire, il y a près de 800 km² de surface rocheuse. Environ 300 km², situés entre + 3 m et — 12 m, sont couverts par le plus grand champ d'algues de France, produisant annuellement quelque 4 millions de tonnes d'algues fraîches. Les 400 km², situés entre — 12 m et — 50 m, sont peuplés d'éponges, d'hydrires et de bryozoaires. Environ 100 km², situés au-dessus de + 3 m, dans la zone intertidale, sont couverts de cirripèdes chthamales ou de grandes algues brunes Fucales (1 million de tonnes), peuplés de 30 000 tonnes de patelles, de littorines et de gibbules.

Les fonds sableux couvrent quelque 500 km², avec 200-300 000 tonnes brutes de peuplements extrêmement diversifiés : dunes hydrauliques de sable moyen et fin à *Ophelidae*, *Haustoridae* et *Ammodytidae* (200 g/m²), nappes de sables fins charriés par les vagues à *Venus gallina*, *Pharus legumen*, *Tellina tenuis* et *fabula*, *Donax vittatus*, *Ensis ensis* (500 g/m²) ; bassins sablo-vaseux et sables fins de décantation à *Corbula gibba*, *Cardium edule*, *Solen marginatus*, *Leiochone clypeata*, *Arenicola marina* (800 g/m²).

Des herbiers de *Zostera marina* (50 tonnes à l'hectare) colonisent souvent ces fonds, entre + 3 et — 3 m, avec leurs riches peuplement (1 000 g/m²) à *Loripes lacteus*, *Sabella pavonina*, *Tapes aureus*, *Polymnia nebulosa*. Les sables grossiers éluviaux sont peuplés de *Nucula nucleus*, *Tapes rhomboïdes*, *Dosina exoleta*,

Venus verrucosa. Les vasières des estuaires sont peuplées de *Nucula turgida*, *Melinna palmata* et, dans les zones émergentes et dessalées, de *Scrobicularia plana*, *Nereis diversicolor*, *Mya arenaria*. Des herbues ou schorres importants, couverts d'une végétation où dominent *Obione portulacoides*, *Puccinellia maritima* et *Cochlearia danica*, surmontent, au-dessus des pleines mers de mortes eaux, les vasières des estuaires et des anses abritées.

Au confluent des influences boréale et méridionale, la richesse et la diversité des espèces de la faune et de la flore (plus de 800 espèces d'algues à Roscoff) a justifié la création, dès 1872, de la Station Biologique de Roscoff, l'une des plus anciennes et des plus importantes d'Europe. Elle se trouve au cœur de la zone polluée. L'originalité scientifique réside, finalement, dans l'étendue des connaissances antérieures, des « états de références », tant qualitatifs que quantitatifs, réalisés par les chercheurs de la Station Biologique et ceux de l'Université de Brest.

La diversité écologique a entraîné la diversité des activités humaines : c'est le tourisme, la thalassothérapie (Roscoff), la recherche scientifique (Roscoff et Brest), la pêche côtière, surtout de crustacés, de lieus jaunes, l'activité goémonière (environ 1500 personnes), l'ostréiculture (Abers Benoît et Wrach, Baie de Morlaix), l'aquaculture, encore expérimentale (Ormeaux à Porpoder, Salmonidae à l'Île d'Her), mais aussi le goémon d'épave pour l'agriculture de primeurs.

D. LE SINISTRE LUI-MEME PRESENTE DES CARACTERES ORIGINAUX

1. NATURE ET PROPRIÉTÉS DE LA CARGAISON

Les bruts légers d'Iran et d'Arabie, de composition très semblable, de densité moyenne (0,85), sont très fluides (viscosité à 16° de 10 centi-stokes — l'huile du Böhlen était 1000 fois plus visqueuse). Ils sont également très volatils, très chargés en aromatiques (30 à 35 %). Leur toxicité est plutôt forte : sur 20 bruts de diverses provenances étudiés par Sheila OTTWAY, 10 % seulement sont nettement plus toxiques, alors que 60 % le sont nettement moins.

2. MARCHE DES ÉVÉNEMENTS

Le 18 mars, le navire, après s'être cassé en deux, avait perdu 80 000 tonnes ; le 25 mars, il ne restait plus que 30 000 tonnes dans les cuves et, début juin, malgré le pétardage de l'épave, des traînées d'huile sortaient encore du château arrière.

a) *Les phases de progression (mars) et de stabilisation (avril) :*
Des 230 000 tonnes de pétrole qui quittèrent les soutes du navire, échoué par des fonds de moins de 20 m, et flottèrent d'abord à la surface de la mer, on estime que 90 000 tonnes, soit 40 %, s'évaporèrent au cours de la première semaine, les 140 000 tonnes restantes formant des émulsions sous l'action des turbulences.

En quinze jours, c'est près de 4 à 500 000 m³ d'émulsion brune, gluante, de 60 à 80 % d'eau dans l'huile, qui constituèrent une nappe potentielle flottante de 500 km², sur 1 mm d'épaisseur moyenne, dérivant à 1 nœud vers l'ouest, sous la poussée de vents

forts et continus. 50 à 60 000 tonnes de pétrole sont venues, sous cette forme, s'échouer à la côte, dans les criques, les baies et les estuaires exposés à cette trajectoire ouest-est, polluant, dès la première semaine, 150 km de côtes (de Porspoder au sillon de Talbert).

Le premier arrêt intervient le 25 mars. Les nappes se déplacent alors vers la Baie de Saint-Brieuc et les îles Anglo-Normandes. Puis, dans la deuxième semaine d'avril, un vent d'est renverse le sens de la progression. Les nappes, encore libres ou décollées de la côte se dirigent vers l'ouest, le sud et enfin le nord-est : le Conquet et Ouessant sont légèrement touchés le 11 avril, le Raz de Sein le 13, Douarnenez le 22, Morgat le 23. La Rade de Brest, longtemps menacée, est miraculeusement indemne. Ce dernier déploiement de la masse de pétrole est achevé le 25 avril.

Un mois plus tard, on estimait qu'il ne restait en échouage que 10 000 tonnes, incrustées dans les criques, sur 375 km de littoral (Hayes et coll.). 15 à 20 000 tonnes ayant été ramassées par l'homme, un reliquat de 35 à 40 000 tonnes a disparu, qui s'ajoute aux 80-90 000 tonnes qui ne sont pas échouées, soit en tout 120 000 tonnes dont on ignore largement le devenir. La haute teneur en eau de l'émulsion brune ne lui donne qu'une flottabilité restreinte (densité : 0,99 à 0,95), annulable par le piégeage de faibles quantités de sédiments (2 à 4 %, soit 35 à 70 grammes par litre d'émulsion).

Une grande quantité d'émulsion lestée a pu sombrer sur le fond des baies ; son comportement hydrodynamique est très semblable à celui des débris d'algues, en matière d'accumulation infratidale et d'échouage au niveau des hautes mers. Le mélange souvent intime a rendu la récupération difficile.

Fin mars-début avril, on observait, tout au long de la côte, une concentration en pleine eau de 0,1 à 0,2 ppm, sur une écharpe longue de 200 km, large de 5 km, avec une profondeur moyenne de l'ordre de 50 à 100 m. Cela correspond à 5 à 10 000 tonnes de pétrole ; c'est peu, mais la brusque décroissance des teneurs en HC de la masse d'eau, après que la source se soit tarie — les concentrations sont partout divisées par 2 en 2 jours — permet de penser que 5 à 10 000 tonnes disparaissaient par dilution et dispersion, chaque semaine. Il en résulterait que, depuis l'échouage jusqu'à la mi-mai, soit en 8 semaines, 50 à 100 000 tonnes auraient pu disparaître sous cette forme.

On peut évoquer la biodégradation et la photodégradation, pour les quelque 30 à 50 000 tonnes restantes, sans pouvoir préciser quelle part, sans doute importante, est piégée dans les sédiments des baies et des estuaires et dans leur eau interstitielle : en août et septembre, quand on creuse un trou dans le sable de presque toutes les plages, l'eau du fond est couverte d'un film irisé et l'on y mesure de 1 à 20 ppm d'hydrocarbures.

b) *La phase de décontamination, depuis mai* : A partir de mai, la décontamination naturelle commence, par les secteurs à « haute énergie » : rochers avancés, grèves battues par les vagues ; le mazout s'en décroche, entraînant une pollution secondaire des secteurs à « basse énergie » avoisinants : criques, baies, estuaires. La décontamination par l'homme avait commencé dès la fin mars, par les secteurs touristiques, plus abrités : plages, ports, estuaires. De façon à décongestionner le littoral, les efforts de récupération du pétrole portent sur les plus massives des nappes échouées.

6 000 militaires, de nombreux agriculteurs « armés » de leur tonne à lisier, et parfois près de 3 000 volontaires civils, ramènent, en 800 000 journées d'homme, 15 à 20 000 tonnes d'hydrocarbures purs ; les tonnages bruts de matériel collecté, mélange variable d'eau, de sable, d'algues et de mazout, sont près de 10 fois supérieurs !

A la mi-mai, la teneur en hydrocarbures de l'eau côtière est presque partout, sur la côte nord, inférieure à 50 ppb et parfois proche de 20 ppb, concentration habituelle dans les eaux hors pollution aiguë. Les nappes ont partout disparu, mais l'I.G.N. et le C.N.E.X.O. signalent, le 26 mai, de faibles irisations au voisinage de Portsall, de l'Île Grande et des Abers. Pendant la grande marée du 15 août, encore des irisations importantes apparaîtront à Trégastel, polluant de nouveau port et plage.

Dans l'eau du large, les teneurs en HC ont rarement dépassé 0,2 ppm ; à la côte, elles montèrent à 1 ppm presque partout, des Blancs-Sablons à Locquirec et probablement Trébeurden, soit environ 50 fois la teneur normale hors pollution : 0,02 ppm.

Bien que, depuis la mi-mai, les teneurs soient presque partout inférieures à 0,05 ppm (souvent 0,02), des poussées à plus de 2 ppm se produisent sporadiquement, par endroits : à Porsmoguer, à Locquirec encore en juillet et sans doute plus tard, en relation avec des remises en suspension à partir du pétrole contenu dans les sédiments. Il y a un rapport de 1000 entre la teneur en HC de l'eau et celle des coquillages, huîtres et moules qui la filtrent et les concentrent. Il existe des rapports moyens plus approximatifs entre les concentrations maximales dans la pleine eau et dans l'eau interstitielle des sables et des vases (facteur 1000 pour les sables, facteur 10 000 pour les vases).

Les organismes du fond sont continuellement soumis aux aléas des ruptures de ces équilibres dynamiques : tempêtes, fortes marées, etc... Ils les suivent en les atténuant avec un délai d'autant plus faible que les changements sont plus forts. Les données de MICHEL sur la teneur en HC des huîtres et des moules montrent bien ces phénomènes : si la décontamination en eau pure demande un mois, l'évolution en teneur des Abers, surtout celle de l'Aber-Wrach, montre encore peu de signes favorables au 15 septembre. Par contre, la Baie de Morlaix s'améliore et la teneur des huîtres devrait tomber au seuil acceptable de 50 ppm pour la fin de cette année, à moins que d'importantes remises en suspension d'HC piégés n'interviennent d'ici là.

En tout état de cause, il semble qu'il faille attendre que quelques grosses tempêtes d'ouest ou d'est aient lieu, pour que la décontamination prenne une signification durable.

Alors que la décontamination des masses d'eau, sous l'action des courants, est de l'ordre d'une semaine (concentration divisée par 2 tous les 2 jours), celle des organismes est d'un mois en eau propre et celle de la surface des sédiments de probablement plus de 6 mois, dans les sables propres (Baie de Douarnenez), plus de 6 ans dans les sables vaseux.

Ainsi, selon la nature sédimentologique des zones polluées, la fréquence et l'intensité des remaniements superficiels, l'importance du stockage du mazout piégé dans les sédiments, la décontamination prendra des temps variables que l'on peut tenter d'estimer comme suit :

— *Aber-Benoît* : probablement plusieurs années, mais le nettoyage entrepris ramènera peut-être le temps à 2 ans ;



Pour apprécier la mortalité de chaque espèce, des études quantitatives ont été réalisées selon le protocole suivant. L'échantillon est prélevé à l'intérieur d'un cadre métallique d'un quart de m², posé sur le sol. Dans 50 localités, 20 prélèvements de ce type ont été réalisés, à différents niveaux. En complément, dans 150 localités, 4 prélèvements ont été faits au seul niveau des *Ascophyllum*. Tous les organismes animaux et végétaux de ces 1 600 prélèvements, ont été dénombrés et pesés.

(Photo Jean-Claude Demaure)

- *Aber-Wrach* : moins pollué originellement que l'Aber-Benoît ; la décontamination demandera probablement 4 à 6 ans, en l'absence d'intervention et compte tenu de la plus grande stagnation de la masse d'eau estuarienne due à la plus grande profondeur du lit de la ria ;
- *Baie de Morlaix et Baie de Lannion* : la décontamination devrait être achevée en surface, à la fin de cette année.

Les rochers exposés au large ont été propres en mai, les rochers abrités, couverts d'algues, en juin ; seuls les culs-de-sac rocheux très abrités et de haut niveau sont noircis pour 2 à 3 ans. La longévité moyenne des espèces les plus visibles permet d'espérer que, dans 3 à 4 ans, les traces de la marée noire auront été effacées.

En résumé, la semaine d'extension de la nappe s'est caractérisée par quatre faits majeurs :

- un *dégazage* intense des composés les plus volatils s'est opéré, durant les premiers jours. Cette évaporation se manifestait par une violente odeur, perceptible jusqu'à Brest et même Quimper, provoquant des malaises légers dans la population du littoral. On estime que 40 % des hydrocarbures sont ainsi partis dans l'atmosphère (90 000 tonnes) ;

- une *dispersion* intense des hydrocarbures s'est effectuée dans toute l'épaisseur de la masse d'eau côtière : conséquence de la localisation du déversement dans les brisants, par gros temps,

dans une zone à forts courants (2 à 3 nœuds). Il y a, fin mars, 0,1 ppm d'hydrocarbures, 2 à 3 milles au large, sur toute la tranche d'eau, et 0,5 à 1 puis 4 ppm à l'entrée des Abers et des baies (mesures de la N.O.A.A. et du C.N.E.X.O) ;

— une *mortalité* impressionnante de la faune marine sur le littoral, se traduisant par le rejet, dans le cordon d'échouage, de cadavres de poissons, de vers, de crustacés, mollusques, souvent non englués d'huile et comme foudroyés. Les échouages de ce type sont localisés aux 10 km à l'Est de l'épave et, plus discrètement, aux abords de Roscoff et de l'Île de Batz où la masse d'huile a butté dans sa progression ;

— la *localisation des échouages* de mazout, assez précise sur les secteurs côtiers exposés face aux vents dominants d'ouest. Le même processus de localisation face au vent avait été constaté en 1967, lors du naufrage du pétrolier *Torrey Canyon*. Les vents étaient alors d'est (CHASSÉ, 1967). Bien évidemment, les courants sont intervenus, notamment dans les estuaires, pour moduler ces règles générales.

II - Le suivi écologique de la catastrophe

Le caractère exceptionnel du sinistre et la façon aiguë dont il a choqué l'esprit des Bretons ont permis, dès les premiers jours, une réelle mobilisation à l'échelle régionale de toutes les personnes concernées, mobilisation qui ne s'est jamais démentie.

A. DEMARCHE ET MOYENS

1. LES PREMIÈRES ÉTUDES

Le 17 mars, l'Institut d'Etudes Marines de Brest (I.E.M.) et la Société pour l'Etude et la Protection de la Nature en Bretagne (S.E.P.N.B.) ont décidé une collecte massive des informations nécessaires aux premières études de l'impact de la catastrophe.

— 17 mars : prospection du secteur de l'échouage, étude du comportement de l'huile ; puis, en avance sur la progression de la marée noire et en collaboration avec la Station Biologique de Roscoff, collecte, par soixante chercheurs, des informations manquantes pour établir un état de référence continu des peuplements, entre Brest et Roscoff (100 km) ;

— 21 mars : collecte des animaux échoués, par 50 équipes de 4 étudiants (50 localités, entre Brest et Roscoff) ;

— 19, 21, 24, 25 mars : suivi, jusqu'à épuisement, des cadavres au voisinage de l'épave ;

— 29 mars : collecte et observations, par 160 équipes de 4 étudiants, sur 180 stations et 200 km de côtes.

Ces travaux comportaient :

- 1°) le comptage et ramassage des nombreux animaux morts échoués ;
- 2°) le constat semi-quantitatif de mortalité des gastropodes sur les rochers ;
- 3°) le constat des caractéristiques du milieu normal (nature des ceintures d'algues) ;

— du 6 au 13 avril : nous avons procédé, avec la collaboration d'une équipe de 15 étudiants, à des prélèvements quantitatifs sur des zones déjà connues et bien répertoriées : Lieue de Grève (Saint-Efflam), Beg an Fry, Ty Saozon, Aber de Roscoff, Peraridic, Mogueriec, Quillec (100 prélèvements environ) ;

— en avril et mai : les peuplements de l'Aber Benoît ont été étudiés de la même façon.

Toutes les informations collectées, lors de ces opérations, ont été traitées au Laboratoire, par les chercheurs de l'Université.

2. L'ORGANISATION DU SUIVI ÉCOLOGIQUE

Au-delà de ces premières études spontanées, une vaste organisation d'assistance opérationnelle et de programme d'étude à long terme s'est mise en place, très progressivement depuis le 17 mars, à la demande du ministère de l'Environnement et sous la coordination du C.N.E.X.O.

Outre les organismes d'études régionaux ou régionalisés territorialement et vitalement concernés : l'Institut d'Études Marines de l'Université de Bretagne Occidentale (I.E.M.), la Station Biologique de Roscoff (S.B.R.), le Centre Océanologique de Bretagne (C.O.B.), la Société d'Étude pour la Protection de la Nature en Bretagne (S.E.P.N.B.), elle concerne les organismes nationaux : l'Institut Géographique National (I.G.N.), l'Institut Français du pétrole (I.F.P.), le Muséum National d'Histoire Naturelle (M.N.H.N.), le Bureau de Recherche Géologique et Minière (B.R.G.M.), l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (I.S.T.P.M.).

À côté des efforts de recherche nationaux, il faut rappeler les collaborations scientifiques étrangères très rapides : pour les U.S.A., la National Oceanic and Atmospheric Administration (N.O.A.A.) et ses universités sous-traitantes, notamment South Carolina, Rhode Island et la Environmental Protection Agency (E.P.A.). Pour les autres pays, signalons, pour le Canada, le Bedford Institute of Oceanography — notons également les organisations des villes étrangères jumelées avec Brest : pour la République Fédérale d'Allemagne, l'Institut für Meereskunde de Kiel ; pour la Grande-Bretagne, la Station Biologique de Plymouth.

Les premières observations des conséquences à court terme de la pollution due à l'*Amoco-Cadiz* qui résultent de ces vastes efforts ont été présentées, le 7 juin 1978, à Brest, en séance extraordinaire du Conseil International pour l'Exploration de la Mer ; elles sont publiées en octobre 1978 par le C.N.E.X.O. (*Acte de Colloques*, n° 6).

Sauf mentions contraires, nous nous appuyons essentiellement, dans la suite de cet article, sur nos observations personnelles réalisées dans le cadre de l'I.E.M. et de la S.E.P.N.B.

B. ANALYSE DE L'IMPACT ÉCOLOGIQUE APRES 6 MOIS

1. LE PLANCTON

Flottant au gré des courants, il est constitué d'algues unicellulaires microscopiques, le phytoplancton, et d'animaux de quelques dixièmes de millimètre le zooplancton, de crustacés, de larves et d'organismes de grande taille qui vivent sur le fond.

Il a été étudié dans et hors la zone de pollution, par AMINOT et KERRUEL, SAMAIN et LE FEVRE et collaborateurs.

a) *Le Phytoplancton* : Il ne semble pas présenter d'anomalies quantitative ou qualitative importantes dans son développement printanier (bloom), même dans les zones très touchées telles que l'Aber-Wrach ou la Baie de Morlaix.

b) *Le Zooplancton* : Alors qu'en temps normal son expansion suit celle du phytoplancton, on remarque un déficit de l'ordre de 60 % en avril et mai, de 40 % en juin (déficit par rapport aux valeurs régionales relevées hors pollution aux mêmes dates).

Ce déficit est plus accentué à la côte qu'au large et, sur la côte elle-même, plus au voisinage des Abers et de Plouguerneau qu'en allant vers l'est.

C'est devant les Abers et en Baie de Morlaix que la diminution des larves de mollusques et de polychètes est la plus significative. Les crustacés cirripèdes et décapodes sont moins profondément affectés. Des expériences concernant la toxicité du pétrole *Amoco* ont été réalisées sur des moules par LEROUX et LUCAS. Les adultes présentent une grande résistance, alors que la reproduction elle, est sensiblement affectée : le taux de fécondité et de développement est abaissé ; les larves se nourrissent très peu ; le taux de mortalité est élevé et l'on remarque des développements monstrueux.

c) *Les larves de poissons* : Des prélèvements ont été réalisés sur toute la côte polluée (campagne suroît) et en Baie de Douarnenez. Leur étude encore incomplète n'a pas révélé d'anomalies très notables et interprétables (déficits côtiers locaux très passagers). De très nombreux alevins ont été repérés très tôt à la côte.

2. LE PEUPLEMENT DES ROCHERS

a) *Les algues* et les roches de la zone des marées ont été huilées sur 375 km de rivage, de la Baie des Trépassés à Bréhat, sur une surface totale de plus de 100 km².

Ce sont surtout les secteurs abrités de la côte nord à *Ascophyllum nodosum* des criques exposées face aux vents d'ouest qui restent englués, là où le mazout s'est échoué en nappes. Les algues sont cependant partout vivantes.

Un test de photosynthèse, comparable à celui que nous avons réalisé, lors de la pollution du *Torrey Canyon* (CHASSÉ, 1967) a été entrepris, le 16 avril, avec une équipe de chercheurs hollandais, à Roscoff. Il portait sur 2 lots de 7 espèces, l'un sain provenant d'un secteur non pollué de la Rade de Brest (anse du Dellec), l'autre très pollué provenant du secteur de Porsall.

Contrairement à ce que nous avons observé en 1967, les 7 espèces : *Pelvetia canaliculata*, *Fucus spiralis*, *Ascophyllum nodosum*, *Ulva lactuca*, *Chondrus crispus*, *Fucus serratus*, *Laminaria saccharina*, présentaient des intensités de photosynthèse non significativement différentes dans le secteur pollué. Cela est peut-être lié à la faible utilisation de détergents de faible toxicité (2 000 tonnes, 500 à 1 000 fois moins toxiques qu'en 1967).

La croissance des algues a repris partout. PEREZ (rapport I.S.T.P.M.) signale, le 2 mai, que *Fucus*, *Ascophyllum*, *Gigartina*, *Laminaria hyperborea* fructifient partout. Ajoutons qu'il en est de même pour *Rhodhymenia palmata*.

On a craint pour le champ de laminaires — environ 30 000 ha — dont seules les parties les plus superficielles (*Laminaria digitata*) sont exploitées par près de 600 goémoniers. C'est la formation végétale la plus productrice de nos latitudes : 3 fois plus, en carbone, que nos forêts de chênes et de hêtres (CHASSÉ, 1978).

Bien qu'un ralentissement de croissance soit probable, aucune mortalité significative n'a été observée sur le champ de laminaires touché par le mazout dissous et émulsionné.

Nous avons réalisé un premier sondage, le 26 avril, portant sur les mensurations des trois espèces : *Laminaria digitata*, *Laminaria ochroleuca*, *Laminaria hyperborea*, provenant respectivement de la Rade de Brest (Dellec), non polluée, et d'une station proche de l'épave, à Portsall (Ile de Rosserver). Il a montré que les frondes des trois espèces ont continué de croître et sont, morphologiquement, normales en zone polluée, bien qu'un certain retard se soit manifesté à Portsall, pour les deux premières espèces.

Caractéristique des algues	Localités	<i>Laminaria digitata</i> (2 ans)	<i>Laminaria ochroleuca</i> (4 ans)	<i>Laminaria hyperborea</i> (4 ans)
Longueur moyenne des 1/3 plus grandes frondes	Rade de Brest (hors pollution)	193 cm	135 cm	92 cm
	Portsall (pollution)	130 cm	113 cm	97 cm

Des prélèvements quantitatifs, réalisés le 24 et le 25 mai, en trois stations de *Laminaria digitata* exploitées par les goémoniers devant l'Aber-Benoît, à 4 ou 5 km à l'Est de l'Amoco Cadiz, ont montré des algues de biomasses et de tailles normales pour la saison et des aspects morphologiques sains. Les algues rouges des sous-strates étaient normalement développées (*Delesseria sanguinea*, *Gelidium sesquipedale*, *Asparagopsis armata*, *Callophyllis laciniata*, etc.).

Plateau de Trévors. — 1 m. Faciès semi-abrité ..	123 cm (85, de 25 à 160)
Men Reneat. + 1 m. Faciès intermédiaire	147 cm (140, de 105 à 260)
Trous Quennou (nord). — 3 m. Faciès battu du large	168 cm (88, de 25 à 160)

Laminaria digitata de 2 ans (24 et 25 mai 1978) - Abert-Benoît - Longueur moyenne des 1/3 plus grandes frondes (sur 2 m²) Les valeurs entre parenthèses sont la moyenne générale et l'amplitude des variations de la fronde de tous les individus de 2 ans, sur 2 m². (Pour mémoire, la longueur des frondes de 2 ans, à cette saison, est, à Luc-sur-Mer, de l'ordre de 150 cm - PÉREZ, 1976).

La faune comportait les espèces habituelles : des ascidies *Botryllus schlosseri*, des spongiaires, des crustacés *Portunus puber*, *Xantho floridus*, *Cancer pagurus*, *Galathea squamifera* et *strigosa*, des Polychètes *Bispira*, des poissons *Lepadogaster*, *Onos quinquecirratus*, *Labrus bergylta*, des étoiles de mer *Asterina gibbosa*, des mollusques *Haliotis tuberculata*, etc.

L'examen tend à montrer que, dans tous les secteurs étudiés, la croissance a repris et qu'il est possible, fin mai, d'entreprendre une exploitation normale des *Laminaria digitata*.

Depuis la mi-juin, les algues intertidales ne sont plus grasses, sur l'ensemble du littoral ; seuls les hauts niveaux des grèves abritées, en cul-de-sac, sont encore largement souillés et semblent peu évoluer. A Portsall, à moins de 1 km de l'épave les *Pelvetia* et *Fucus spiralis* ont des germinations abondantes : la dernière espèce a grandi de 10 à 12 cm (Porsguen).

b) *Les animaux des rochers* et des champs de blocs intertidaux ont subi des pertes variables, selon les groupes et selon l'intensité, le renouvellement et la persistance des atteintes.

* *sur les rochers* : la mortalité est nulle pour les Cirripèdes *Chthamalus* et *Balanus perforatus*, les moules *Mytilus* et les hermelles *Sabellaria alveolata*, surtout développées dans les zones à fort hydrodynamisme, rapidement nettoyées. Leur prédateur, le pourpre *Nucella lapillus*, est souvent plus lourdement décimé.

La mortalité est forte pour les gastropodes herbivores. Ils sont étudiés en 160 sites, sur toute la côte, et de manière détaillée en 45 sites.

Les *Patella* ont subi des mortalités fortes, variant de 0 à 100 % ; en moyenne : 30 %.

Les bigorneaux (*Littorina*, *Gibbula*, *Monodonta*) ont souffert des pertes plus lourdes, de 0 à 99 % ; en moyenne : 54 %. La mortalité a frappé plus fortement les hauts niveaux, généralement plus pollués, mais à pollution égale, les bas niveaux sont plus atteints.

La plus lourde mortalité des Gastropodes operculés (Bigorneaux et Pourpres) en général peut s'expliquer par leur comportement de lutte contre le dessèchement à basse mer : blottis dans les fissures où s'écoule le mazout, rétractés dans leur coquille, ils laissent la surface rocheuse se polluer entièrement, contrairement aux patelles, plus sédentaires, qui maintiennent sous leur pied une surface propre.

Même les peuplements les plus lourdement affectés n'ont pas totalement disparu et l'on trouve, toujours et partout, quelques individus de chaque espèce.

Sous la zone intertidale, il semble que les Ascidies, les Eponges, les Hydraires, les Crustacés, les Etoiles de mer aient peu souffert, dans l'ensemble. Les Echinodermes, et notamment les *Echinus esculentus* et les *Holothuria* ont régressé.

* *sous les blocs, les surplombs, les grottes* : Les champs de blocs, si abondants sur la côte nord de la Bretagne (sans doute 2/3 des surfaces rocheuses, soit plus de 500 km² entre les plus hautes mers et les fonds de 50 m), offrent une diversité de biotopes distincts extraordinaires — Les dessus de blocs sont semblables à la roche en place, les dessous s'apparentent aux grottes obscures et calmes, avec leur riche faune multicolore d'éponges, d'ascidies, d'hydraires, d'anémones, de bryozoaires.

A *Portsall*, les peuplements des dessous de blocs sont nettement appauvris : la surface inférieure des blocs porte des peuplements à peu près normaux, mais peu exubérants. Notons, pour des blocs au niveau des *Fucus serratus* — *Himanthalia elongata* :

SPONGIAIRES :	BRYOZOAIRES :	ASCIDIÉS :
<i>Sycon</i> sp	<i>Flustrella hispida</i>	<i>Botryllus schlosseri</i>
<i>Hymeniacidon sanguineum</i>	<i>Umbonula verrucosa</i>	<i>Botrylloides leachi</i>
<i>Oscarella lobularis</i>	<i>Scrupocellaria repens</i>	<i>Didemnum fulgens</i>
<i>Halisarca dujardini</i>	<i>Cellepora pumicosa</i>	<i>Didemnum maculosum</i>
<i>Terpios fugax</i>	<i>Crisia</i> & <i>Crisidia</i> sp	<i>Sydnium turbinatum</i>

Par contre, la faune vagile entre bloc et sable est très appauvrie. Voici quelques valeurs moyennes ramenées au mètre carré (toutes tailles) :

<i>Cancer pagurus</i>	3	<i>Asterina gibbosa</i>	1
<i>Portunus puber</i>	2	<i>Gibbula cineraria</i>	1
<i>Carcinus moenas</i>	2	<i>Calliostoma zizyphinum</i>	1
<i>Xantho flavidus</i>	0,5	<i>Motella tricolorata</i>	1
<i>Clibanarius misanthropus</i>	1	<i>Gobius flavescens</i>	0,5
<i>Leander serratus</i>	0,5	<i>Conger conger</i>	0,5

Notons l'absence significative de tous les Amphipodes, de *Nebalia bipes*, *Athanas nitescens*, *Galathea squamifera*, *Porcelana longicornis*, *Amphipholis squamato*.

Cirratus cirratus, Polychète qui vit dans le sable grossier, entre les blocs, est localement très abondant. Il faut aussi noter un surabondant recrutement du Crabe vert *Carcinus moenas* de quelques millimètres.

Une opération de repeuplement en espèce noble comme le Homard serait sans doute possible, en agissant très vite, pour coloniser la niche écologique devenue accidentellement disponible, autour de l'épave. Notons que, 6 km plus à l'Est, à l'entrée de l'Aber-Benoît, les peuplements de dessous de blocs sont sensiblement normaux, bien que décimés.

En Baie de Morlaix, nous avons examiné les surplombs des gros blocs de l'île Callot (au nord-est) ; ils sont apparemment indemnes, malgré l'arrivée importante de mazout en haut de plage. A basse mer, ils sont dominés par :

- les Ascidies : *Dendrodoa grossulariata*, *Stolonica socialis* *Distomus variolosus*, *Sydnium turbinatum*, *Polysyncraton lacazei*, *Botryllus schlosseri* ;
- les Spongiaires : *Hymeniacidon sanguineum*, *Halichondria panicea*, *Ophlitaspongia seriata*, *Leuconia gossei*, *Grantia compressa*, *Adocia simulans* ;
- les Bryozoaires : *Flustrella hispida*, *Umbonula verrucosa* ;
- les Mollusques : *Trivia arctica*, *Calliostoma zizyphinum*.

c) On observe quelques changements remarquables :

- une abondance anormale mais localisée, d'algues vertes (*Enteromorpha*) ;
- une prolifération anormale de bactéries épiphytes filamenteuses, surtout sur les algues de hauts niveaux.

Depuis le début de juillet au moins, on constate une prolifération anormale de Copépodes Harpacticoïdes (petits crustacés de 2/10 mm) qui glissent à la surface des algues. Ils sont jusqu'à 30 fois plus nombreux que dans les secteurs non pollués comparables. C'est le cas à Portsall où ils étaient 30 fois plus nombreux

MEIOFAUNE DES ALGUES

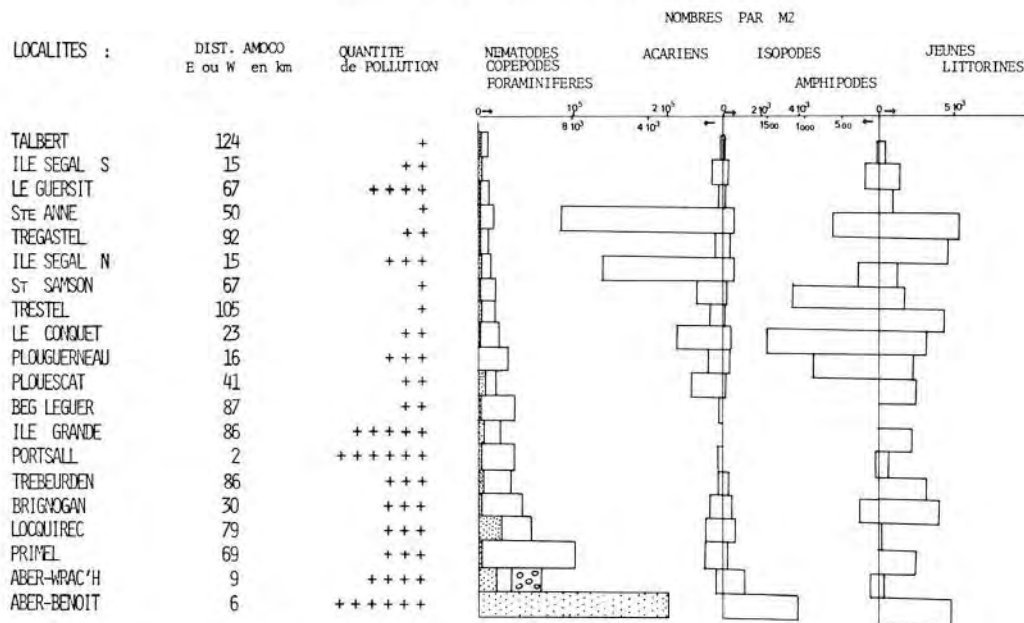


FIGURE 1 — Certains animaux microscopiques de la surface des algues ont prospéré en fonction de la pollution (*Nématodes*, *Copépodes*, *Isopodes*) d'autres ont régressé (*Acariens*, *Amphipodes*). Le recrutement des littorines n'a pas été affecté.

qu'en rade de Brest (Anse de Sainte-Anne), soit 70 000 individus contre 2 300 par kilo de *Fucus spiralis* (notons dans le même temps que, dans les sédiments avoisinants les Harpacticoïdes épipsammiques sont, eux quasiment absents : la concentration d'hydrocarbure est très forte dans l'eau interstitielle). Cette explosion de méiofaune (fig. 1), que l'on constate sur tout le littoral pollué, est due à la persistance totale de la couverture algale, à la réduction énorme de la macrofaune herbivore (Bigorneaux et Crustacés amphipodes), aux pullulations de Bactéries et de Ciliés, de Diatomées souvent filamenteuses et de petites Phéophycées qui couvrent littéralement les grandes algues qui se nettoient de leurs hydrocarbures

On doit également noter un très important recrutement de jeunes littorines (*L. obtusata*) de 1 mm, plus de 2 000 au m².

Durant tout l'été, les pêcheurs à pied ont fait d'excellentes récoltes de crevettes roses (*Leander serratus*). Les paniers étaient généralement pleins : 2 à 3 fois plus que les années précédentes et elles étaient de bonne taille ! Cette pêche miraculeuse et inattendue est liée à la prolifération soudaine des Copépodes qui constituent la nourriture privilégiée des crevettes. Il ne s'agit pas, bien entendu d'une multiplication des crevettes, âgées le plus souvent de plus de 2 ans, mais seulement de leur concentration « alimentaire » dans les hauts niveaux ; les casiers en profondeur restent souvent désespérément vides.

Les bars ont parfois suivi les crevettes, à la côte et dans les paniers des pêcheurs.

3. LA FAUNE SÉDENTAIRE DES SABLES ET DES VASES

A proximité de l'épave, et là où les nappes se sont accumulées et échouées abondamment surtout les premières semaines, sur les plages exposées aux vents d'ouest, il y a eu beaucoup de cadavres dans les cordons d'échouage de haute mer et dans les autres zones d'accumulation.

Les animaux morts, déterminés, dénombrés et mesurés, appartiennent surtout à certaines espèces sensibles, alors que d'autres espèces, parfois du même taxon et du même biotope, sont très peu représentées.

Les espèces de Lamellibranches de la pêche récréative touristique sont lourdement atteintes.

Dans l'ensemble cependant, les associations de macrofaune (*) subsistent largement, avec abondance presque normale, alors que la méiofaune (*) est lourdement atteinte, à Portsall, à Plouguerneu comme à Roscoff, spécialement les Harpacticoïdes et les Ostracodes ; les Nématodes sont plus nombreux. Les Turbellariés *Convoluta roscoffensis* sont encore abondants.

La vulnérabilité des espèces aux hydrocarbures est spécifique (voir tableau ci-contre).

Les espèces qui accusent une mortalité très forte sont :

- l'oursin de sable : *Echinocardium cordatum* ;
- les coques : *Cardium edule* ;
- les couleaux (Solenidae) : *Pharus legumen*, *Ensis ensis*, *Ensis siliqua*, *Ensis arcuatus*, *Solen marginatus* ;
- les mactridae : *Mactra corallina*, *Spisula solida* ;

(*) Macrofaune : animaux plus grands que 1 mm.

(*) Méiofaune : animaux plus petits que 1 mm.

MACROFAUNE DES SÉDIMENTS INTERTIDEAUX		Surve moyenne de Chaque espèce	Portsaill - Porquenn	Aber Benoit.			Aber Wrac'h (entrée)	Quillec	Moguerlec	Roscoff		St Pol-de-Léon			Ile Calot (Est)	Bégan-Fry	St Michel en Grève St Etienne
POURCENTAGE DE SURVIE DES POPULATIONS DES DIFFÉRENTES ESPECES				Tregaronou	St Pabu	Brouennou				Perharidic (W)	Aber	Le Man, Ste Anne	Pempoull	St Jean			
TYPES DE PLAGES	Distance à l'AMOCO CADIZ en km		0	6	6	7	10	48	48	55	56	60	63	64	65	74	74
	Intensité de pollution initiale		+++	+++	+++	+	+++	++	+	+	+	+++	+	+++	++	+++	++
	Date des observations (mois)		V/VIII	V&VI	V&VI	V & VI	VII	IV	IV	IV	IV	VII	VII	VII	VII	IV	V&VI
	Estimation de la survie moyenne	71 %	40	70	90	80	(80)	80	60	40	80	80	70	80	80	>80	60
Sable grossier éluvial B.M.	Tapes Rhomboïdes	50	0	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—
	Dosinia exoleta	50	0	—	—	30	—	—	—	—	—	—	30	60	60	—	—
Zone de courants B.M.	Lanice conchylega	80	5	—	50	60	80	—	—	30	80	80	80	100	80	—	—
	Ophelia bicornis	90	—	—	100	—	—	—	80	60	—	—	—	—	—	—	—
Dunes hydroliques de sables propres moyens ou fins M.M. à B.M.	Haustorius arenarius	90	—	—	100	—	—	—	80	—	—	—	—	—	0	100	+
	Eurydice pulchra	90	—	—	100	—	—	—	80	30	—	—	—	—	—	60	100
H.M.	Urothoe brevicornis	30	—	—	10	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	100	+
	Travisia forbesi	100	—	—	100	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Plages alluviales semi-exposée de sables très fins et propres B.M.	Ophelia neglecta	100	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Armandia polyophtalma	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—
B.M.V.E.	Aricia foetida	100	—	—	100	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	—
	Nephtys hombergii	100	—	—	100	100	—	—	100	—	—	—	—	—	100	100	60
Plages semi-abrités de sable fin M.M. à B.M.	Talitrus saltator	20	—	—	20	—	—	—	30	—	30	10	—	30	—	—	0
	Nerine cirratulus	30	—	—	—	—	—	—	50	30	30	+	—	—	—	100	10
Bassin de décantation et de bioturbation, des sables abrités aux vases sableuses saumâtres H.M. à M.M.	Bathyporeia pilosa	10	—	—	20	—	—	—	10	—	10	0	—	—	—	—	0
	Bathyporeia sarci	10	—	—	10	—	—	—	10	—	40	0	—	—	—	—	0
H.M. à M.M.	Urothoe S P	30	—	—	30	—	—	—	30	—	—	30	—	—	—	30	0
	Cardium edule	5	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
B.M.	Tellina tenuis	90	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	100	100
	Donax vittatus	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
B.M.V.E.	Owenia fusiformis	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100
	Acrocnida brachiata	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
Plages semi-abrités de sable fin M.M. à B.M.	Tellina fabula	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100
	Echinocardium cordatum	5	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
B.M.	Leptosynapta gallinei	100	—	—	—	100	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	100
	Mactra corallina	10	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
B.M.	Ensis ensis	10	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
	Ensis siliqua	10	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
B.M.	Pharus legumen	10	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
	Solen marginatus	10	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	10	10	+	—	10
B.M.	Lutraria lutraria	30	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	30	60	—	—	10
	Leiochone clypeata	50	10	—	—	30	—	—	30	80	80	80	60	60	—	—	—
B.M.	Ampelisca brevicornis	0	—	—	—	—	—	—	0	—	—	0	0	—	—	—	—
	Scoloplos armiger	90	30	—	—	—	—	—	100	100	100	80	80	100	—	—	—
B.M.	Marphysa belli	100	0	—	+	+	—	—	100	100	—	80	80	100	—	—	—
	Cardium edule	20	0	—	—	5	—	10	—	0	30	30	30	—	—	—	5
B.M.	Arenicola marina	100	60	—	—	—	—	100	—	100	100	100	100	100	—	—	100
	Ampharete grubei	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—
B.M.	Loripes lacteus	90	30	—	—	100	100	—	100	—	100	100	100	100	—	—	—
	Tapes aureus	50	10	—	—	40	40	—	60	—	60	60	60	—	—	—	—
B.M.	Branchiomma vesiculosum	90	—	—	—	100	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Myxicola infundibulum	90	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
B.M.	Sabella pavonina	90	—	—	—	100	100	—	100	—	100	—	100	100	—	—	—
	Perinereis cultrifera	80	—	—	—	100	80	—	80	—	80	—	100	60	—	—	—
B.M.	Sthenelais boa	80	—	—	—	100	80	—	80	—	80	—	100	60	—	—	—
	Amphitrite edwardsi	90	—	—	—	80	—	—	80	—	100	—	100	60	—	—	—
B.M.	Audouinia tentaculata	100	30	100	—	100	—	—	100	—	—	—	100	—	—	—	—
	Tellina tenuis	100	—	—	+	100	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—
B.M.	Arenicola marina	100	60	100	—	100	100	100	100	100	100	—	100	100	—	—	—
	Cardium edule	20	0	10	—	10	10	10	0	—	10	—	60	30	—	—	—
B.M.	Abra tenuis	10	—	—	—	—	—	10	—	—	0	—	—	—	—	—	—
	Corophium volutator	10	—	—	—	—	—	0	—	—	0	—	0	—	—	—	—
B.M.	Hydrobia ulvæ	60	—	—	—	—	—	80	—	—	20	—	100	10	—	—	—
	Nereis diversicolor	90	—	90	—	90	—	100	—	—	100	—	100	100	+	—	—
B.M.	Scrobicularia plana	70	—	—	—	—	—	60	—	+	+	—	100	—	—	—	—
	Mya arenaria	100	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—

- les palourdes et praires ou « veneridae » : *Venus verrucosa*, *Tapes decussatus*, *T. rhomboides*, *T. pullastra* ;
- les crustacés épipsammiques : Mysidacés, Crangonidae ; *Crangon crangon* (crevette grise).

Les autres animaux ont subi une mortalité bien plus faible, notamment les Polychètes psammivores. Les associations faunistiques habituelles subsistent très largement, dans leurs abondances habituelles, tout au moins aux moments où les prélèvements furent effectués.

Début septembre, partout, à Portsall, en Baie de Morlaix comme en Baie de Lannion, les sédiments des plages, généralement propres en apparence, sont imprégnés de traces de mazout.

Début juillet, dans plus de 200 trous de prélèvements, nous avons toujours constaté l'apparition d'un film irisé à la surface de l'eau interstitielle, avec parfois formation de petits glomérules d'émulsion brune. Cela est vrai à tous les niveaux des plages et dans tous les types de sédiments. La teneur en hydrocarbures y est très forte, alors que l'eau côtière est généralement décontaminée. C'est ce qui explique que la mortalité continue encore et que la méiofaune et les jeunes ne se soient pas réinstallés. Si la faune des sables survit assez largement en zone littorale, elle est plus fortement frappée en dessous des basses mers, notamment dans les Abers, en Baie de Morlaix et en Baie de Lannion, parfois jusqu'à 40 m de profondeur. Cela peut expliquer en partie la grande maigreur de beaucoup de poissons. Les cadavres proviennent en grande partie des peuplements toujours submergés, sans doute moins habitués à subir des stress que ceux de la zone intertidale.

a) en Baie de Lannion :

À la Lieue de Grève, en Baie de Lannion, les peuplements de sables fins à *Tellina tenuis*, *Tellina fabula*, *Donax vittatus*, *Haustorius arenarius*, *Acrocnida brachiata*, *Owenia fusiformis*, *Arenicola marina* sont en bon état, les 6 et 7 avril. Il y a, comme en 1967, un déficit de peuplement en haut de plage, dans les peuplements à *Nerine cirratulus*, *Bathyporeia pilosa*. Les *Cardium edule*,



Evacuation des cadavres d'animaux marins, rejetés sur la Lieue de Grève de la Baie de Lannion (Plestin, Côtes-du-Nord). Sur 5 km de plage plus de 30 millions d'individus ont été dénombrés, la plupart provenant de la zone située au-dessous du niveau des basses mers. Sur la plage elle-même, les animaux ont généralement survécu.

(Photo Guy Daniel, Plestin)



Coques, Couteaux et Oursins de sable, rejetés morts sur les galets de la Lieue de Grève, à Saint-Efflam (Plestin, Côtes-du-Nord).

(Photo Jakez Lefèvre)

présents habituellement dans les deux tiers supérieurs de l'estran, sont détruits ; les *Macra corallina* et les Solenidae le sont également, en bas de plage.

En juillet, la mortalité s'est accentuée sur les peuplements endogés d'amphipodes du sable encore représentés en avril : les *Bathyporeia* ont quasiment disparu à Saint-Efflam ; une dizaine d'individus sont récoltés là où l'on trouvait plusieurs milliers ; les *Urothoe* sont présents à quelques exemplaires là où l'on en rencontrait plusieurs centaines. Les *Haustorius* ont également régressé dans une proportion plus faible.

La mortalité des *Donax vittatus*, *Acrocnida brachiata*, *Echinocardium cordatum* a continué : là où l'on comptait plus de 100 individus, on n'en trouve que quelques-uns. Par contre, les *Tellina tenuis*, *Tellina fabula* sont toujours exubérants, avec plusieurs centaines d'individus au m².

Les Solenidae, si touchés : *Ensis ensis*, *Ensis siliqua*, *Solen marginatus* n'ont pas totalement disparu ; il en est de même des *Lutraria lutraria*. En septembre, la mortalité s'est stabilisée, sauf pour *Tellina fabula* dont la population est réduite de moitié.

A Beg an Fry (8 avril), les peuplements de sables fins battus, pauvres, à *Tellina tenuis*, *Haustorius arenarius*, *Ammodytes tobianus* étaient vivants, plus denses que les années passées et qu'en 1967 (*Torrey Canyon*) malgré l'importante nappe de mazout couvrant le sable à 80 %. Sur les rochers, les moulières, les Cirripèdes et les Sabellaria étaient bien vivants, alors que les crabes et les Gastéropodes avaient quasiment disparu.

b) en Baie de Morlaix :

— A Térénes, anses nord et sud, en Baie de Morlaix, le 8 avril, les peuplements étaient normaux.

— A Saint-Pol-de-Léon, fin juin, les riches peuplements de plusieurs centaines de *Lanice conchylega* sont vivants, bien que manifestant une faible vitalité au fond de l'anse de Pempoull. Les *Bathyporeia*, *Urothoe* ont disparu de la grève du Man ; les peuplements de sables grossiers à *Dosinia exoleta*, *Tapes pullastra* (une centaine d'individus au mètre carré) ont été réduits au dixième. Il en est de même du grand banc de *Solen marginatus* de Pempoull. Les peuplements de dessalure à *Hydrobia ulvae*, *Cardium edule* sont également réduits au dixième dans les anses de Pempoull et Saint-Jean.

c) à Roscoff :

Autour de la presqu'île de Perharidic (9 avril) et à l'entrée de l'Aber, les peuplements à *Arenicola marina* vivent normalement. Ceux à *Leiochone clypeata* et surtout *Lanice conchylega* sont plus atteints. Les peuplements de sable fins à *Ampelisca brevicornis* ont disparu et les peuplements des herbiers sont très appauvris en gibfaune de *Gibbula pennanti*. Les peuplements dunaires instables à *Ophelia bicornis*, *Nerine cirratulus*, n'ont pas été retrouvés.

d) à Mogueriec :

Dans l'estuaire du Guillec et à l'embouchure bien touchés (11 avril), la dune hydraulique des sables fins a des peuplements normaux et denses à *Nerine cirratulus*, *Ophelia bicornis*, *Haustorius arenarius*, *Eurydice pulchra*, *Sphoeroma teissieri*, *Urothoe brevicornis*. Les peuplements de dessalure des sables vaseux intérieurs sont intacts, avec *Arenicola marina*, *Nereis diversicolor*, *Scrobicularia plana*. Les *Hydrobia ulvae* et les *Corophium volutator* sont rares.

e) aux Abers :

Aux abords et dans l'Aber-Benoît, ainsi qu'à l'ouest de la presqu'île de Sainte-Marguerite, (mi-avril, mi-mai), les peuplements des herbiers de *Zostera* à *Loripes lacteus*, *Branchiomma vesiculosum*, *Tapes aureus*, *Perinereis cultrifera* sont normaux ; les peuplements des sables fins, assez propres à *Leiochone clypeata* et *Lanice conchylega* ont souffert ; ceux à *Leptosynapta gallinei* et ceux à *Arenicola marina* sont normaux. Les peuplements dunaires à *Ophelia rhatkei* de Brouennou n'ont pas été retrouvés.

Les dunes hydrauliques qui occupent l'axe de l'Aber-Benoît montrent des peuplements dunaires normalement riches à *Ophelia bicornis*, *Ophelia neglecta*, *Travisia forbesi*, *Nerine cirratulus*, *Haustorius arenarius*. (*Urothoe brevicornis*, *Bathyporeia sarsi* et *Pelagica* sont rares), *Eurydice pulchra*, *Ammodytes tobianus*, *Tellina tenuis*, *Nephtys hombergii*. Les trous, profonds de 7 à 15 m, régulièrement espacés, qui se succèdent dans l'axe du chenal de sable hydrodunaire

R O C H E R S	S A B L E & V A S E
H GRANDES ALGUES : FUCUS, ASCOPHYLLUM LAMINARIA LAMINARIA CIRRIPEDES : CITHAMALUS, BALANUS PERFORATUS MOULES : MYTILUS POLYCHETES : SABELLARIA ACTINIAIRES : ACTINIA BUNODES, ANEMONIA (PHYTOPLANKTON)	ZOSTERA MARINA, ZOSTERA NANA POLYCHETES : NEREIS DIVERSICOLOR PERINEREIS CULTRIFERA, NEPHTYS SCOLOPLOS, ARENICOLA, AUDOUINIA, MOLLUSQUES : TELLINA TENUIS, TELLINA FABULA, MYA ECHINODERMES : LEPTOSYNAPTA
G CRUSTACES : CARCINUS MOENAS DECAPODES : XANTHO LEANDER SERRATUS	POLYCHETES : OPHELIA BICORNIS, O. NEGLECTA, TRAVISIA F. CRUSTACES : EURYDICE, HAUSTORIUS
F MOLLUSQUES : PATELLA ISOPODES DES ALGUES : NAESIA IDOTHEA (ZOOPLANKTON)	MOLLUSQUES : LORIPES LACTEUS
E	POLYCHETES : LANICE MOLLUSQUES : SCROBICULARIA
D GASTROPODES : LITTORINA RUDIS, LITTORALIS GIBBULA OMBILICALIS, G. PENNANTI, G. CIRERARIA NUCELLA LAPILLUS	MOLLUSQUES : TAPES DECUSSATUS TAPES PULLASTRA VENUS VERRUCOSA POLYCHETES : LEIOCHONE
C AMPHIPODES DES ALGUES DECAPODES : PORCELLANA TANAIIDACES	AMPHIPODES du SABLE : BATHYPOREIA UROTHOE TALITRUS MEIOFAUNE du SABLE : NEMATODES MOLLUSQUES : HYDROBIA, LUTRARIA SOLEN MARGINATUS ECHINODERMES : ACROCNIDA
B AMPHIPODES DES ALGUES DECAPODES : ATHANAS	AMPHIPODES : BATHYPOREIA PILOSA, COROPHIUM MYSIDACEES MOLLUSQUES : ENSIS ENSIS, E. SILIQUA PHARUS LEGUMEN, CARDIUM EDULE, DONAX ABRA TENUIS MEIOFAUNE du SABLE : COPEPODES
A	ECHINODERMES : ECHINOCARDIUM CORDATUM

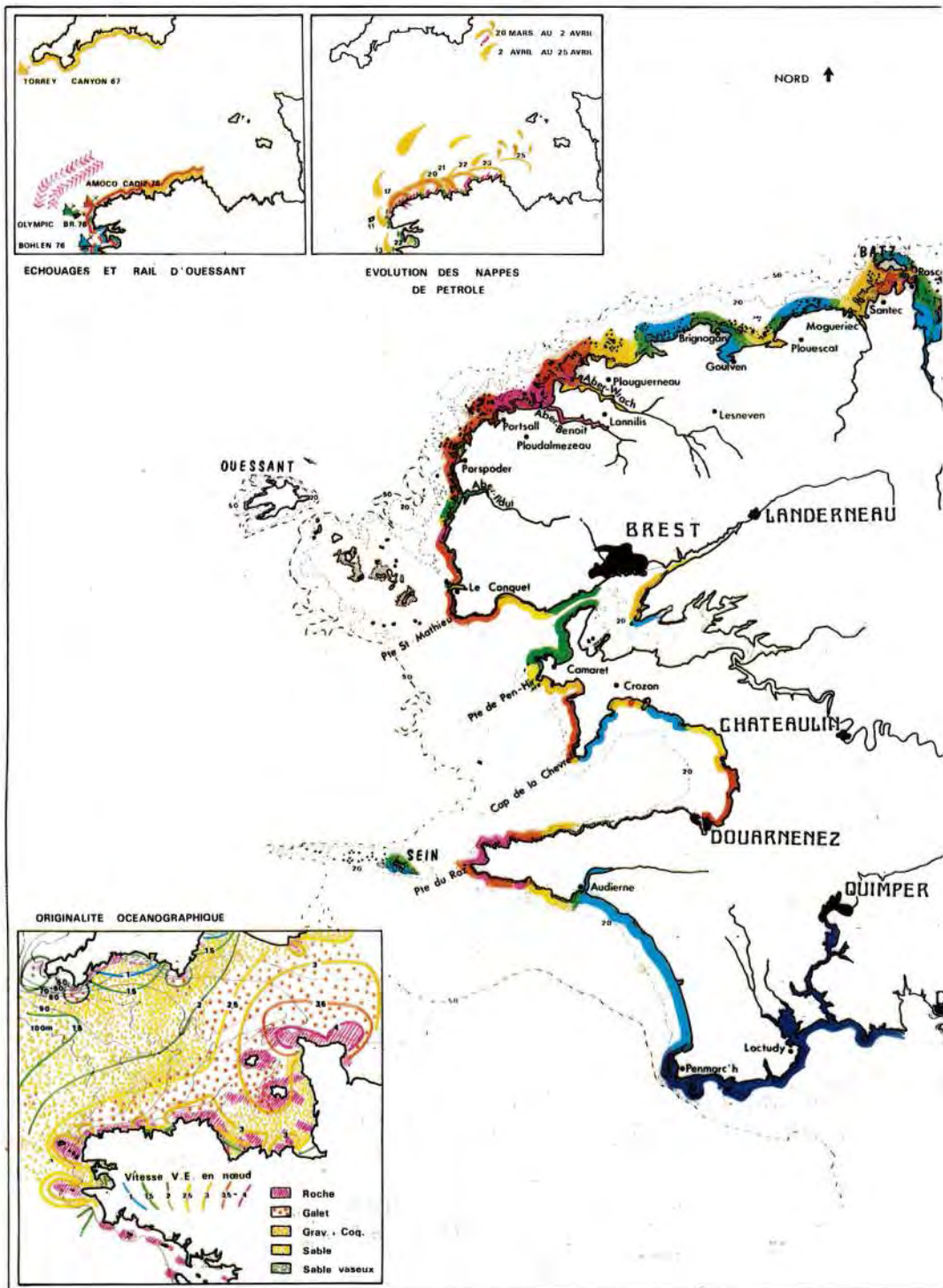
Dans les mêmes localités et les mêmes biotopes, la survie animale et végétale est très différente selon les espèces. Elles sont classées ici selon leur taux de survie, des plus vulnérables (A) aux plus résistantes (H). La survie des Gastropodes herbivores operculés (D) est de valeur moyenne, d'où son intérêt.

Hors pollution, la biomasse moyenne en poids brut des bigorneaux est de 200 g/m² dans les zones abritées, de 100 g/m² dans les zones exposées. En cas de pollution, elle diminue jusqu'à n'être plus que de quelques grammes, dans les zones les plus agressées par le pétrole.

L'agressivité d'un pétrole donné augmente d'une part avec son abondance, la durée et la fréquence des contacts, et d'autre part avec la faible durée de flottation depuis l'épave.

En couleur bleu sur la carte, les zones à mortalité nulle, puis faible. En couleur rouge puis pourpre, les zones à mortalité maximale. Les couleurs intermédiaires du spectre, indiquent des taux intermédiaires.

La valeur locale du pourcentage de survie, exprimée en biomasse, des Gastéropodes herbivores operculés des rochers (Bigorneaux), sert d'indice pour repérer la survie relative locale de toutes les autres espèces : c'est l'indice de survie BIGHORN.



A map of the Lannion region in Brittany, France. The map shows the coastline of the Morlaix and Lannion areas. Key locations labeled include Lannion, Tregastel, Trestel, Treguier, Paimpol, and various smaller islands and coastal features. The map also shows the 'LES SEPT ILES' (Seven Islands) area, which includes islands like Tregastel, Trestel, Treguier, and Paimpol. The map is oriented with North at the top.

NORMALE
ROCHEUX

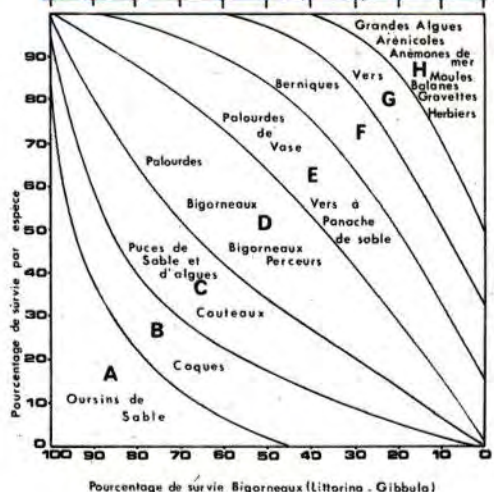
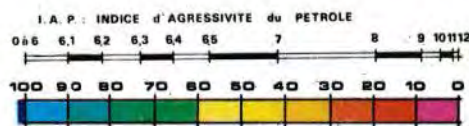
O PERCULES

HERBIVORES

GASTROPODES

BIOMASSE

ROCHERS	SABLE & VASE
GRANDES ALGUES : FICUS, ACOROPHYLLUM LUPANETA LUPANETA	ZOSTERA MARINA, ZOSTERA ANNA POLYCRATES : ROSES SPHEROCOLUS PHEMIDITES COLIFERA, NEMYS ZOOLOGUS, ANDREOLA, ANDRODIA
CRIPIDOPES : CHONULVUS, BELLAS PERONYTES MOULLES : MYTILUS POLYCRATES : SABELLARIA ACTINOPHYTES : ACTINIA, BUNDES, ARENARIA	MOLLUSQUES : TELLINA PALLIDA PMA ECHINODERMES : LEPTOSTOMA (SPONTANEOUS)
CRUSTACEES : CARCINUS IRONAS DECAPODES : ANATHE LEANDER, SERIATES	POLYCRATES : OPIELLA PERICOTIS, O. NECTATA, TERRA CRUSTACEES : KOPPEKE, MAUTORIUS
MOLLUSQUES : PATELLA MOLLUSQUES : NACIA DORMEA	MOLLUSQUES : LORPES LACTIS (ZOOPLANKTON)
E	POLYCRATES : LANCE MOLLUSQUES : SACCHARARIA
GASTROPODES : LITTORIN, MODIS, LITTORALIS GASTRO : PULMONATE G. PUMANTI, G. CHERATIA MOLLUSCA LAPPULI	MOLLUSQUES : TAPES INDEGRATES TAPES PALLATA, VENSE VERUSICA POLYCRATES : LEUCOME
D	AMPHIRODES : SABLE, BATHYPODE GROUPE TALITUS MEIOFAUNE DU SABLE : NEMATOES MOLLUSQUES : HYDRODIA, LUTRARIA SOLUS LUTRARIUS ECHINODERMES : ANODONTA
C	AMPHIRODES : BATHYPODE PLEURA, LUTRARIUS HYSTIDATES MOLLUSQUES : UNUS UNUS, E. SELLANA PHEMIDITES, CAROLIN ENUS, DANA ANNA TENUS MEIOFAUNE DU SABLE : LUTRARIUS
B	ECHINODERMES : ECHINOCARDIUM CORDATA
A	



CARNEAU

sont, soit envahis par les algues pourrissantes souillées de mazout, soit constitués, là où les courants sont plus forts, d'un fond de coquilles et de cailloux couverts d'hydrires en reproduction, portant des pontes de Nudibranches. En avant de l'estuaire, une grande étendue de sables fins très mobiles est quasi azoïque naturellement ; seuls les *Nephtys hombergii* y sont relativement abondants. Les parois du chenal et la partie Est de la grève de Brouennou sont constituées de sables graveleux, caillouteux, hétérogènes, voilés d'un film sablo-vaseux. C'est une formation d'origine terrestre, d'arène solifluée compacte, sur laquelle sont implantées, après addition de graviers et de coquilles, les principales installations ostréicoles découvrautes.

Les peuplements sans dessalures sont caractérisés par *Tapes pullastra*, *Tapes decussatus*, *Tapes rhomboides*, *Cardium edule*, tous décimés à plus de 50 %, et par *Nerine foliosa*, *Perinereis cultrifera*, *Amphitrite edwardsi*, *Lanice conchylega*, dans les zones à forts courants, *Audouinia tentaculata*, dans les zones les plus chargées en détritus algaux, les plus pauvres en oxygène.

Les peuplements avec dessalures et les vasières d'amont comportent des peuplements denses de *Nereis diversicolor* (1 600/m²) de *Mya arenaria* (4 à 40/m² — moyenne : 12).

f) près de Portsall :

Anse de Kersaint-Portsall, grèves de Tréompan : ce secteur, le plus touché, présente un champ bien vivant d'*Arenicola marina*, denses et actifs (3 juin). Mais depuis août, les Arénicoles et les *Nephtys* (gravette blanche), récoltés comme appâts, se conservent très mal et meurent en moins de 48 heures, alors qu'on les gardait une semaine auparavant.

En résumé, la mortalité dans les sables et les vases revêt quelques aspects paradoxaux :

— Autour de l'épave sur 5 km de côte, et dans les premiers jours toutes les espèces, y compris celles que l'on sera amené à considérer comme les plus résistantes, ont été trouvées foudroyées, notamment : *Nereis diversicolor*, *Arenicola marina*, *Audouinia tentaculata* *Carcinus maenas*.

— Le même phénomène a été observé mais atténué, là où les nappes de pétrole ont butté contre un obstacle : Roscoff, Trébeurden. Ultérieurement, la mortalité se fait partout plus discrète.

— Si la faune des sables survit assez largement en zone littorale, elle est fortement frappée immédiatement en dessous des basses mers et est atteinte parfois au-delà de 40 m de profondeur, dans les baies de Lannion et de Morlaix. C'est ainsi qu'en Baie de Lannion, sur les 5 km de plage de la Lieue de Grève (Saint-Efflam - Saint-Michel), sur 10 km² où les animaux vivent encore, on a dénombré, le 6 avril, jonchant la plage et accumulés dans le cordon d'échouage, 10 millions d'*Echinocardium cordatum* ; 3,5 millions de Solenidae morts (*Pharus legumen*, *Ensis ensis*, *Ensis siliqua*) ; 7,5 millions de *Cardium edule* ; 7 millions d'autres Bivalves dont 5 de *Macra corallina*, *Donax vittatus*, *Tellina tenuis*, *Lutraria lutraria*, etc... Les chercheurs de la Station Biologique de Roscoff signalent la quasi-disparition des 5 espèces d'*Ampelisca* aux Pierres Noires, en Baie de Morlaix.

— Il semble que les animaux des zones toujours submergées, peu habitués au stress, supportent moins bien la pollution que ceux de la zone littorale. Notons cependant que les peuplements peu denses des sables mobiles qui tapissent les couloirs, entre les rochers des zones battues, ainsi que les graviers très ventilés du large à *Ophiotrix fragilis* sont peu affectés (Campagne du navire océanographique *Suroît*).

— La vulnérabilité des espèces aux hydrocarbures est assez spécifique ; elle est différente de la résistance aux pollutions

habituelles par exemple par les effluents urbains en milieu portuaire, qui se traduisent par un déficit d'oxygène et une concentration en produit toxique SH_2 et NH_3 .

Les Ophelidae, les Haustoridae, les Ammodytidae, les Telli-nidae, qui résistent fort bien aux hydrocarbures, supportent très mal le déficit en oxygène et le SH_2 , alors que les Coques, les Couteaux et, dans une moindre mesure, les Oursins de sable résistent assez bien à l'anoxie et supportent mal les hydrocarbures.

D'autres espèces, telles : *Arenicola marina*, *Nereis diversicolor*, *Mya arenaria*, *Audouinia tentaculata*, supportent bien l'une et l'autre, de même qu'elles supportent, voire nécessitent, la dessalure.

La pollution chimique des effluents de papeterie a montré des effets assez semblables à ceux des hydrocarbures, pour les peuplements de l'estuaire de la Laïta (Sud Bretagne).

4. LA FAUNE VAGILE, POISSONS ET CRUSTACÉS

Une mortalité très visible dans les cordons d'échouage, de Poissons et de Crustacés a été constatée durant la première semaine, sur 10 km autour de l'épave (et à Roscoff plus faiblement) ; ailleurs elle est négligeable. Les animaux ont été récoltés, déterminés et mesurés.

a) *Les échouages de Poissons* portent sur 50 espèces, mais essentiellement sur les Lançons (900 individus) : *Ammodytes lanceolatus* *Ammodytes tobianus*, les Vieilles ou Labres : *Labrus berggylta*, *Labrus mixtus*, *Crenilabrus melops*, etc., les Syngnathidae : *Syngnathus acus*, *Syngnathus typhle*, *Entelurus*, *Nerophis lumbriciformis*, les Gobbidae, Bleniidae, Callionymidae, Gadidae littoraux, etc. Tous les groupes littoraux sont représentés dans les échouages mais avec des abondances très faibles pour les Soles, Plies, Carrelets, Flets, Turbots, Muges, Raies, Bars, Cycloptères, Saint-Pierre, Congres, Anguilles, Baudroies, etc... Compte tenu de la surface de la récolte, l'échouage doit représenter moins de 10 000 individus de Poissons littoraux de toutes tailles, ce qui, tout compte fait, est fort minime, même si l'échouage ne représente qu'une fraction de la mortalité.

On a récolté en échouage en deux localités, Portsall et Roscoff, 70 individus d'un Gadidé nordique : *Raniceps raninus*. Cette espèce probablement, ici, proche de sa limite Sud de répartition, n'était connue dans notre région que par un exemplaire pêché à la ligne à Roscoff en 1908 (Ile de Sieck) et par une capture récente en Baie de Douarnenez. Ce poisson, qui n'est pas capturé par les pêcheurs professionnels ni par les bassiers, que l'on n'a pas signalé en plongée, doit vivre dans un biotope inaccessible, probablement les champs de blocs battus, couverts de Laminaires. Cette présence inattendue témoigne des lacunes de nos connaissances écologiques, mais aussi de la diffusion rapide de certains hydrocarbures très toxiques dans l'ensemble de la tranche d'eau.

b) *Les échouages* ont livré des Crustacés divers. Ce sont : les Crabes, *Cancer pagurus* (1000), les Etrilles, *Portunus puber*, les Crevettes grises, *Crangon crangon* et les bouquets, *Leander serratus*, les Galathées, *Galathea squamifera* et *strigosa*, mais surtout le Crabe vert, *Carcinus maenas*. Cette espèce est extraordinairement résistante à toutes les agressions de polluants de

toutes sortes, hydrocarbures comme détergents. Son abondance témoigne de la sévérité de l'agression des premiers jours. Globalement, on peut considérer que la mortalité des Crustacés a été, comme celle des Poissons, très faible et très localisée. Les Araignées (*Maia squinado*) n'étaient pas encore à la côte. Les observations faites autour de l'épave, par les plongeurs de la Marine Nationale, ainsi que l'observation faite en basse mer, ont montré que, d'une manière générale, le Poisson, qui n'a pas été foudroyé sur place, a déserté très vite et pour un temps court, le secteur pollué.

Dans l'ensemble donc, Poissons et Crustacés commerciaux ont très bien survécu. Ils ont été cependant contaminés. En avril, des pêches expérimentales ont été réalisées par l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, entre Porspoder et la Baie de Lannion :

- le 5 avril, à Plouguerneau, par 30 m de fond, dans les casiers, les quantités de Crabes *Cancer pagurus* étaient normales, mais avec un goût d'hydrocarbures ;
- les 12, 24 et 28 avril, à Portsall, à proximité de l'épave, les Poissons étaient amaigris, mais le plus souvent sans goût d'hydrocarbures (Mulet gris, Lieu, Maquereau) ;
- le 14 avril, à Brignogan, les Araignées avaient une odeur d'hydrocarbures ;
- le 28 avril, à Portsall, près de l'épave, Cancres et Araignées avaient bon goût ;
- du 15 au 20 avril, à Plouguerneau comme à Roscoff et à Carantec, Cancres, Araignées, Langoustes et Homards étaient normaux, en quantité et qualité.

Au goût, 10 % des échantillons de Poissons répertoriés (90 échantillons seulement) sont contaminés. Ce sont, dans l'ordre de fréquence par espèce : les Raies (50 %), les Grondins et Tacauds (30 %), les Chiens et les Roussettes (25 %), les vieilles (20 %), les Lieux (près de 10 %). Les Maquereaux et les Poissons plats, les Baudroies n'ont pas livré d'individus contaminés.

Les faibles teneurs d'hydrocarbures trouvées entre 24 et 85 ppm ne semblent pas liées directement au goût parfois observé ; les tissus graisseux accumulent les hydrocarbures beaucoup plus que les muscles.

En résumé, dès la fin avril, la dilution des hydrocarbures (0,05 ppm) était suffisante pour que la décontamination des Poissons et des Crustacés soit largement commencée au large ; elle semblait achevée partout fin mai, sauf dans les Abers.

Par contre depuis le début août, nous avons personnellement observé une pathologie inquiétante sur le Poisson commercial de la zone touchée : les Muges ou Mulets gris, que l'I.S.T.P.M. avait noté « amaigris » en avril, sont de plus en plus émaciés maintenant. Ils présentent de grandes ulcérations de la peau, dans un secteur de côte qui s'étend de l'Aber Benoît à Plouguerneau, mais nous avons récolté des Poissons ainsi affectés jusqu'en Baie de Lannion (Saint-Efflam). Les enfants capturent des Poissons de plus de 30 cm, devenus « peu sauvages », à l'épuisette. Des pêcheurs professionnels de l'Aber Benoît signalent que leurs captures de Mulets sauteurs (*Mugil auratus*) sont ainsi ulcérées, dans les proportions de 80 % à la côte, 50 % au large ; que celles du Mulet à grosse lèvre (*Mugil labrosus*) le sont dans des

proportions respectives de 50 et 30 %. Ce sont les animaux de plus de 30 cm qui sont affectés. Dans des proportions non définies, des Bars, des petits Lieux, des Congres (à Landéda), des Vieilles présentent des symptômes voisins, surtout à proximité immédiate de la côte. Les Poissons plats ont les nageoires abîmées, comme usées ; certaines Soles présentent des pustules ; les Maquereaux, dans la proportion de 1 sur 20, présentaient un goût d'hydrocarbure. Les prélèvements anatomiques et histologiques sont étudiés au Laboratoire d'Histopathologie de la Faculté de Médecine de Brest.

Tout semble se passer comme si, à des syndromes de dénutrition, liés à la destruction des proies, de surinfection due à la faiblesse générale, se superposaient ceux d'une intoxication interne évoluant « à bas bruit », sans doute en relation avec la présence de mazout sur et dans les fonds sédimentaires.

BERGERARD signale que des « carottes » de sédiment, prises en plongée dans l'axe de la rivière de Morlaix, montrent la présence de mazout, visible à l'œil nu, jusqu'à des profondeurs de 50 à 60 cm dans l'épaisseur du sédiment.

Nous avons nous-mêmes noté, en juillet, des concentrations de 16 ppm d'hydrocarbures dans l'eau interstitielle du sable de plage baigné par des eaux à peu près saines, à moins de 0,03 ppm.

Il faut noter que ni la meiofaune des sables ni la flore bactérienne des vases ne semblent se rétablir ; cette dernière était, en surface, réduite du 1/10^e de la normale, en rivière de Morlaix, à la mi-juin (S. CHAMROUX).

III . Premier bilan de synthèse

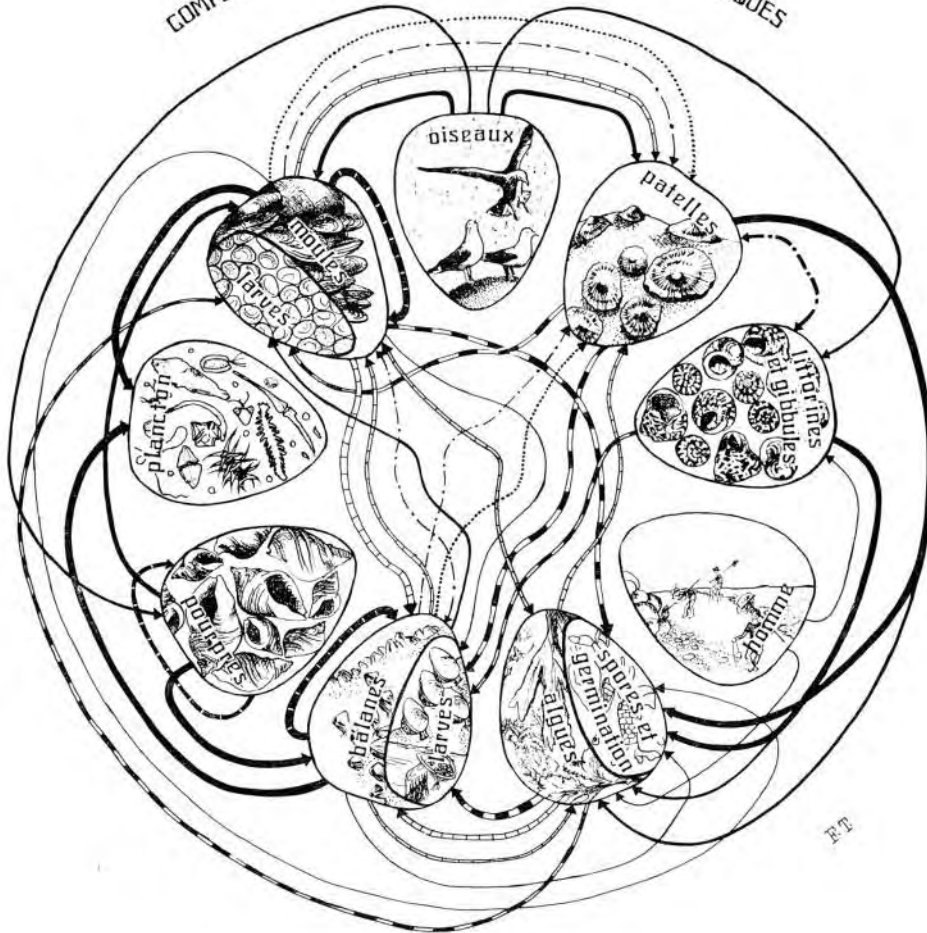
Après le naufrage du *Torrey Canyon*, en 1967, les observations faites sur les estrans rocheux de la Cornouaille anglaise ont montré que la destruction massive des Gastropodes herbivores, par le pétrole et surtout par les détergents, sur les rochers exposés à Cirripèdes et Patelles, a conduit à des successions anormales de peuplements d'algues et d'animaux : envahissement par les algues vertes (*Ulva* et *Enteromorpha*) la première année, poussée exubérante des algues brunes à cycle court, à la fois vers les milieux moins abrités et de plus hauts niveaux, les quatre ou cinq années suivantes.

A. METHODES

Pour ces raisons, nous avons étudié plus spécialement la survie des Mollusques herbivores, tout au long de la côte polluée, ce qui nous a menés à rechercher un indice biotique simple, mesurant au mieux, en chaque localité, l'intensité de l'agression subie par l'écosystème dans ses divers compartiments (fig. 2).

Entre mai et septembre, sur près de 400 km de côtes, 48 localités, situées dans et hors de la zone polluée, ont été étudiées de façon intensive, avec la collaboration d'une équipe de 3 à 10 étudiants. On y a réalisé 4 à 5 prélèvements de 1 m² chacun, dans chacune des quatre à cinq ceintures d'algues : *Pelvetia*, *Fucus spiralis*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum*, *Fucus*

ÉCOLOGIE DES ESTRANS ROCHEUX
COMPLEXITÉ DU RÉSEAU D'INTERACTIONS ÉCOLOGIQUES



Prédation, broutage, pêche	→	←	Prévention de l'implantation
			Délogement des stades juvéniles
Compétition pour l'espace	→	←	Compétition intraspécifique
Recouvrement	→	←	exacerbée
Compétition directe pour la nourriture	→	←	Gêne au déplacement

FIGURE 2 — L'impact écologique d'une marée noire ne se réduit pas à un décompte de cadavres. L'écosystème, c'est d'abord un réseau d'interrelations entre les êtres vivants. En détruisant ou en relâchant certaines liaisons, la pollution perturbe inégalement ce réseau, qui ne retrouvera son équilibre qu'après de longues années, de l'ordre de la décennie.

serratus (quatre sous-prélèvements délimités par un cadre métallique de 1/4 de mètre carré, étagés dans chaque ceinture). Numérotations ou recouvrement et biomasses ont été mesurés pour les espèces végétales et animales. On a prélevé aussi des algues, pour extraire la méiofaune épigale, en 20 localités.

B. RESULTATS : L'INDICE BIOTIQUE DE MESURE DE L'IMPACT ECOLOGIQUE

1) Même dans les zones les plus polluées, il est toujours possible de trouver des survivants, souvent très rares, de chaque espèce.

L'étude de l'impact ne saurait donc se faire autrement que par une *analyse quantitative* qui devra être effectuée en *biomasse*, parce que la taille des individus de chaque espèce est très variable et que l'on observe souvent, en cours de saison, l'arrivée de très nombreux jeunes de très petite taille.

2) Dans les peuplements de Gastropodes herbivores rocheux, les Patelles se comportent différemment des Bigorneaux (*Littorina* + *Gibbula*). Elles constituent des peuplements irréguliers, plus forts en milieu exposé, qui résistent beaucoup mieux au pétrole. Au contraire, les Bigorneaux, pris globalement, ont des peuplements d'abondance régulière, plus forts en milieu abrité, diminuant régulièrement avec l'importance de l'agression du pétrole.

3) L'agression locale du pétrole a été chiffrée par un indice empirique IAP, de la forme : $IAP = c(a + b)$ établi en fonction de la survie des Bigorneaux.

a est la durée de vieillissement en flottation du mazout, avant l'échouage.

L'agressivité de la même quantité de pétrole décroît logarithmiquement avec la durée du vieillissement (dégazage) :

cote de 0 à 6, selon la flottation a duré :

moins d'une demi-journée (6), moins d'un jour (5), moins de deux jours (4), moins de quatre jours (3), moins de huit jours (2), moins de seize jours (1), plus de seize jours (0).

b est l'abondance du mazout et la fréquence successive des échouages de nappes :

cote de 0 à 4 : échouage massif de nappes épaisses, soit en continu pendant plus d'une semaine (4), soit plus d'une fois (3,66), soit une fois le nettoyage intervenu (3,33), ou bien échouage léger ou nappe mince une fois (3), ou bien encore mince film irisé continu et nombreuses gouttelettes d'émulsion (2,66), film irisé discontinu, peu de gouttelettes (2,33), pas de pollution de surface (2). Des valeurs inférieures à 2 correspondent à des pollutions exclusivement par le mazout en suspension ou dissous.

c est un coefficient multiplicateur caractérisant la toxicité particulière d'un pétrole, selon la composition chimique liée à sa provenance.

Sheila ORTWAY a comparé la toxicité de vingt bruts représentatifs, de provenances différentes, sur *Littorina littoralis*. Le mélange de l'*Amoco Cadiz* apparaît comme fortement toxique : 10 % des types sont plus toxiques, 60 % le sont nettement moins. En prenant comme référence : $c = 1$, la moyenne des toxicités des 20 bruts, $c = 1,2$ pour l'*Amoco Cadiz*, *c* varie de 0,3 à 1,6. Aucune corrélation simple n'y apparaît, entre la toxicité et la densité, la viscosité, les teneurs en sulfures, en asphaltènes, en carbures aromatiques en C5, les caractéristiques de distillation ; la toxicité est sans doute liée à une synergie des diverses caractéristiques.

4) Les localités saines, situées hors de la zone polluée et de part et d'autre de celle-ci, ont fourni des résultats quantitatifs semblables, pour des modes exposés ou abrités semblables. En conséquence, les déficits relatifs par rapport à ces résultats ont été attribués à la pollution.

La figure 3 présente les caractéristiques des 4 localités ; les valeurs moyennes de biomasses au mètre carré ont été calculées à partir des cinq ceintures d'algues. Pour discerner l'influence du mode abrité ou exposé dominant sur chaque localité, un premier regroupement a été effectué, en combinaison avec un classement en fonction de l'indice d'agression du pétrole.

Dans les travaux antérieurs, nous avons distingué 8 « lithosères » ou séries verticales moyennes types de répartition des ceintures de peuplement caractéristique des conditions les moins exposées (8) aux plus exposées (1). Elles correspondent numériquement assez bien à l'échelle proposée par BALLANTINE (1961). Ici dominant la lithosère abritée ventilée L. 7 à *Ascophyllum* et la lithosère en semi-exposée L. 4 où la roche est pratiquement dépourvue d'algues au-dessus du *F. serratus*, mais est couverte de cirripèdes et de Patelles. Dans les estrans de cette lithosère

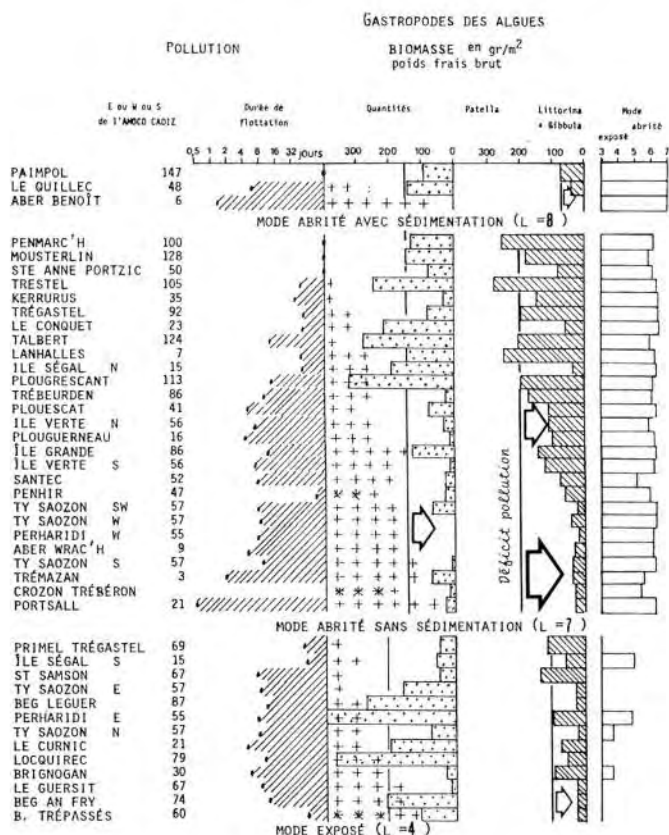


FIGURE 3 — Localement, et pour un mode donné, la biomasse des Gastropodes des algues diminue en fonction de l'agression du pétrole.

exposée, il existe pratiquement toujours des « oasis » abritées, des dépressions où se développent les ceintures algales caractéristiques des modes abrités 6 et 7. Ce sont ces peuplements appauvris qui ont été examinés.

Pour chaque localité, on a calculé un « indice biotique » de survie, exprimé en Biomasse (brute) des Gastropodes Herbivores Operculés du Rocher Normalisé par rapport aux zones hors pollution de même exposition, pour lequel nous proposons le sigle B.I.G.H.O.R.N.

Il varie donc de 100 à 0, depuis les zones hors pollution jusqu'à la zone de mortalité totale. Hors pollution, la biomasse moyenne au m² est de 200 g dans les milieux abrités (L = 7), de 100 g dans les modes exposés (L = 4). La valeur moyenne de l'indice, pour l'ensemble des stations situées entre Bréhat et la Pointe Saint-Mathieu, est de 46, ce qui signifie que 46 % de la population de « Bigorneaux » a survécu dans l'intertidal, si, à Portsall, seulement 2 à 4 % ont survécu.

La planche en couleur hors texte présente l'esquisse d'un bilan de synthèse. Elle montre la répartition de l'indice B.I.G.H.O.R.N. sur la côte polluée et, dans la légende détaillée, les variations de la survie des différents animaux et végétaux des rochers des sables et de la pleine eau, pour les divers grades de l'indice, ainsi que la relation de celui-ci avec l'agressivité du pétrole. Dans les sédiments, la mortalité se poursuit encore 6 mois après ; le tableau a seulement une valeur indicative provisoire.

Les stations trop peu nombreuses de la Rade de Brest, de la Presqu'île de Crozon, de la Pointe du Raz, ont de fortes mortalité qui sont attribuables au pétrole du *Böhlen*.

Prenant en compte le taux de mortalité moyen des Bigorneaux (54 %) et des Patelles (30 %), des 130 km² de rochers pollués dans la zone des marées et les poids moyens, avec coquilles, de ces animaux, par mètre carré (320 g), on calcule une perte de 16 000 tonnes, à laquelle il faudrait ajouter celle, plus faible, des crustacés et des peuplements rocheux submergés, en tout : environ 25 000 tonnes.

Les mêmes opérations sur les peuplements des 420 km² de sédiments, touchés à 30 % en moyenne, dont le poids moyen des animaux est de 400 à 600 g/m², donnent un déficit de 75 000 tonnes.

Le taux de mortalité de 30 % est la valeur calculée pour l'ensemble des peuplements interdidaux (en juin) ; la mortalité est sans doute supérieure en profondeur, comme en témoigne la provenance infratidale des cadavres échoués sur les plages, notamment à Saint-Efflam.

Combien coûterait la réparation du préjudice subi, c'est-à-dire le remplacement de ces 100 000 tonnes minimales de coquillages par ce qu'il y a de plus voisin sur le marché existant : Bigorneaux d'Irlande, Coques et Moules de Hollande ? Le prix-barème, versé aux ostréiculteurs pour éliminer leurs huîtres contaminées, pourrait être choisi : 4 000 F la tonne. Pour fixer les idées, retenons ce chiffre. Il apparaîtrait alors que le coût écologique de la marée noire ne saurait être inférieur à celui du nettoyage par l'Armée : 400 millions.

Cette somme ne représente que la perte en capital ; celui-ci produit naturellement entre 30 et 200 %, en moyenne 50 %, de

sa valeur tous les ans. Cette année est déjà perdue : on passe à 600 millions ; si les procès en cours devaient durer, c'est plus de 200 millions qu'il conviendrait de réclamer par année d'attente.

Le remplacement des 20 000 oiseaux tués pourrait être évoqué. On connaît la facture élevée des macareux importés des Féroé, qui furent implantés aux Sept-Iles, après le naufrage du *Torrey Canyon*.

Les pertes écologiques ne sauraient se résumer en des pertes matérielles. Des dégradations structurales des milieux et des relations entre leurs habitants sont intervenues ; il est encore difficile de les apprécier.

Il importe de proclamer et de montrer que la Nature, pour être défendue, peut et doit être évaluée.

Dans notre société de profit, ce que l'on croit ne pas savoir évaluer est sacrifié, voire méprisé.

Le « sans prix », l'« inestimable », c'est tout aussi bien le trésor que le grain de poussière ; le glissement de sens vers le scepticisme ne peut qu'être entretenu par ceux qui doivent réparer.

IV - Conclusion et perspectives à la fin Septembre

Compte tenu de l'énorme tonnage d'huile déversée, et par comparaison avec les sinistres pétroliers antérieurs, le bilan écologique provisoire de l'impact est modéré.

L'évaluation du coût de remplacement des destructions biologiques et écologiques est de l'ordre de grandeur du coût du nettoyage.

Les mortalités constatées sont localisées, sélectives, partielles, de l'ordre de 30 % pour l'ensemble de la faune, de moins de 5 % pour la flore.

Les contaminations des organismes et des produits de la pêche ont été passagères, quand celles de leurs milieux étaient passagères. L'ostréiculture seule est très touchée. Les algues ont été bien exploitées, mais avec un mois de retard. Le poisson présente, depuis août, une pathologie inquiétante, en relation sans doute avec les milieux sédimentaires contaminés qui restent contamineurs.

La couverture des grandes algues a surmonté la crise ; les populations d'herbivores ont partiellement survécu (50 %) et ont commencé leur recrutement annuel, même dans les zones les plus touchées : il n'y aura vraisemblablement pas de changements physiologiques importants sur les rochers, pas de « marées vertes » généralisées et pas de recolonisations écologiques aussi nettes que celles décrites par SOUTHWARD, sur les côtes de Cornouaille.

Les trois causes de cet impact modéré semblent :

- la haute turbulence de la zone d'échouage qui assure une intense dispersion dans toute la masse d'eau ;
- le faible emploi de détergents : 2 000 tonnes seulement, au-delà des fonds de 50 m ; ces détergents (BP 1100 X, Finasol OSR2 et surtout BP 1100 WD, Finasol OSR5, seraient désormais 500 à 1 000 fois moins toxiques que

ceux utilisés pour le pétrole du *Torrey Canyon*. La mortalité constatée est, pour l'essentiel, due aux hydrocarbures eux-mêmes ;

- le prompt et intense ramassage de l'émulsion échouée par les militaires et les volontaires (15 à 20 000 tonnes d'huile pure).

L'aspect le plus menaçant est la constante accumulation d'hydrocarbures dans les sédiments et leur eau interstitielle (1 à 16 ppm, alors que l'eau littorale en renferme moins de 0,03).

Cela est plus grave encore dans les sédiments réducteurs noirs des vasières où se forment naturellement des hydrocarbures. Si la vase gorgée d'eau est à peu près imperméable au mazout, les milliers de galeries d'animaux qui vivent dans ces sédiments assurent sa pénétration sur près d'un mètre.

Ces milieux abrités constituent des pièges géochimiques naturels, susceptibles de contaminer les animaux d'aval pendant des décennies.

Les comportements économiques sauvages des firmes multinationales qui s'exercent au détriment des États riverains, témoignent d'un mépris inadmissible des populations maritimes. Dans le contexte économique multinational où ils s'exercent, seules des mesures économiquement dissuasives prises par les pays producteurs de pétrole eux-mêmes seraient susceptibles d'imposer plus de sécurité dans ces transports — elles mettraient à égalité les diverses Compagnies —. C'est l'avantage de tous, des pays de l'O.P.E.P. au premier chef, dont la production est dévaluée dans l'esprit des consommateurs.

C'est l'avantage des Compagnies qui seraient alors placées dans un contexte égalitaire, c'est l'avantage enfin des populations maritimes riveraines, attachées vitalement à la qualité du milieu marin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALLANTINE W.J. (1961) - Abiologically defined exposure scale for the comparative description of Rocky shore.
- CHASSE Cl., L'HARDY-HALOS M.T. & PERROT Y. (1967) - Esquisse d'un bilan des pertes biologiques provoquées par le mazout du *Torrey Canyon* sur le littoral du Trégor. *Penn ar Bed*, 6, 50, pp. 107-112.
- CHASSE Cl. (1972) - Economie sédimentaire et biologique (production des estrans meubles des côtes de Bretagne. *Thèse d'Etat*, Paris VI, 1-293.
- CHASSE Cl. (1978) - Esquisse d'un bilan écologique provisoire de l'impact de la marée noire de l'*Amoco Cadiz* sur le littoral. in Journée Spéciale *Amoco Cadiz*, Brest 7 juin 1978. Public. C.N.E.X.O. Serv. *Acte de Colloques*, n° 6, pp. 115-134.
- GUNDLACH E.R. & HAYES M.O. - Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. *Mar. Tech. Soc. Jour.*, 23 p. (in press).
- LEWIS J.R. (1964) - The ecology of rocky shores. *The English Universities Press LTD* - London.
- SOUTHWARD A.S. & SOUTHWARD E.C. (1978) - Recolonization of rocky shores in Cornwall after use of toxic dispersants to clean up the *Torrey Canyon* spill. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 35, pp.682-706.
- VANDERMEULEN J.H. (1977) - The self-cleaning processes and the biological recovery. The Chedabucto Bay Spill - Arrow, 1970. *Oceanus*, 20, 4, pp. 31-39.
- C.N.E.X.O. (1978) - *Amoco Cadiz*, premières observations sur la pollution par les Hydrocarbures, Brest 7 juin 1978. *Actes de Colloques*, n° 6.