

ESQUISSE D'UN BILAN ECOLOGIQUE PROVISOIRE
DE L'IMPACT DE LA MAREE NOIRE DE L'AMOCO-CADIZ"
SUR LE LITTORAL

par

C. CHASSE,

Chargé de recherches au CNRS - Laboratoire
d'Océanographie Biologique - Institut d'E-
tudes Marines - Université de Bretagne
Occidentale.

A B S T R A C T

The wreckage of the tanker "AMOCO CADIZ" on the reefs of PORTSALL was the fourth oil spill in ten years on the coast of Brittany : it also is the largest known oil spill in the world.

The patches at sea were driven eastward by westerly winds from March 17 to March 23. 140 Km of coast line was polluted. The oil spreaded more slowly towards the north west, south and north west where it spoiled some 375 Km of touristic sea coast and important fishing grounds.

The coastline is six kilometers wide ; it includes islands and large reefs. The local tidal currents are very strong and reach more than three knots, during spring tides which may rise up to nine meters in a rough sea conditions. The turbulence of the water soon disper- sed the slicks and mixed the oil within most of the water column, reducing its toxicity. Becau- se of the geomorphological conditions, the rocky, sandy and intricate biotopes are extremely varied and the settlements are diversified. The fauna and flora has been well studied for ever 100 years and reference data have been collected for all this area.

Around the hull of the ship, high mortality rates were observed for all species on the first day. Many dead animals were washed ashore ten to fifteen kilometers around the wreckage. The oil spill affected the Gasteropodes living on the rocks and certain species li- ving in sediment. The sea urchins, Cockles, *Cardium edule*, *Solenidae*, *Veneridae*, *Ampeliscidae* and others animals, such as worms (*Ophelidae*, *Haustdididae*, *Arenicolidae*), *Lamellibranches* (*Lellinidae*) remained in normal numbers.

The settlements of species dwelling in the sediment were more affected below the tidal zone than on the beaches. The sea-weed was oily on nearly all the shores especially on the higher levels of the sheltered areas. But, they still lived, grew and seemed to reproduce. However, they will generally be unsuitable to be used as food products.

The field of *Laminaria* (400 Km² in Tregor and Léon) has been normally harvested since May. The Plancton life is nearly back to normal. Fish and Crustaceans were slightly af- fected but were edible starting from the beginning of June. About 20.000 birds died.

The most affected bays and estuaries are : ABER BENOIT, ABER WRACH, Baie de MORLAIX, Baie de LANNION. The oil settled on the infralittoral areas. There, the concentration of hydrocarbons seemed to increase into the cleaning action of the waves on exposed areas. Black mud is a geochemical trap and keeps the hydrocarbons preserved. The ecological effects observed were moderate when compared with the enormous volume of oil spilled at sea.

I suggest that the reasons are :

1°/ Dilution of the oil due to the high turbulence of the water.

2°/ Efficient means for collecting the oil which ran aground (10 to 20.000 tons).

3°/ Restricted use of slightly toxic detergents (2.000 tons) following the advice of scientifists.

M O T S - C L E S : Marée noire, AMOCO CADIZ, Bretagne, Bilan écologique, Littoral.

K E Y W O R D S : Oil spill, AMOCO CADIZ, Brittany, Ecological assesment, Shoreline.

N.B. : All of our observations are provisional and must be confirmed later.

INTRODUCTION

Promontoire avancé de l'Europe, la pointe de la Bretagne (Pen ar Bed) voit défiler au ras de ses côtes l'essentiel du trafic maritime qui dessert les grandes zones industrielles de l'Europe. Elle a subi quatre "marées noires" en une décennie, le "Torrey Canyon" en 1967, l'"Olympic Bravery" et "le Böhlen" en 1976. La fréquence de ces sinistres, due aux négligences et aux erreurs de navigation plus qu'à la malchance, ne fait que s'accroître. Notons toutefois qu'à l'échelle du monde, les accidents de pétroliers ne sont responsables que pour 3% de la pollution par les hydrocarbures en général, que 20% sont dus au nettoyage des cuves de tankers et 45% aux effluents des villes côtières et aux apports des fleuves, 10% aux industries de tous types, 10% à l'apport par l'atmosphère, la production naturelle représentant 10%. Le caractère massif de ces sinistres, ne doit pas faire oublier que les taux d'hydrocarbures présents dans le milieu marin tendent dangereusement à se rapprocher du seuil de 0.1 ppm où les produits de la pêche côtière et de la mariculture deviendront impropres à la consommation du fait de leur goût.

1. LA MARCHE DES EVENEMENTS

Le super tanker libérien "AMOCO-CADIZ" s'est échoué sur des récifs de la zone des brisants par des fonds de 20 m, à 2 km de la côte de Portsall, en Bretagne Nord, le 16 mars avec 223 000 tonnes de pétrole léger. Le 18 mars, le cargo a perdu probablement 80.000 T, le 25 mars il ne restait que 35.000 T dans les cuves, cependant fin mai, malgré le pétardage de l'épave, quelques traînées d'huile sortaient encore du château arrière.

On peut distinguer 3 grandes phases dans la marée noire :

- . la phase majeure de déploiement de la nappe vers l'est en mars.
- . la phase de stabilisation en avril avec le déploiement mineur de la nappe vers le nord, l'ouest et le sud et des pollutions légères de nouveaux secteurs.
- . la phase de décontamination qui commence en mai.

1.1 La phase majeure de déploiement de la nappe vers l'est en mars

Poussée vers le Cotentin par les vents du secteur ouest, la nappe atteint le 19 l'île Vierge (+ 14 km), le 20 l'île de Batz (+ 55 km), le 21 Primel Trégastel, Beg an Fry (+ 80 km), le 22 la Baie de Lannion et les Septs Îles (+ 95 km), le 23 Bréhat (+ 130 km). Un premier arrêt se manifeste le 25, la nappe se déplace vers le milieu de la Manche et s'incruste ; de l'huile lestée de sable plonge dans les baies de sable fin et les estuaires sablo-vaseux. Des poussées vers les îles Anglo-Normandes et la baie de St-Brieuc s'ébauchent le 1er et le 2 avril. De Porspoder, 10 km au sud-ouest du naufrage, jusqu'à Bréhat 130 km à l'est, à vol d'oiseau, poussée par les vents d'ouest, la nappe de pétrole s'est progressivement déployée, sur 140 km de long et à 6 à 10 km de large, le long d'un secteur côtier d'orientation générale est-ouest profondément original.

1.1.1 Originalité océanographique : Le sinistre s'est produit sur le rebord sud de la Manche Occidentale, mer intercontinentale profonde de 60 à 120 m, animée de courants de marée violents est-ouest de près de 4 noeuds, parallèles au rivage à la limite des roches du socle hycernien à 3 à 4 miles 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 noeud).

Une amplitude de marée considérable de 8 à 12 m se traduit également par de violents courants nord-sud de plus de 2 noeuds 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 naphtènes dans le brut plus que par les 2.000 T de détergents déversés, susceptibles d'émulsionner seulement 12.000 T.

1.1.2 Originalité géomorphologique du littoral du Léon - Trégor : Le littoral d'orientation générale est-ouest borde en conformité le bourrelet anticlinal antéhercynien pénéplané de roche cristalline et métamorphique. Il est accidenté d'un réseau de fractures parallèles et perpendiculaires responsables des tracés en quadrillage des talwegs terrestres et sous-marins creusés dans la pénélaine.

La ligne des fonds de 50 m est à moins de 10 km du trait de côte, elle délimite un prisme littoral 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 submergées. Ceux-ci sont creusés dans la roche cristalline empâtée d'altérites tertiaires (arène en place) et de formation périglaciaire susjacent, 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 azoïque dans l'ensemble. Les baies des Abers de Goulven et surtout de Morlaix et de Lannion rompent cette homogénéité en se nappant partiellement de sable moyen et fin 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.

1.1.3 L'Originalité écologique découle largement des originalités océanographiques et géomorphologiques : la diversité des biotopes est extrême, une étude statistique sur 5000 points révèle que en deça de l'isobathe 50 m, du Conquet et Ouessant au sillon de Talbert, soit sur les 1380 Km² affectés par la marée noire, il y a près de 900 Km² de surfaces rocheuses. Environ 400 Km² situés entre + 3 m et - 12 m sont couvertes par le plus grand champ d'algues de France, produisant annuellement quelques 6 millions de tonnes d'algues fraîches. Les 400 Km² situés entre - 12 m et - 50 m sont peuplés d'éponges, d'hydriaires et de bryozoaires, environ 70 Km² situés au-dessus de + 3 m dans la zone intertidale sont couverts de cirripèdes Chtamales et Balanes ou de fucales, peuplés de patelles, de littorines et de gibbules.

Les fonds sableux couvrent quelques 500 km² avec des peuplements extrêmement diversifiés : dunes hydrauliques de sable moyen et fin à Ophelidae, Haustoridae et Ammodytidae, nappes de sables fins charriés par les vagues à Venus gallina, Pharus legumen, Tellina tenuis et fabula, Donax vittatus, Ensis ensis ; bassins sabloveux et sables fins de décantation à Corbula gibba, Cardium edule, Solen marginatus, Leiochone clypeata, Arenicola marina. Des herbiers de Zostera marina colonisent souvent ces fonds entre + 3 et - 3 m avec leurs riches peuplements à Loripes lactueus, Sabella pavonina, Tapes aureus, Polymnia nebulosa, Sabella pavonina. Les sables grossiers éluviaux sont peuplés de Nucula nucleus, Tapes rhomboïdes, Dosinia exoleta, Venus verrucosa. Les vasières des estuaires sont peuplées de Nucula turgida, Melinna palmata, et dans les zones émergentes et dessalées Scrobicularia plana, Nereis diversicolor, Mya arenaria. Des herbiers ou schorres importants couverts d'une végétation où domine Obione portulacoides, Puccinelliamaritima et Cochlearia danica surmontent, au-dessus des plaines 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 1871, de la Station Biologique de ROSCOFF, l'une des plus anciennes et des plus importantes d'Europe. Elle se trouve au coeur 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), la pêche côtière, surtout de crustacés, de lieux jaunes, l'activité goémonière, (environ 500 personnes), l'ostréiculture (Abers Benoît et Wrac'h, Baie de Morlaix) l'aquaculture encore expérimentale (ormeaux à Porspoder, salmonidés à l'île d'Her) mais aussi le goémon d'épave pour l'agriculture des premiers.

1.1.4 Le sinistre lui-même présente des caractères originaux : La semaine d'extension de la nappe s'est caractérisée par quatre faits majeurs :

a) La localisation des échouages de mazout assez précise sur les secteurs côtiers exposés 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 (CHASSE, 1967), bien évidemment les courants sont intervenus, notamment dans les estuaires pour moduler ces règles générales.

b) 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.

c) 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 noeuds). Il y a fin mars 0,1 ppm d'hydrocarbures, 2 à 3 miles 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 NOAA et du CNEXO).

d) 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'Ile de Batz où la masse d'huile a buté dans sa progression.

A la fin de mars, on estime que 90.000 tonnes se sont évaporées, que 40.000 tonnes sont venues à terre ou flottent au large (au mieux 5.000 t ont été récupérées par les services publics, l'armée et les volontaires bénévoles). Il resterait près de 100.000 t, soit émulsionnées ou dissoutes dans la masse d'eau, soit adsorbées sur les sédiments. Une masse d'eau, contaminée à 0,1 ppm de l'ordre de 200 Km de long, de 50 Km de large, sur une profondeur de 100 m, ne correspondrait qu'au 1/10e de ce mazout résiduel : l'essentiel est probablement sur le fond.

Pendant cette période, l'Institut d'Etudes Marines de BREST (I.E.M.) et la Société d'Etudes et de Protection de la Nature de Bretagne (S.E.P.N.B.), grâce à la collaboration très active des étudiants de l'Université, ont procédé à la collecte massive des informations nécessaires aux premières études de l'impact de la catastrophe.

. 17 mars : prospection du secteur d'atterrissage, détermination de l'originalité 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 60 chercheurs des informations manquantes pour établir un état de référence préalable continu des peuplements entre Brest et Roscoff (100 km).

. 21 mars : collectes des animaux échoués entre Brest et Roscoff par 50 équipes de 4 étudiants en 50 localités.

. 19, 21, 24, 29 mars un suivi jusqu'à épuisement des échouages de cadavres est effectué au voisinage de l'épave - il n'y a plus alors de nouveaux échouages.

. 29 mars : collecte et observations par 160 équipes de 4 étudiants comprenant chacune un scientifique, de Crozon à Paimpol sur 180 stations et 200 km.

Les travaux réalisés par les étudiants et les chercheurs comportaient :

- . le constat quantitatif d'échouage d'animaux morts
- . le constat semi-quantitatif de mortalité des gastéropodes sur les rochers à 3 niveaux
- . le constat simplifié sur les caractéristiques les plus significatives du milieu normal (nature des ceintures d'algues).

Les observations étaient portées sur fiches préétablies et sur cartes au 25.000ème. Un cours d'écologie adapté et les instructions nécessaires avaient été donnés préalablement. Les déterminations et les mensurations des animaux ont été réalisées aux laboratoires par les chercheurs de l'Université.

Après le 29 mars, une surveillance souple de toute la côte a été maintenue.

. du 6 au 13 avril une équipe de 15 étudiants a procédé, avec l'auteur, à des prélèvements quantitatifs dans les zones polluées étudiées antérieurement par celui-ci : Grande Grève, Beg en Fry, Ty Saozon, Aber de Roscoff et Perharidic, Mogueriec et Guillec (100 prélèvements quantitatifs environ).

. Postérieurement, une étude des peuplements de l'Aber Benoît a été entreprise dans les mêmes conditions (environ 80 stations), en avril et mai.

1.2 La phase de stabilisation d'avril commence vers le 25 mars et s'étend jusqu'au 25 avril, la nappe s'inscrit dans les baies et les estuaires.

Le 12 avril, un vent d'Est renverse le sens de la progression. La face Est des criques et des baies, jusque là préservées, sont polluées, souvent assez légèrement. C'est une phase mineure de déploiement des nappes encore libres, vers l'ouest puis le sud et enfin le nord-ouest : le Conquet et Ouessant sont légèrement touchés le 11 avril, le Raz de Sein le 13 avril, Douarnenez le 22 avril, Morgat le 23. C'est la fin du déploiement des nappes le 25 avril - toutes ces pollutions sont assez légères, les mortalités constatées en Baie de Douarnenez et d'Audierne sont faibles, bien qu'elles semblent s'accroître pour les populations de Donax trunculus. La Rade de Brest longtemps menacée est indemne.

1.3 La phase de décontamination en mai

. La décontamination a commencé par les secteurs à haute énergie, rochers avancés, pointes, grèves battues par les vagues d'où le mazout se décroche entraînant consécutivement une pollution secondaire des secteurs à basse énergie avoisinants, baies, criques et estuaires.

. La dilution s'est continuée et à la mi-mai la concentration de l'eau côtière est presque partout inférieure à 0.050 ppm et souvent proche de 0.020, on est pratiquement au seuil habituel des hydrocarbures hors pollution.

Les nappes ont partout disparu mais l'I.G.N. et le C.N.E.X.O. signalent, le 26 mai, toujours de faibles irisations au voisinage de Portsall, de l'île Grande et des Abers, et des traces d'émulsion en baie de Lannion.

2. IMPACT ECOLOGIQUE SUR LES PEUPELEMENTS, ETAT A LA FIN MAI

2.1 Peuplement des rochers

2.1.1 Les algues et les roches de la zone littorale sont huilées sur presque 200 km. Ce sont surtout les secteurs abrités à Ascophyllum nodosum, des criques exposées face aux vents d'ouest qui restent englués, là où le mazout s'est échoué en nappe. Les algues sont cependant partout vivantes. Un test de photosynthèse comparable à celui que nous avons réalisé lors de la pollution du "Torrey Canyon" (CHASSE et al., 1967) a été entrepris le 16 avril avec une équipe de chercheurs hollandais à Roscoff. Elle 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 Portsall.

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 T, 500 à 1000 fois moins toxiques qu'en 1967).

La croissance des algues a repris partout. PEREZ (rapport ISTPM) 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 flexicaulis) 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 (CHASSE, 1972). Bien que touché par le mazout dissous et émulsionné, aucune mortalité significative n'a été observée bien qu'un ralentissement de croissance soit probable. Nous avons réalisé un premier sondage le 26 avril portant sur les mensurations des trois espèces : Laminaria flexicaulis, Laminaria ochroleuca, Laminaria hyperborea provenant respectivement de la Rade de Brest (Dellec) non polluée et d'une station proche de l'épave à Portsall (île de Rosservor). Il a montré que les frondes des 3 espèces ont continué de croître et sont morphologiquement normales en zone polluée, bien qu'un certain retard se soit manifesté à Portsall pour les 2 premières espèces.

Longueur moyenne des 1/3 plus grandes frondes	Rade de Brest (hors pollution)	Laminaria flexicaulis (2 ans)	Laminaria ochroleuca (4 ans)	Laminaria hyperborea (4 ans)
		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 3 stations de Laminaria flexicaulis exploitées par les gôemoniers 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 des sous strates étaient normalement développées (Delesseria sanguinea, Gelidium sesquipedale, Asparagopsis armata, Callophyllis laciniata etc.). La faune comportant 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 Berggylta, des étoiles de mer Asterina gibbosa, des mollusques Haliothis tuberculata etc...

Laminaria flexicaulis de 2 ans - 24 et 25 mai 1978 - Aber Benoît longueur moyenne des 1/3 plus grandes frondes (sur 2 m²), moyenne générale et 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 (PEREZ, 1976)

Plateau de Trevors - 1 m - faciès semi abrité	Men Reneat + 1 m faciès intermédiaire	Rous Quennou (Nord) - 3 m faciès battu du large
123 cm (85, de 25 à 160)	147 cm (140, de 105 à 260)	168 cm (88, de 25 à 160)

L'examen tend à montrer que dans tous les secteurs étudiés la croissance a repris (et qu'il est possible à ce jour d'entreprendre une exploitation normale des Laminaria flexicaulis .

2.1.2 Les animaux des rochers exondables ont subi de lourdes pertes variables avec l'intensité, le renouvellement et la persistance des atteintes par la nappe d'hydrocarbures. Les Gastéropodes ont été spécialement étudiés (160 sites et plus spécialement Roscoff, l'île de Ty Saizon, île Verte, Pointe de Perharidic, Mogueriec). Début avril, les Patella ont subi des mortalités de l'ordre de 0 à 80 %, surtout sur les hauts niveaux, le plus souvent 20 %, au voisinage du sable elles ont mieux résistées. Les bigorneaux, Littorina, Gibbula, Monodonta ont subi des pertes globales de 50 à plus de 99 %. La mortalité a frappé plus lourdement les hauts niveaux du fait de la plus forte pollution mais, à pollution égale, les bas niveaux se montrent généralement plus affectés. Les zones abritées à Ascophyllum sont généralement les plus touchées. Chaque espèce est plus atteinte à la limite supérieure de sa répartition bathymétrique.

Les résultats des mortalités à Roscoff (12 transects) sont les suivants :

<u>Patella vulgata</u>	{ n. élevé 0 à 90%	moyenne 67%
	{ n. moyen 0 à 80%	moyenne 45%
<u>Littorina rudis</u>	25 à 99%	moyenne 90%
<u>Littorina obtusata</u>	0 à 99%	moyenne 52%
<u>Gibbula umbilicalis</u>	} 20 à 90%	moyenne 60%
<u>Gibbula pennanti</u>		
<u>Gibbula cineraria</u>		moyenne 80% (mais sous les pierres la mortalité semble nulle)
<u>Thais lapillus</u>	50 à 99%	moyenne 72%

La plus lourde mortalité des Gastéropodes operculés 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 leurs coquilles, 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. Les Cirripèdes et les Moules, les Hermelles, surtout développés dans les zones à fort hydrodynamisme, rapidement nettoyés, ont été pollués mais n'accusent pas de fortes mortalités, leurs prédateurs, Nucella lapillus sont souvent plus lourdement décimés.

Sous la zone intertidale, il semble que les ascidies, les éponges, les hydres, les crustacés, les étoiles de mer aient peu souffert dans l'ensemble. Les Echinodermes et notamment Echinus esculentus et les Holothuria ont régressé.

2.2 La faune sédentaire des sables et des vases :

Les cordons d'échouage et les autres zones d'accumulation ont livré les cadavres de grandes quantités d'animaux des sédiments, ce sont plus particulièrement :

l'oursin de sable : Echinocardium cordatum

les coques : Cardium edule

les couteaux (Solenidae) Pharus legumen, Ensis ensis, Ensis siliqua, Ensis arcuatus, Solen marginatus

les macridae : Mactra corallina, Spisula solida

les palourdes "veneridae" : Venus verrucosa, Tapes decussatus, T. rhomboides, T. pullastra

les crustacés épipsammiques : Mysidacés, Crangonidae : Crangon crangon

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.

. A la Grande Grève en baie de Lannion, les peuplements de sables fins à Tellina tenuis, T. 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 marge de plage dans les peuplements à Nerine cirratulus, Bathyporeia pilosa. Les Cardium edule, présents habituellement dans les 2/3 supérieurs de l'estran, sont détruits, les Mactra corallina et les Solenidae le sont également en bas de plage.

. 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 vivantes alors que les Crabes et les Gastéropodes avaient quasiment disparus.

. A Térénès, anses nord et sud, en baie de Morlaix, le 8 avril, les peuplements étaient normaux.

. A 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 sables fins à Ampelisca brevicornis ont disparu et les peuplements des herbiers sont très appauvris en épifaune de Gibbula pennanti. Les peuplements dunaires instables à Ophelia bicornis, Nerine cirratulus n'ont pas été retrouvés.

. A Moguériec et dans l'estuaire du Guillec (11 avril) bien touchés, 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.

. Aux abords et dans l'Aber Benoît, ainsi qu'à l'ouest de la presqu'île Sainte-Marquerite (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 et assez propres à Leiochone clypeata et Lanice conchylega ont souffert ; ceux à Leptosynapta gallineii et ceux à Arenicola marina sont normaux. Les dunes hydrauliques qui occupent l'axe de l'Aber Benoît montrent des peuplements dunaires normalement riches à Ophelia bicornis, O. 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 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'Hydrides 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 découvrentes. Les peuplements sans dessalures sont caractérisés par Tapes pullastra, T. decussatus, T. 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 détritiques algaux, les plus pauvres en oxygène. Les peuplements avec dessalures et les vasières d'amont, comportent des peuplements denses de Nereis diversicolor (1600/m²) de Mya arenaria (4 à 40/m², moyenne 12).

. Anse de Kersaint-Portsall, Grèves de Tréoupan : ce secteur le plus touché, présente un champ bien vivant d'Arenicola marina denses et actifs (3 juin).

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, Trebeurden). 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 mètres 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 Grande Grève (St Efflam - St Michel en Grève), sur 10 km² où les animaux vivent encore, on a dénombré le 6 avril, jonchant la plage et accumulés dans le cordon d'échouage, 3,5 millions de Solenidae morts (Pharus legumen, Ensis ensis, Ensis siliqua), 10 millions d'Echinocardium cordatum, 7,5 millions de Cardium edule, 7 millions d'autres Bivalves, dont 5 de Mactra corallina, Donax vittatus, Tellina tenuis, Lutraria lutraria, etc.). Les chercheurs de la Station Biologique de Roscoff signalent la quasi disparition des 6 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 roches des zones battues ainsi que les graviers très ventilés du large à Ophiotrix fragilis sont peu affectés. (Campagne du N/O "Suroit").

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 SH₂ et NH₃. Les Ophelidae, les Haustoridae, les Ammodytidae, les Tellinidae, qui résistent fort bien aux hydrocarbures, supportent très mal le déficit en oxygène et le SH₂, alors que les Coques, les Couteaux et dans une moindre mesure les Oursins de sable, résistent 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 voir 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).

2.3 La faune vagile

2.3.1 Une mortalité très visible de poissons et de crustacés s'est déclarée dans les tout premiers jours 10 km autour de l'épave (et à Roscoff dans une plus faible mesure). Elle porte sur 50 espèces de poissons, mais essentiellement sur les lançons (900 individus) : Ammodytes

lanceolatus, *A. tobianus*, les Labres *Labrus Berggylta*, *L. mixtus*, *Crenilabrus melops*, etc... Les Syngnathidae : *Syngnathus acus*, *S. typhle*, *Entelurus*, *Nerophis lumbriciformis*. Les Gobiidae, 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, St Pierre, Congres, Anguilles, Baudroies, etc... Compte tenu de la surface de 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. Les observations faites autour de l'épave par les plongeurs de la Marine Nationale, ainsi que l'observation 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. Cependant, dès le 12 avril, puis le 24, le 28, les pêches expérimentales de l'ISTPM, à Portsall, à proximité de l'épave donnaient des pêches de poissons généralement sans goût d'hydrocarbures, mais d'aspect amaigri (muges, lieu jaune, maquereaux).

On a récolté en échouage, en deux localités, Portsall et Roscoff, 70 individus d'un Gadidé nordique *Raniceps ranimus*, ici en limite sud connu par un seul exemplaire, pêché à la ligne à Roscoff en 1908 (Ile de Sieck). 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.

2.3.2 Les échouages ont livré des Crustacés divers, ce sont : *Cancer pagurus* (1000), *Portunus puber*, *Crangon crangon*, *Leander serratus*, *Galathea squamifera* et *strigosa* mais surtout *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 faible et localisée, les Araignées : *Maia squinado* n'étaient pas encore à la côte. Des pêches expérimentales de l'ISTPM à Plouguerneau le 5 avril, par 30 m de fond, révélaient dans les casiers des quantités normales de tourteaux *Cancer pagurus*, mais avec un goût d'hydrocarbures ; de même le 14 avril à Brignogan, les araignées avaient une odeur d'hydrocarbures. Le 28 avril par contre, à 1.5 milles de l'épave, crabes et araignées avaient bon goût. Du 15 au 30 avril, à Plougasnou comme à Roscoff et Carantec, crabes, araignées, langoustes, homards offraient des pêches normales et des goûts normaux.

J'ai consommé début mai, des araignées et des plies, excellentes, provenant de l'embouchure de l'Aber Wrach. Les étrilles étaient également excellentes à cette date. En résumé, dès la fin avril, la dilution des hydrocarbures était suffisante pour que la décontamination des crustacés dans les secteurs du large soit amplement entamée.

2.4 Les oiseaux de mer :

La mortalité des oiseaux présente un caractère spectaculaire qui suscite l'émoi entretenu de la population. Il a été recueilli et déterminé par les Ornithologues de la SEPNB environ 4 000 cadavres d'oiseaux de mer et on estime à 10 à 20.000 Oiseaux l'effectif détruit. D'après l'échantillon de 2.800 individus répertoriés à Brest, ce sont essentiellement les effectifs d'Oiseaux plongeurs, Alcidae, Phalacrocoracidae, Sulidae, Gaviidae qui ont souffert (Macareux : *Fratercula arctica* : 780, Petits Pingouins : *Alca torda* : 664, Guillemots : *Uria aalge* : 480, Cormoran huppé : *Phalacrocorax aristotelis* : 467, Fous de Bassan : *Sula Bassana* : 55 Plongeon : *Gavia arctica* : 121). Les Laridae sont peu atteints selon la règle : (Goeland argenté : *Larus argentatus* : 53, Goeland brun : *L. fuscus* : 24, Goeland marin : *L. marinus* : 11, Mouette rieuse : *L. ridibundus* : 35, Mouette tridactyle : *Rissa tridactyla* : 10). Il en résultera une accentuation des déséquilibres en défaveur des Alcidae déjà très menacés, spécialement les macareux ; cependant, beaucoup proviennent des populations en transit qui ne nichaient pas en Bretagne.

3. CONCLUSIONS & PERSPECTIVES.

Début juin, il est encore difficile et prématuré d'esquisser un bilan. La décontamination de la masse d'eau est quasiment achevée, sauf exception à proximité de la côte et dans les Abers, partout les concentrations d'hydrocarbures sont inférieures à 0.02 ppm. Les algues et les roches sont encore grasses sur presque toute la côte au-dessus du niveau des basses mers de morte eau. Quelques 20 km² de peuplements d'*Ascophyllum*, *Fucus spiralis* et *Pelvetia* sont englués encore fortement. Les émulsions d'hydrocarbures accrochées aux rochers et

aux algues se décrochent avec le temps, la chaleur et les mouvements d'eau. Elles continuent à polluer les secteurs les plus abrités, les revers des flots, les criques, les estuaires et les plages que l'on continue à nettoyer. Les sédiments abrités, en profondeur et dans la zone littorale, et spécialement dans les estuaires, sont toujours couverts d'irisations ou de films ; l'émulsion brune se reforme dès que l'on creuse un trou ou que l'on tamise le sédiment.

Dans les vasières de l'Aber Benoît, les hydrocarbures abondent dans la "crème de vase" superficielle, engluée cependant sur moins d'un cm, ils semblent absents dessous. Une pénétration jusqu'à 80 cm de profondeur s'effectue dans les vases littorales par les quelques 1.600 trous et galeries au m² de Nereis diversicolor et Mya. Dans les herbues, la pénétration dans le sol lui-même est faible, elle s'accroît avec le dessèchement estival durant les mortes eaux (1 cm). Le problème grave actuellement est celui des milieux abrités contaminés, qui peuvent le rester pour des décennies si l'on n'entreprend pas un curage. Pour l'Aber Benoît, nous avons préconisé auprès des Services de l'Équipement, un nettoyage d'amont en aval, de haut en bas, des schorres et des rochers vers les slikkes, au jet d'eau à moyenne et basse pression, en recueillant continuellement les films surnageant d'hydrocarbures dans les arroyos ; puis de terminer en extrayant avec des suceuses portuaires, travaillant à faible puissance, les hydrocarbures piégés avec les Algues pourrissantes, dans le fond de la douzaine de trous qui accidentent le chenal. Le contenu des barges sera rejeté au large dans les zones à fort courant après que le film d'hydrocarbures ait été enlevé.

Sur les plages polluées, au-dessus de la rupture des pentes, là où les nappes échouées minces, sont recouvertes de sable propre provenant du bas de l'estran, spécialement sur les portions quasi azotiques, où s'accumulent les débris algaux, nous avons préconisé, pour faciliter la dégradation bactérienne aérobie, de rompre les films d'hydrocarbures par un hersage ; les résultats semblent satisfaisants.

D'une manière générale, il semble, en matière de lutte, en protection comme en décontamination, que l'on puisse affirmer que plus les milieux sont abrités, que plus les sédiments sont réducteurs (et donc naturellement producteurs d'hydrocarbures, de méthane par exemple), que plus ils sont peuplés et criblés de galerie d'animaux, plus ils sont vulnérables et susceptibles de se transformer en "pièges géochimiques" contaminant les organismes pour des durées indéfinies. Toute la stratégie de protection et de décontamination est à penser en ces termes géomorphologiques et géochimiques. Un cap, une pointe battus par les vagues et les courants, une plage active à haute énergie sont atteints pour quelques mois, une anse abritée et ses rochers le sont pour quelques années, un marais, des vasières estuariennes, des rades comme celle de Brest, le seraient sans doute pour des décennies en nombre indéfini si l'on n'intervient pas. Les animaux eux se décontaminent vite : un mois en eau propre suffit presque à une Huitre pour passer de 300 ppm à des concentrations presque normales de 66 ppm.

Le caractère spectaculaire des accidents des tankers, plus dûs aux négligences et à l'avidité qu'aux aléas des incidents de mer, ne doit pas masquer les pollutions plus insidieuses, plus importantes en volume, des dégazages en mer et des rejets des effluents urbains et industriels qui nous mènent à des concentrations en hydrocarbures souvent proches des 0.1 ppm qui rendent les produits de la mer imangeables, ce seuil serait probablement atteint si la crise pétrolière n'était intervenue. Le caractère malgré tout limité des mortalités actuelles comparées à celles observées en 1967, et ceci pour un sinistre 6 fois plus conséquent, est lié à la faible utilisation des détergents de toxicité moindre. La mise en garde ferme de la communauté scientifique a joué un rôle bénéfique certain, espérons qu'elle continuera à être entendue dans la suite des opérations.

Les observations précédentes s'arrêtent début juin. Nous avons continué nos observations quantitatives en Baie de Lannion (St Eflam), Baie de Morlaix (St Pol de Léon ; Grève du Man, de St Anne, Anse de Pempoul, de St Jean ; Garantec et Ile Callot), Plouguerneau, Aber Benoit, Portsall (Anse de Porsguen).

Nous donnons un bref aperçu :

A) En milieu rocheux :

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. Les peuplements de Chthamalus stellatus n'accusent partout qu'une mortalité extrêmement discrète.

1/ - A Portsall : à moins d'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).

On observe :

- Une abondance anormale mais localisée d'Algues vertes (Enteromorpha).
- Une prolifération anormale de Bactéries épiphytes filamenteuses surtout sur les Algues de hauts niveaux.
- Un extraordinaire grouillement de Copépodes Harpacticoïdes aplatis glissant à la surface des Algues à basse mer. On trouve près de 30 fois plus d'Harpacticoïdes à Portsall qu'en Rade de Brest (Anse de St Anne), soit 70.000 individus contre 2.300 par kg de Fucus spiralis.

Ces phénomènes sont sans doute liés simultanément, à l'apport fertilisant consécutif à la dégradation des hydrocarbures, via les Bactéries et les Diatomées épiphytes, à l'absence quasi complète des Gastéropodes herbivores qui raclent la surface des Algues et des rochers, Littorina rudis, L. obtusata, Gibbula umbilicalis, G. pennanti.

On doit cependant noter un très important recrutement de jeunes L. obtusata de 1 mm, plus de 2.000/m².

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 :

Sycon sp.
Hymeniacidon sanguineum
Oscarella lobularis
Halisarca dujardini
Terpios fugax

Ascidies :

Botryllus schlosseri
Botrylloides leachi
Didemnum fulgens
Didemnum maculosum
Sydnium turbinatum

Bryozoaires

Flustrella hispida
Umbonula verrucosa
Scrupocellaria repens
Cellepora pumicosa
Crisia & Crisida sp.

- par contre, la faune vagile entre bloc et sable est très appauvrie, voici quelques valeurs moyennes ramenées au m² (toutes tailles) :

<u>Cancer pagurus</u>	3	<u>Asterina gibbosa</u>	1
<u>Portunus puber</u>	2	<u>Gibbula cineraria</u>	1
<u>Carcinus moenas</u>	2	<u>Calliostoma zizyphinum</u>	1
<u>Xantho floridus</u>	0.5	<u>Motella tricirrata</u>	1
<u>Glibanarius misanthropus</u>	1	<u>Gobius flavescens</u>	0.5
<u>Leander serratus</u>	0.5	<u>Conger conger</u>	0.5

Notons l'absence significative de tous les Amphipodes, de Nebalia bipes, Athanas nitescens, Galathea squamifera, Porcelana longicornis, Amphipholis squamata. Cirratulus cirratus, Polychète qui vit dans le sable grossier entre les blocs est localement très abondant. Il faut aussi noter un surabondant recrutement de Carcinus maenas de quelques mm : 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 Benoit, les peuplements de dessous de blocs sont sensiblement normaux bien que décimés.

2/ - 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 : à 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 actica
Calliostoma zizyphinum

3/ - En Baie de Lannion : nous avons examiné les peuplements de Cirripèdes : Chthamalus stellatus, Balanus perforatus et leur prédateur : Nucella lapillus, la moulière et les encroûtements de Sabellaria alveolata ; ils sont largement nettoyés et en état.

B) En milieux sableux

Partout à Portsall, en baie de Morlaix comme en baie de Lannion, les sédiments

des plages , généralement propres en apparence sont imprégnés de trace de mazout. Dans les deux cents trous de prélèvement que nous avons creusés, nous avons constaté l'apparition d'un film irrisé dans 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.

1/ - En baie de Lannion : à St Efflam, la mortalité s'est accentuée sur les peuplements endogés d'Amphipodes du sable encore représentés en avril : les Bathyporeia ont quasiment disparu à St Efflam, une dizaine d'individus sont récoltés au m² 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, T. fabula sont toujours exubérants avec plusieurs centaines d'individus.

Les Solenidae si touchés : Ensis ensis, Ensis siliqua, Solen marginatus n'ont pas totalement disparu, il en est de même des Lutraria lutraria.

2/ - En baie de Morlaix : 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 m²) 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 St Jean.

Pour conclure, disons :

- La mortalité semble stoppée sur le rocher où les Algues sont presque propres, et les premiers signes d'un recrutement de jeunes apparaissent pour les Algues comme pour les Animaux.
- Les sédiments sont toujours partout infiltrés d'hydrocarbures et la mortalité s'y poursuit à bas bruit, bien que les peuplements y soient encore très largement survivants.

Références Bibliographiques

- 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, 107-112.
- COLLECTIF, 1967. La marée noire sur la côte Nord du Finistère. Penn ar Bed, 6, 50, 99-106.
- CHASSE, Cl, 1972. Economie Sédimentaire et Biologique (production) des estrans meubles des Côtes de Bretagne. Thèse d'Etat, PARIS VI, 1-293.
- FARRINGTON, S.W., 1977. The biogeochemistry of Oil in the Ocean. Oceanus, 20, 4, 5-14.
- GUNDLACH, E.R., HAYES, M.O., Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. Mar. Tech. Soc. Jour. 23 p. (in press).
- O'SULLIVAN, A.S., 1978. The "AMOCO CADIZ" oil spill. Mar. Poll. Bull. 9, 123-128.
- SMITH, S.E., 1970, ed "Torrey-Canyon" pollution and marine life. Cambridge University Press.
- 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, 682-706.
- SPOONER, M.F., 1977, oil spill in Hong Kong, Mar. Poll. Bull., 8, 3, 62-65
- THOMAS, M.L.H., 1973. Effects of Bunker C oil on intertidal and lagoonal biota in Chedabucto Bay, Nova Scotia. J. Fish. Res. Board. Canada, 30, 83-90
- VANDERMEULEN, J.H., 1977. The self-cleaning processes and the biological recovery. The Chedabucto Bay Spill - "Arrow", 1970. Oceanus, 20, 4, 31-39.
- WORMALD, A.P., 1976, Effects of spill of marine diesel oil on the meiofauna of a sandy beach at Picnic Bay, Hong Kong, Environ. Pollu. 11, 117-130.

MACROFAUNE DES ROCHERS INTERTIDIAUX GASTROPODES HERBIVORES ADULTES	Baie des Trépassés	Ste Anne du Portzic	Ile Segal		Portzic	Aber Beroit	L'Aber Wraach (entrée)	Plouguerneau	Le Curric	Brignon	Plouescat	Le Quilliec	Roscoff										Baie de Morlaix			Baie de Lannion					Trestel	Sillon de Talbert			
			S	N									W	E	Aber	Ile Verte		Ile de Ty Sazon					St Samson	Le Guerist	Prinel Trégastel	Bagen-Fry	Loquerec	Beg Leguer	Tréburden	Ile Grande			Trégastel		
																S	N	W	SW	S	N	E													
Distance à l'Amoco Cadiz en km	-60	-50	-23	-15	-15	0	+6	+9	+16	+21	+30	+41	+48	+55			+56		+56,5				+56,6	+67	+67	+69	+74	+79	+87	+86	+86	+91,5	+105	+124	
Intensité de la pollution initiale	+++	0	++	++	++	+++	+++	+++	++	+++	++	++	+++	++	+++	+++	+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	++	+++	++	+	+++	++	+	+	+	
N : nombre m ⁻² après pollution	24	101	82	53	57	4	2	62	39	105	44	77	58	26	88	2	22	27	8	18	22	33	42	116	7	100	33	76	80	87	42	131	174	194	
M : nombre m ⁻² avant pollution	?	101	100	60	60	50*	60*	180*	60*	?	60*	?	(200)	50	100	(200)	50	50	50	70*	100	41	45	120*	50*	100*	50	?	?	?	?	?	?	?	?
% de survie	30	100	82	88	95	8	3	30	65	>90	90	90?	29	52	88	1	44	54	16	26	22	80	94	95	17	100	66	80?	80?	50?	25?	90?	95?	95?	
P : nombre maximal m ⁻² après pollution																																			
Littorina rudis	24	12	•	•	2	1	1	3	•	20	/	•	20	31	34	2	27	23	8	10	5	/	/	7	1	2	/	81	22	7	•	20	10	14	
Patella vulgata (haut)	4	7	42	3	26	4	•	3	31	100	8	72	50	14	102	•	8	5	3	20	•	37	/	97	3	16	20	59	58	19	19	22	1	28	
Littorina littoralis (+ lacuna pallidula)	34	158	21	88	16	2	2	30	35	79	43	36	40	4	90	•	9	23	8	6	15	1	/	34	•	117	12	8	•	168	97	275	142	145	
Gibbula umbilicalis	•	11	42	17	28	1	•	1	24	81	36	19	/	2	4	/	4		1	7	7	3	15	48	6	106	20	27	57	52	3	47	80	34	
Gibbula pennanti	•	5	15	•	•	•	•	5	12	51	14	38	/	/	/	/	•		/	18	25	5	•	134	•	20	•	3	•	•	/	78	241	386	
Patella vulgata (+ P. intermedia)	(236)	16	34	16	49	3	•	(200)	•	37	1	3	/	/	/	/	/		•	2	2	16	28	2	2	6	29	53	(140)	1	/	5	29	22	
Gibbula cineraria	•	20	14	•	14	•	•	2	1		1	•	/	/	/	/	/		•	19	19	21	12	3	•	1	•	•	•	/	/	5	3	12	

IMPACT DU MAZOUT SUR LES POPULATIONS DE GASTROPODES HERBIVORES ADULTES DES ROCHES INTERTIDALES.

M. Nombre moyens d'individus par m² avant pollution calculé sur 4 à 6 ans à Roscoff, 1 an dans les autres localités. Les chiffres avec (*) ne sont que des estimations fondées sur le régime hydrodynamique.

N. Nombre moyen d'individus par m² après pollution, calculés sur 3 à 5 prélèvements (chacun de 4 carrés de 0,25 m²) des diverses ceintures d'algues.

P. Nombre maxima de gastropodes adultes de chaque espèce, après pollution dans le prélèvement où elle est le mieux représentée.

| • | l'espèce n'a pas été trouvée dans aucun prélèvement, mais elle peut exister à côté.

| / | le biotope correspondant n'est pas présent dans la zone.

(250) prélèvement complémentaire sur roche dépourvue d'algues.

MEIOFAUNE et GASTROPODES HERBIVORES des ALGUES et des ROCHERS 2 au 7 juillet 1978	Rade de Brest Ste Anne-Portzic Pollution nulle		LE CONQUET	ILE SEGAL		PORTSALL		ABER BENOIT	PLOUGUER- NEAU
	semi exposé	abrité		Sud	Nord	Porsguen	Zone très abritée		
Distance à l'AMOCO CADIZ en km	50	50	23	16	15,5	0	0	6	16
Intensité de la pollution	0	0	+	++	++	+++	+++	+++	+++
Gastropodes Survie des adultes en %	100	100	82	88	95	8	3	3	65
herbivores Recrutement des jeu- nes en nbre $10^{-3} m^{-2}$?	?	4,32	1,45	1,03	0,41	?	4,6	1,88
Harpacticoïdes, nombre $10^{-3} m^{-2}$	2	10	25	2	8	35	350	199	31
Nématodes, nombre $10^{-3} m^{-2}$?	?	0,88	0,05	1,59	1,91	?	?	?
Amphipodes, nombre m^{-2}	?	?	1 200	45	160	3	0	0	229
Isopodes, nombre m^{-2}	?	?	473	024	567	0	?	2 000	264

TABLEAU 2

IMPACT DU MAZOUT SUR LA MEIOFAUNE ET LES GASTROPODES HERBIVORES DES ALGUES ET DES ROCHERS

MEIOFAUNE DES SABLES		Avant pollution (1967)		Après pollution - 07.07.1978			
		ABER	WRACH	PORTSALL		PLOUGUERNEAU	
Niveaux de marée		M. L. T. L.		M. T. L.	N. L. T. L.	M. L. T. L.	M. L. T. L.
Hydrocarbures en P. P. M. (infra-rouge)	Eau littorale (marée)	≤ 0,02			0,033	≈ 0,02	
	Eau intersticiel- le du sable	?			1,120	16,640	
Granulométrie : médiane et quartiles en 10 ⁻³ mm		630		400,330,250	630,500,400	500,400,315	500,400,315 1000,500, 250
Macrofaune		<i>Arenicola marina</i> ,		<i>Leiochone clypeata</i> ,		<i>Notomastus lateraceus</i>	
MEIOFAUNE sur 5 cm de profondeur dans le sable nombre en 10 ⁻³ .m ⁻²	Harpacticoïdes (copépodes)	50	0,4	0,4	3,2	0,8	45,6
	Ostracodes	10	0	0	0,4	0	1,2
	Nématodes	300	4,4	5,6	104	16,8	93,2
	TOTAL	360	4,8	6	107,6	17,6	140,0
	ℳ sans pollution	100 ℳ	1,2 ℳ	1,7 ℳ	33 ℳ	4,9 ℳ	39 ℳ

TABLEAU 3

IMPACT DU MAZOUT SUR LA MEIOFAUNE DES SABLES

MACROFAUNE DES SÉDIMENTS INTERTIDUAUX		Survie moyenne de Chaque espèce	Portsaill - Forquien	Aber Benoit			Aber Wraich (entrée)	Quillic	Mogueriec	Roscoff		St Pol-de-Léon			Ile Callot (Est)	Beg-an-Fry	St Michel-en-Grève St Effiam	
				Treglounou	St Pabu	Brouennou				Aber	Perharidic (W)	Le Man, Ste Anne	Penpoull	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	94	
	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&VII	
	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	+	
	Urothoe brevicornis	30	-	-	10	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	100	+	
	Travisia forbesi	100	-	-	100	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Ophelia neglecta	100	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Armandia polyophtalma	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
	Aricia foetida	100	-	-	100	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	
	Nephtys hombergii	100	-	-	100	100	-	-	100	-	-	-	-	-	100	100	60	
	Talitrus saltator	20	-	-	20	-	-	-	-	30	-	30	10	-	30	-	0	
	Nerine cirratulus	30	-	-	-	-	-	-	-	50	30	30	+	-	-	-	100	
Plages alluviales semi-exposée de sables très fins et propres B.M.	Bathyporeia pilosa	10	-	-	20	-	-	-	10	-	10	0	-	-	-	-	0	
	Bathyporeia sarci	10	-	-	10	-	-	-	10	-	40	0	-	-	-	-	0	
	Urothoe S P	30	-	-	30	-	-	-	30	-	-	30	-	-	-	30	0	
	Cardium edule	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	Tellina tenuis	90	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	100	100	
	Donax vittatus	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
	Owenia fusiformis	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	
	Acrocnida brachiata	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	
	Tellina fabula	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	
	Echinocardium cordatum	5	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
B.M.V.E.	Leptosynapta gallinei	100	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	100	
	Mactra corallina	10	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	Ensis ensis	10	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
	Ensis siliqua	10	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
	Pharus legumen	10	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
	Solen marginatus	10	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	10	10	+	-	10	
	Lutraria lutraria	30	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	30	60	-	10	
	Leiochone clypeata	50	10	-	-	30	-	-	-	30	80	80	80	60	60	-	-	
	Ampelisca brevicornis	0	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	0	0	-	-	-	
	Plages semi-abrités de sable fin M.M. à B.M.	Scoloplos armiger	90	30	-	-	-	-	-	-	100	100	100	80	80	100	-	-
Marphysa belli		100	0	-	+	+	-	-	-	100	100	-	80	80	100	-	-	
Cardium edule		20	0	-	-	5	-	10	-	0	30	-	30	30	-	-	5	
Arenicola marina		100	60	-	-	-	-	100	-	100	100	100	100	100	-	-	100	
Ampharete grubei		100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	
Loripes lacteus		90	30	-	-	100	100	-	-	100	-	100	100	100	-	-	-	
Tapes aureus		50	10	-	-	40	40	-	-	60	-	60	60	60	-	-	-	
Branchiomma vesiculosum		90	-	-	-	100	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herbier de zostera de sables fins de décantation M.M. à B.M.		Myxicola infundibulum	90	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
		Sabella pavonina	90	-	-	-	100	100	-	-	100	-	100	-	100	-	-	-
	Perinereis cultrifera	80	-	-	-	100	80	-	-	80	-	80	-	100	60	-	-	
	Sthenelais boa	80	-	-	-	100	80	-	-	80	-	80	-	100	60	-	-	
	Amphitrite edwardsi	90	-	-	-	80	-	-	-	80	-	100	-	100	60	-	-	
	Audouinia tentaculata	100	30	100	-	100	-	-	-	100	-	-	-	100	-	-	-	
	Tellina tenuis	100	-	-	-	+	100	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	
	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	-	-	
	Bassin de décantation et de bioturbation, des sables abrités aux vases sableuses saumâtres H.M. à M.M.	Abra tenuis	10	-	-	-	-	-	10	-	-	0	-	-	-	-	-	-
Corophium volutator		10	-	-	-	-	-	0	-	-	0	-	0	-	-	-	-	
Hydrobia ulvæ		60	-	-	-	-	-	80	-	-	20	-	100	10	-	-	-	
Nereis diversicolor		90	-	90	-	90	-	100	-	-	100	-	100	100	+	-	-	
Scrobicularia plana		70	-	-	-	-	-	60	-	-	+	-	-	100	-	-	-	
Mya arenaria		100	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	

	Localités Distance à l'AMOCO CADIZ et intensité de pollution	PORTSALL 2 km +++ +++	PLOUGUERNEAU 16 km +++
POURCENTAGE DE SURVIE OU DE PRESENCE	Algues du rocher	90 %	95 %
	Cirripèdes	100 %	100 %
	Gastropodes herbivores	8 %	65 %
	Méiofaune des algues	> 500 %	> 300 %
	Méiofaune du sable	12 %	17 %
	Macrofaune du sable	40 %	80 %
	Crevettes roses <i>Leander Serratus</i>	> 200 %	> 200 %

TABLEAU 5

ASPECT ECOLOGIQUE GENERAL DE L'IMPACT APRES TROIS MOIS DE LA MAREE NOIRE DE
L'AMOCO CADIZ SUR DEUX LOCALITES INEGALEMENT AFFECTEES