

**LA MARÉE NOIRE  
DE L'AMOCO CADIZ**

## SOMMAIRE

J.-P. GUYOMARCH et J.-Y. MONNAT : CARACTERISTIQUES ET COMPORTEMENT DU PETROLE DEVERSE A LA MER .....	3
C. CHASSE et D. MORVAN : SIX MOIS APRES LA MAREE NOIRE DE L'AMOCO CADIZ, BILAN PROVISOIRE DE L'IMPACT ECOLOGIQUE .....	15
J.-Y. MONNAT : MORTALITES D'OISEAUX A LA SUITE DU NAUFRAGE DU PETROLIER AMOCO CADIZ .....	43
D. PRIEUR et E. HUSSENOT : ECHOUAGES DE MAMMIFERES MARINS PENDANT LA MAREE NOIRE DE L'AMOCO CADIZ .....	65
R. DUGUY : UN DAUPHIN RARE TROUVE SUR LES COTES DU FINISTERE : <i>Lagenorhynchus acutus</i> .....	69
J.-F. MENEZ, F. BERTHOU, D. PICART et C. RICHE : IMPACTS DE LA MAREE NOIRE (AMOCO CADIZ) EN BIOLOGIE HUMAINE .....	71
LES EVENEMENTS EN QUELQUES IMAGES .....	83
H. DIDOU : LES MARINS PECHEURS FACE AU SINISTRE DE L'AMOCO CADIZ .....	91
P. LAGADEC : AU-DELA DE L'AMOCO CADIZ LA QUESTION DES CATASTROPHES .....	95
R. MOIRAND : LES NOUVELLES REGLES DE NAVIGATION ACCROISSENT-ELLES LES RISQUES D'ABORDAGE ? .....	105

COUVERTURE : L'Amoco Cadiz en mars 1978.

(Photo André Gérard)

## La marée noire de l'Amoco Cadiz

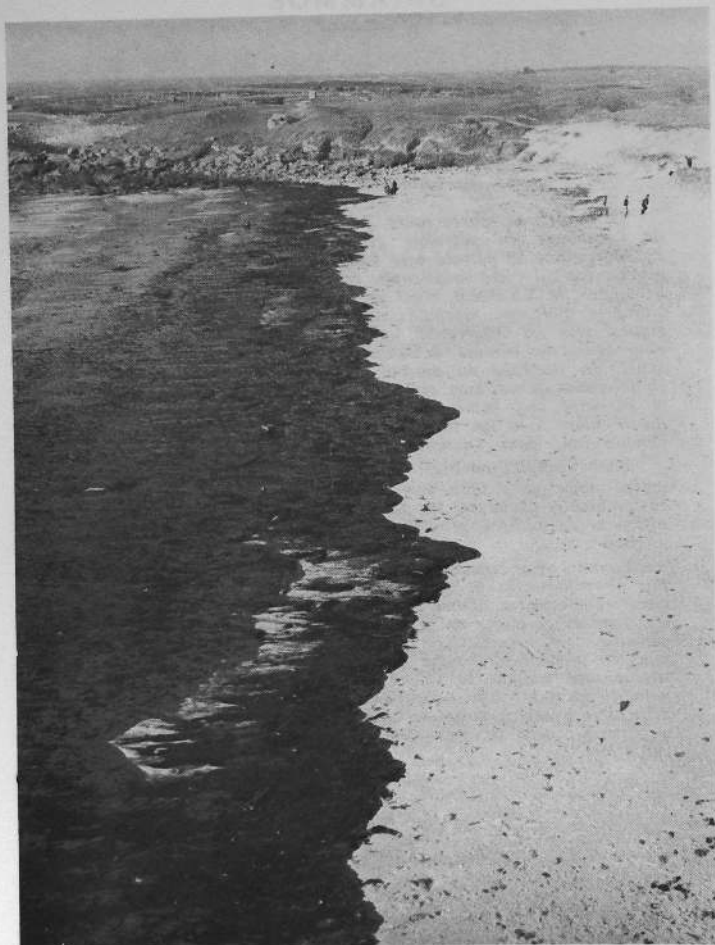
La quatrième marée noire qu'a connue la Bretagne, par suite de l'échouage du pétrolier géant Amoco Cadiz est, avec les 230 000 tonnes de pétrole brut répandu en mer, le record mondial absolu. Devant cette catastrophe écologique survenue sur les côtes bretonnes, la S.E.P.N.B. n'est pas restée inactive. Elle a créé des cliniques d'oiseaux mazoutés, elle a participé aux bilans écologiques, elle est intervenue auprès des autorités administratives pour éviter des erreurs, notamment à propos de l'usage des détergents, du stockage du mazout dans des fosses improvisées, du comblement de vasières polluées... Enfin elle a informé le public et participé aux manifestations contre les marées noires. Bref, du 17 mars à la fin juin, les militants de la S.E.P.N.B. étaient chaque jour dans l'action.

Pour réaliser un bilan objectif des conséquences de cette marée noire, il a fallu attendre quelques mois : le temps de rassembler et d'analyser les documents, de s'acquitter des rapports officiels, de rédiger et d'illustrer les articles destinés à Penn ar Bed.

Comme pour chaque numéro de notre revue, qui est à la fois scientifique et de vulgarisation, il y a eu un dilemme sans cesse répété entre, d'une part, la tentation de conserver toutes les données récoltées en les exprimant dans le langage des spécialistes et, d'autre part, le désir de devenir plus compréhensible, mais en perdant fatalement une partie de l'information. Le scientifique, qui connaît la valeur du détail et qui sait que toute simplification est une caricature, éprouve toujours beaucoup de difficultés à écrire pour un large public. C'est pourquoi je tiens à remercier ceux de mes collègues qui ont consenti à accomplir cet effort.

Albert LUCAS,

Rédacteur de « Penn ar Bed ».



Sur cette vue de la grève de Tréompan (Lampaul-Ploudalmézeau, Finistère), prise le 20 mars après-midi, on voit la montée inexorable de la mer noire sur le sable blanc.

(Photo Claude Roudot, Lanildut)

## Caractéristiques et comportement du pétrole déversé à la mer

par Jean-Paul GUYOMARCH et Jean-Yves MONNAT  
Faculté des Sciences de Brest

Lorsque survient un incident pétrolier, et quelle qu'en soit l'ampleur, les moyens d'information lui font toujours un très vaste écho. Rien de plus légitime. Mais le phénomène met en jeu des composants et des processus si variés et si complexes que les journalistes ne savent pas toujours très bien de quoi ils parlent ; assez rapidement le public se trouve ainsi inondé d'informations plus ou moins contradictoires, submergé de termes techniques qui, au gré des articles de presse ou des informations audiovisuelles, sont investis de significations diverses. Nous allons tenter ici d'ordonner un peu tout cela, de répondre aussi simplement que le permet la complexité du sujet à des questions immédiates comme : Qu'est-ce que le pétrole ? D'où vient-il ? Quel est son comportement lorsqu'il se déverse à la mer ?

### 1. LE PÉTROLE - COMPOSITION

On désigne sous le nom de *pétrole* des substances extrêmement variables d'aspect et de composition. Le pétrole peut se présenter à l'état gazeux (gaz naturel), ou liquide, auquel cas il porte le nom de brut, ou encore à l'état solide lorsqu'il s'agit d'asphaltes de bitumes ou de goudrons. Ce peut être aussi une combinaison de ces divers états. Ce que l'on nomme pollution pétrolière fait surtout référence à la pollution par les pétroles liquides, bruts ou produits plus ou moins raffinés comme les fuels, etc...

La composition chimique d'un brut peut varier à l'infini. Ainsi deux échantillons prélevés au sein d'un même gisement ne sont jamais tout à fait identiques, car un brut contient des milliers d'espèces chimiques en proportions variables. On peut les regrouper en 5 catégories : Hydrocarbures : plus de 90 % — Composés soufrés : moins de 6 % — Composés oxygénés : moins de 2 % — Composés nitrés : moins de 1 % — Composés métalliques : traces de plus de 10 éléments possibles (nickel, vanadium...) sous forme de composés organo-métalliques ou de sels.

Comme on peut le constater, le pétrole est en majeure partie composé d'hydrocarbures. Ce sont des substances dont la molécule est uniquement constituée d'atomes de carbone et d'hydro-

gène. Mais à partir de ces deux seuls éléments de base, le nombre de composés possibles est considérable. L'enchaînement des atomes de carbone constituant le squelette de la molécule peut être linéaire, ramifié ou fermé (cyclique), le nombre d'atomes de carbone peut varier entre 1 et plus de 30, les produits étant d'autant plus volatils qu'ils en comptent moins.

Les principaux hydrocarbures du pétrole appartiennent à trois familles : paraffines, naphènes, aromatiques.

La molécule des *alcane*s ou *paraffines* est constituée par une chaîne ouverte d'atomes de carbone, chacun d'entre eux portant le maximum possible d'atomes d'hydrogène d'où leur appellation d'*hydrocarbures saturés*. Tous le monde connaît le méthane (1 carbone), le propane (3 carbones), le butane (4 carbones)... et la *paraffine* du commerce, mélange de paraffines à plus de 18 atomes de carbone par molécule.

Le squelette des *naphènes* comporte un ou plusieurs cycles à cinq ou six carbones. Certains sont dits *insaturés* parce que, pour un même nombre de carbones, ils portent moins d'atomes d'hydrogène que les paraffines correspondantes. Ainsi, dans le cyclohexane, les six atomes de carbone occupent les sommets d'un hexagone.

L'hydrocarbure *aromatique* le plus simple est le benzène. Tous les composés de cette famille possèdent au moins un noyau benzénique. Ils sont moins bien représentés dans le pétrole que les paraffines et les naphènes. En matière de pollution, leur importance tient à leur nocivité. Certains sont immédiatement toxiques et pourraient être responsables de cas de mortalité massive (toluène, benzène), beaucoup sont cancérigènes et peuvent s'accumuler dans les organismes (benzopyrènes).

Bien que contenus en faible quantité dans le pétrole, certaines substances autres que les hydrocarbures peuvent avoir des effets pernicieux sur la faune et la flore : c'est le cas de certains composés oxygénés et soufrés, et des composés métalliques.

## 2. LES SOURCES DE POLLUTION MARINE

Les sources de pollution marine par les hydrocarbures sont diverses. On peut les regrouper en 3 catégories essentielles :

- Biosynthèse par les organismes marins ;
- Pollutions accompagnant les processus géochimiques ;
- Pollutions provoquées par l'activité humaine, ces dernières étant les plus aiguës du fait de leur importance et de leur localisation à proximité des continents.

Les organismes marins et terrestres synthétisent naturellement des hydrocarbures. Ces substances sont libérées dans le milieu soit pendant la vie au cours des activités métaboliques normales, soit après la mort lors de la décomposition de ces organismes. On évalue ainsi entre 1 et 10 millions de tonnes la quantité d'hydrocarbures synthétisée annuellement par les êtres vivant dans le milieu marin.

La « pollution » d'origine géochimique est estimée à 600 000 tonnes par an en moyenne (de 0,2 à 1 million de tonnes). Elle provient pour l'essentiel des suintements naturels au niveau des accidents géologiques, mais aussi, accessoirement, de la dégra-

dition des sols et des sédiments. S'y ajoute une quantité inconnue, mais potentiellement significative, d'hydrocarbures atmosphériques provenant des incendies de forêts, de la combustion incomplète de fuels fossiles, etc...

Mais ce sont les activités humaines qui ont la part la plus importante dans les sources de pollution marine. Les origines en sont multiples comme le montre le tableau suivant.

TABLEAU I

Origines des hydrocarbures dans le milieu marin à l'échelle mondiale (estimation de l'Académie Nationale des Sciences des Etats-Unis) d'après CLARK et MACLEOD (1977).

Sources de Pollution	Estimation des pertes en 1973
<b>EFLUENTS TERRESTRES</b>	
Raffineries	200 000
Huiles résiduelles écoulements, égouts	2 500 000
<b>OPÉRATIONS MARITIMES</b>	
Pétroliers utilisant le « load on Top »	310 000
Pétroliers n'utilisant pas le « load on Top »	770 000
Appontements pétroliers carénages	75 000
Collisions accidents en mer	300 000
Exploitations offshore	80 000
Suintements naturels	600 000
Retombées atmosphériques	600 000
<b>TOTAL</b>	<b>6 110 000</b>

Les routes maritimes empruntées par les pétroliers sont très concentrées dans les zones littorales (fig. 1). Les plus importantes se situent en bordure des côtes africaines, Nord-européennes et Sud-eurasiatiques.

L'activité, liée à la transformation et à l'utilisation des produits pétroliers, est la première source de pollution marine avec une perte dans le milieu marin de près de 3 millions de tonnes en 1973. En second lieu viennent les pertes au cours des manipulations habituelles du pétrole en mer : déballastages, opérations de pompage dans les ports, sans tenir compte des accidents. L'ensemble représente 1 830 000 tonnes en 1973.

En 1971, plus de 50 000 navires intervenaient dans les trans-



FIGURE 1 — Les grandes routes pétrolières (1974). Les chiffres sont à considérer en nombre de barils transportés par jour (d'après CLARK et MACLEOD, 1977 et l'Encyclopédie internationale du pétrole).

ports pétroliers et transportaient 1 335 millions de tonnes de brut. Par ailleurs, 250 millions de tonnes de produits raffinés circulaient aussi par voie maritime.

### 3. COMPORTEMENT ET DEVENIR DU PETROLE EN MER

Le pétrole commence à se modifier, à se dégrader dès son introduction dans le milieu marin. Les rythmes de dégradation seront eux-mêmes diversement influencés par la nature des composants qui sont produits au cours des processus d'altération du pétrole. Il y a une sorte d'effet en retour qui se traduit par un auto-freinage ou une auto-accelération des différents phénomènes physico-chimiques.

Les phénomènes intervenant dans cette altération sont de nature diverses (fig. 2) :

- *Physique* : étalement - évaporation - dissolution - émulsification - sédimentation ;
- *Chimique* : oxydation - polymérisation ;
- *Biologique* : bio-oxydation.

#### LES PROCESSUS PHYSIQUES

##### a) ETALEMENT - DÉPLACEMENT

Une fois déversé, le pétrole a immédiatement tendance à s'étaler, théoriquement jusqu'à former un simple film à la surface de l'eau. Ce processus, d'abord provoqué par la gravité, dépend aussi des caractéristiques physico-chimiques du pétrole concerné



Anse de Penfoul (Landunvez, Finistère) en avril 1978.

(Photo Claude Roudot, Lanildut)

(densité, viscosité, tension superficielle, etc..) et des qualités physiques de la mer au moment et à l'endroit du déversement.

Avec le temps, l'altération, modifie les caractéristiques physico-chimiques du pétrole, provoquant une augmentation de la résistance à l'étalement. Il y a auto-freinage du processus. En théorie, dans des conditions d'eau calme, une nappe va former un cercle régulier dont le diamètre peut augmenter huit fois dans la première heure et ensuite cinq fois entre une heure et une semaine, après quoi l'altération est telle que le comportement est totalement différent.

Mais le vent et les vagues contribuent à l'étirement, au déplacement et à la fragmentation de la nappe, sa vitesse de déplacement étant en général évaluée entre 1 et 3 % de celle du vent. Les courants marins interviennent de façon quasi négligeable dans la mobilité des nappes.

#### b) EVAPORATION

L'évaporation des produits volatils contenus dans le pétrole est immédiate et provoque une importante modification des propriétés physiques du reste de la nappe. Ce phénomène peut provoquer l'élimination de 30 à 50 % des hydrocarbures d'un



Le cimetière de Saint-Michel-en-Grèves (Côtes-du-Nord), fin mars 1978. C'est le vent qui a transporté le pétrole dont sont souillées les tombes.

(Photo Guy Daniel, Plestin)

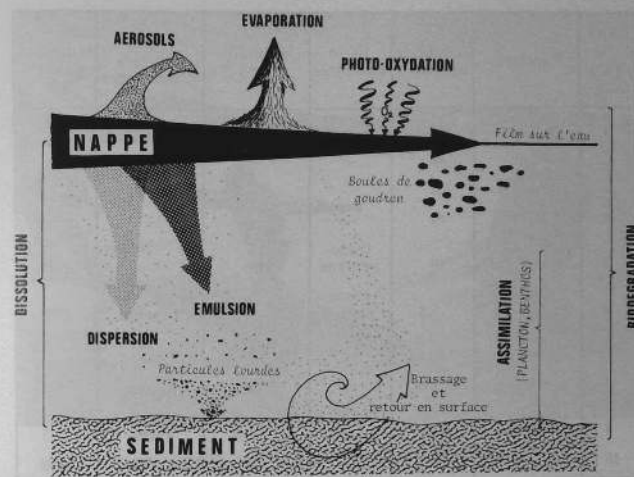


FIGURE 2 — Devenir du pétrole en mer. Diagramme représentant les différents processus intervenant dans l'évolution des nappes (d'après CLARK et MACLEOD, 1977).

brut typique et le taux de perte par évaporation décroît de façon exponentielle avec le temps.

Ainsi, la quasi totalité des hydrocarbures à moins de 15 carbones par molécule s'évapore dans les 10 jours, mais les plus légers disparaissent de la surface en quelques heures seulement. Les hydrocarbures qui comptent de 15 à 25 carbones s'évaporent en proportion moindre, la plupart restant dans la nappe. Ceux comptant plus de 25 carbones restent.

L'évaporation est favorisée par l'action du vent et des vagues, mais ralentie par l'épaisseur de la nappe.

Mais le vent et les vagues provoquent également la formation d'aérosols : les vagues provoquent des bouillonnements, des bulles dont l'éclatement projette des particules de pétrole dans l'atmosphère. Selon les conditions atmosphériques, ces particules peuvent être redéposées à quelques mètres seulement ou voyager plusieurs centaines de kilomètres.

#### c) DISSOLUTION

La solubilité de la plupart des composants du pétrole est faible, mais les volumes d'eau concernés sont tels qu'une quantité non négligeable peut passer en solution. Les éléments les plus solubles se rencontrent parmi les produits les plus légers, et pour un nombre déterminé d'atomes de carbone, la solubilité augmente avec la non-saturation des chaînes et la présence de noyaux cycliques.

Nbre de Carbones	Paraffines	Solubilité (ppm.) *	Cyclo Paraffines	Solubilité (ppm.) *	Hydro-carbures Aromatiques	Solubilité (ppm.) *
1	méthane	24	—	—	—	—
2	éthane	60	—	—	—	—
3	propane	62	—	—	—	—
4	n-butane	61	—	—	—	—
5	n-pentane	39	Cyclo-pentane	156	—	—
			Cyclo hexane	55	benzène	1780
6	n-hexane	9.5	—	—	—	—
	2-méthyl pentane	13.8	—	—	—	—
7	n-héptane	2.9	—	—	toluène	515
8	n-octane	0.7	Cyclo octane	7.9	xylyène	175
18	—	—	—	—	chrysène	0.002

\* ppm. = parties par million.

En outre, au fur et à mesure de la dégradation du pétrole, de nombreux dérivés oxydés sont produits qui sont plus solubles que les hydrocarbures dont ils sont nés.

#### d) EMULSIFICATION

Ce facteur est très important dans les processus de disparition du pétrole de la surface de la mer. On en distingue deux types à savoir l'émulsion du pétrole-dans-l'eau que nous désignerons sous le nom de *dispersion*, et l'émulsion inverse d'eau-dans-le-pétrole fréquemment nommée « mousse au chocolat », à laquelle nous réserverons l'appellation *émulsion* proprement dite. L'eau et le pétrole n'étant pas miscibles, l'agitation de la mer (vent, vagues, courants) provoque la fragmentation des nappes en une infinité de gouttelettes de pétrole qui pénètrent dans la masse d'eau (dispersion) ou la pénétration de fines gouttelettes d'eau dans le pétrole (émulsion).

La dispersion peut être favorisée par des composés tensio-actifs naturellement produits par certains micro-organismes. Dans certaines circonstances, la fragmentation est telle que le diamètre des gouttelettes est aussi faible que 0,5 microns. Dans ce cas, un millilitre de pétrole peut former  $16 \times 12^{12}$  gouttelettes dont la surface totale est de  $13 \text{ m}^2$  ! Il va de soi qu'une telle augmentation de la surface facilite dans d'énormes proportions la dégradation chimique et biologique des hydrocarbures. Dans nos régions, l'agitation est si constante que les gouttelettes en suspension ne regagnent jamais la surface (ce qui se produirait normalement en eaux calmes). Elles restent dans la masse d'eau jusqu'à leur dégradation



Plougasnou, mars 1978. Un exemple d'émulsion.

(Photo Michel Fallorou, Plestin)

totale ou jusqu'à ce qu'elles tombent au fond (cf. paragraphe suivant).

On connaît mal les processus qui provoquent l'émulsion. Certaines « mousses au chocolat » peuvent contenir jusqu'à 80 % d'eau. Il s'agit là de mélanges en général très stables et peu accessibles aux divers processus de biodégradation.

#### e) SÉDIMENTATION

C'est le passage du pétrole de la masse d'eau ou de la surface vers les sédiments du fond. Ce phénomène est provoqué essentiellement par deux processus :

- l'adsorption des gouttelettes de pétrole dispersées par des particules de matières en suspension dans l'eau : limons, argiles, calcite, aragonite, particules siliceuses, etc... C'est le phénomène le plus important ;
- l'enfoncement du pétrole de surface devenu plus dense du fait de l'altération progressive (disparition des fractions les plus légères par dissolution et évaporation).

#### LES PROCESSUS CHIMIQUES

Ce sont des processus complexes et mal connus : des réactions d'oxydation, catalysées par la lumière, les métaux et des polymérisations.

Les plus importantes réactions sont sans doute les oxydations

photo-catalysées ; elles produisent des aldéhydes, des cétones, des acides carboxyliques de poids moléculaire plus bas et de solubilité plus élevée que les hydrocarbures dont ils dérivent. Des métaux comme le vanadium peuvent favoriser ces réactions d'oxydation, mais le soufre les contrarie.

Les polymérisations sont susceptibles de contracter les nappes et contribuent à la formation des boules de goudron.

## LES PROCESSUS BIOLOGIQUES

### BIODÉGRADATION

De nombreux microorganismes marins, bactéries, levures, champignons, peuvent attaquer les hydrocarbures, qu'ils soient gazeux, liquides ou solides, et les transformer en produits de plus en plus simples, de plus en plus solubles et réactifs, parmi lesquels des acides, des alcools, etc... L'aboutissement de cette simplification est toujours, en théorie, la formation de gaz carbonique et d'eau, par oxydation aérobie.

En réalité, certains dérivés intermédiaires peuvent être métabolisés, incorporés dans la « chimie » des êtres vivants, la formation des corps gras par exemple.

Cette dégradation biologique met en œuvre des enzymes aux fonctions spécifiques (oxygénases, oxydases...). Elle peut se produire à l'intérieur comme à l'extérieur des organismes ; dans ce dernier cas, les enzymes sont libérées dans le milieu naturellement ou après destruction des cellules.

Le pétrole peut aussi être dégradé par réaction anaérobie. Mais ce processus intervient pour une très faible part dans la bio-dégradation des hydrocarbures. En outre, la dégradation qu'il produit est presque toujours incomplète.

On trouve des microorganismes capables d'oxyder le pétrole dans toutes les parties du monde. Ils sont seulement plus abondants dans les zones les plus régulièrement affectées notamment dans les secteurs où se produisent des fuites naturelles. Ces microorganismes sont répartis dans toute la masse d'eau et dans les sédiments, mais dans ces derniers ils sont plus variés.

Dans la masse d'eau, on en distingue deux types : les microorganismes de surface ont une croissance optimale à des températures supérieures à 20° C, leur température minimale de croissance étant de l'ordre de 10° C. Ils sont très importants pour la dégradation du pétrole en surface, sa solubilisation et son émulsification. Les microorganismes de la colonne d'eau sont susceptibles de se développer au-dessus de 0° C, avec une bonne croissance pour certains entre 0° et 5° C et une meilleure croissance pour beaucoup entre 15 et 20° C. Au-delà d'une certaine profondeur, les conditions sont incompatibles avec la vie de tels microorganismes : seuls les processus de dégradation extra-cellulaires peuvent alors attaquer les hydrocarbures.

Les composés les plus facilement dégradés sont les chaînes longues non saturées. Mais certains organismes sont capables d'oxyder des composés aussi complexes que les polyaromatiques cancérigènes.

## CONCLUSIONS

Dans les chapitres précédents nous avons vu que le pétrole déversé en mer était immédiatement attaqué, transformé, altéré, dégradé... par de nombreux agents. De là à penser ou même affirmer que les choses ne sont en définitive pas si graves puisque, théoriquement le pétrole, en tant que tel, est amené à disparaître plus ou moins rapidement, il n'y a qu'un pas (que certains n'hésitent d'ailleurs pas à franchir).

Mais, c'est cependant sans compter avec la toxicité plus ou moins apparente des dérivés qui apparaissent et avec la place qu'ils peuvent occuper parfois pendant très longtemps dans certaines biocénoses marines. Car en fait, les phénomènes intervenant dans la dégradation du pétrole ne sont pas tous bénéfiques pour le milieu. Essayons d'en analyser les conséquences.

L'étalement provoque la dissémination du pétrole en surface qui peut, par conséquent, atteindre des zones côtières d'autant plus étendues qu'il est important. L'atteinte à la faune de surface (avifaune, plancton) en est une conséquence directe. Il permet en contre-partie une augmentation de la surface de contact avec les agents de la dégradation.

L'évaporation n'a d'effets néfastes que sur les animaux à respiration aérienne. Elle permet l'élimination de produits très volatils dans les heures qui suivent l'écoulement, produits à vapeurs extrêmement toxiques pour l'homme et les animaux domestiques, tels le benzène et le toluène, etc... Le brut contenu dans l'*Amoco-Cadiz* présentait une teneur en hydrocarbures aromatiques relativement élevée entre 30 et 35 %.

La dissolution est entièrement nocive pour le milieu car elle ne s'accompagne d'aucune élimination significative. Bien qu'elle soit faible, elle est suffisante pour provoquer une toxicité directe pour les organismes marins. Dans le cas particulier de la catastrophe de l'*Amoco-Cadiz*, les masses d'eau concernées sont à la fois faibles et fermées, ainsi les organismes sédentaires les plus proches du littoral ont connu une mortalité massive les premiers jours et tant qu'il y a eu du pétrole à bord.

L'émulsification n'a pas le même effet selon qu'il s'agit d'émulsion ou de dispersion. Les émulsions ont le désavantage de rester en surface et d'être stables ; elles restent mobilisables pour polluer de nouvelles zones géographiques.

Les dispersions ont l'avantage de disparaître de la surface en grosses quantités et d'autant plus, dans le cas de l'*Amoco-Cadiz*, que le brut transporté était léger. Si elles augmentent aussi la surface d'attaque du pétrole par les microorganismes marins, elles atteignent en contre-partie les couches d'eau inférieures. Elles sont cependant bénéfiques à d'autres égards : en faisant disparaître le pétrole de la surface, elle éliminent d'autant les possibilités de contamination des animaux de surface (oiseaux, plancton) et de nouvelles zones côtières fragiles ou économiquement importantes.

Dans la présente marée noire, on peut se poser la question de l'utilité de la dispersion artificielle par les détergents ou dispersants, d'autant que les méthodes d'épandage utilisées étaient totalement inadéquates, notamment sans brassage simultané des nappes. On n'a donc fait qu'ajouter une nouvelle pollution sans



se poser la question de savoir si les produits utilisés ne rendaient pas inopérante la biodégradation sur les gouttelettes formées.

Dans la sédimentation, on doit distinguer deux aspects : sédimentation par piégeage ou par colmatage. Le piégeage se fait dans les sédiments sans grandes possibilités de biodégradation, par exemple certains fonds envasés d'estuaires, d'abers ou de baies. Par ailleurs, dans certains cas l'accumulation des hydrocarbures dans les sédiments rompt la cohésion entre les éléments constitutifs et favorise ainsi l'érosion massive de certains bancs de sable ou de certaines plages. Et puis le colmatage des fonds est une atteinte directe au milieu benthique et à la faune qui lui est associée : poissons de fond (poissons plats), poissons qui se nourrissent au fond (mulets, rougets), etc... De plus, il ne faut pas oublier l'engluement, parfois quasi général des plages, des estrans.

La photooxydation et la biodégradation contribuent pour une très grande part à la dégradation des hydrocarbures, mais pendant le déroulement de ce processus apparaissent des produits de nouvelle toxicité plus légers et aussi plus solubles.

La polymérisation est intéressante dans la mesure où elle contribue à la rétraction des nappes, mais elle induit aussi la formation de dérivés polyaromatiques lourds à pouvoir hautement cancérigène (benzopyrènes).

Tous ces niveaux de dégradation produisent certes des dérivés à pouvoir toxique direct, mais il faut aussi considérer au niveau des organismes de la chaîne alimentaire l'accumulation, la métabolisation, l'excrétion de nombreux nouveaux composés à différents états de dégradation dont la toxicité et les effets secondaires sont mal connus, voire inconnus. A ce chapitre figurent entre autres, les hydrocarbures cancérigènes pour les invertébrés marins, mais aussi pour l'homme.

#### BIBLIOGRAPHIE

- AMOCO CADIZ — Premières observations sur la pollution par les hydrocarbures (1978). *Actes de colloques du CNEXO*, 6, 239 pp.
- CATASTROPHE DE L'AMOCO CADIZ (1978) — Résultats préliminaires des travaux entrepris par l'Institut d'Etudes Marines. *Université de Bretagne Occidentale, Brest*, 64 pp.
- CLARK R. C., Jr. ; MACLEOD W. D., Jr. (1977) — Inputs, transport, mechanisms and observed concentrations of petroleum in the marine environment. In " Effects of Petroleum on Arctic and subarctic Marine Environments and organisations ". *Ed. D. C. Malins*, vol. I, pp. 91-223.
- KARRICK N. L. (1977) — Alterations in petroleum resulting from physico-chemical and microbiological factors. In : " Effects of petroleum on Arctic and subarctic Marine environments and organisms ". *Ed. D. C. Malins*, vol. I, pp. 225-299.
- THE AMOCO CADIZ OIL SPILL (1978) NOAA/EPA — Special Report. A preliminary scientific Report. *Ed. US department of commerce and US environmental Protection Agency*, 283 pp., 66 planches couleurs hors-texte.
- THE FATE OF OIL SPILL AT SEA (1973) — Report by a Ministry of Defence working Party. *Defence Research Information Center. Orpington, Kent*.

## 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*, désemparé, 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 CNEXO 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'île 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 pollutions 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 fluviatiles 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 péninsule.

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 submergées. 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 km<sup>2</sup> affectés par la marée noire, il y a près de 800 km<sup>2</sup> de surface rocheuse. Environ 300 km<sup>2</sup>, 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 km<sup>2</sup>, situés entre - 12 m et - 50 m, sont peuplés d'éponges, d'hydriaires et de bryozoaires. Environ 100 km<sup>2</sup>, situés au-dessus de + 3 m, dans la zone intertidale, sont couverts de cirripèdes cithamales 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 km<sup>2</sup>, avec 200-300 000 tonnes brutes de peuplements extrêmement diversifiés : dunes hydrauliques de sable moyen et fin à *Ophelidae*, *Haustoridae* et *Ammodytidae* (200 g/m<sup>2</sup>), nappes de sables fins charriés par les vagues à *Venus gallina*, *Pharus legumen*, *Tellina tenuis* et *fabula*, *Donax vittatus*, *Ensis ensis* (500 g/m<sup>2</sup>) ; bassins sablo-vaseux et sables fins de décantation à *Corbula gibba*, *Cardium edule*, *Solen marginatus*, *Leiochone clypeata*, *Arenicola marina* (800 g/m<sup>2</sup>).

Des herbiers de *Zostera marina* (50 tonnes à l'hectare) colonisent souvent ces fonds, entre + 3 et - 3 m, avec leurs riches peuplements (1 000 g/m<sup>2</sup>) 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*, *Melitta 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 lieux jaunes, l'activité goémonière (environ 1 500 personnes), l'ostréiculture (Abers Benoit 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 1 000 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 m<sup>3</sup> d'émulsion brune, gluante, de 60 à 80 % d'eau dans l'huile, qui constituèrent une nappe potentielle flottante de 500 km<sup>2</sup>, 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 Quessant 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 décongester 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 Tré-gastel, 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 m<sup>2</sup>, 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'Études Marines de Brest (I.E.M.) et la Société pour l'Étude 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 Saizon, Aber de Roscoff, Peraridic, Mogueriec, Quillec (100 prélèvements environ) ;

— en avril et mai : les peuplements de l'Aber Benoit 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.).

A 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 FÈVRE 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 surfit) 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 PEUPELEMENT 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 km<sup>2</sup>.

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 Porsall (Ile de Rosservor). 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 Porsall, 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
	Porsall (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 m<sup>2</sup>) 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 m<sup>2</sup>. (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 Porsall, 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 mabout, 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, sur les Crustacés, les Étoiles 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 km<sup>2</sup> 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'hydriaires, 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* — *Himantalia 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>Crista &amp; 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 floridus</i>	0,5	<i>Motella tricirrata</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 squamata*.

*Cirratulus 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 gosseii*, *Grantia compressa*, *Adocia simulans* ;
- les Bryozoaires : *Flustrella hispida*, *Umbonula verrucosa* ;
- les Mollusques : *Trivina 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.

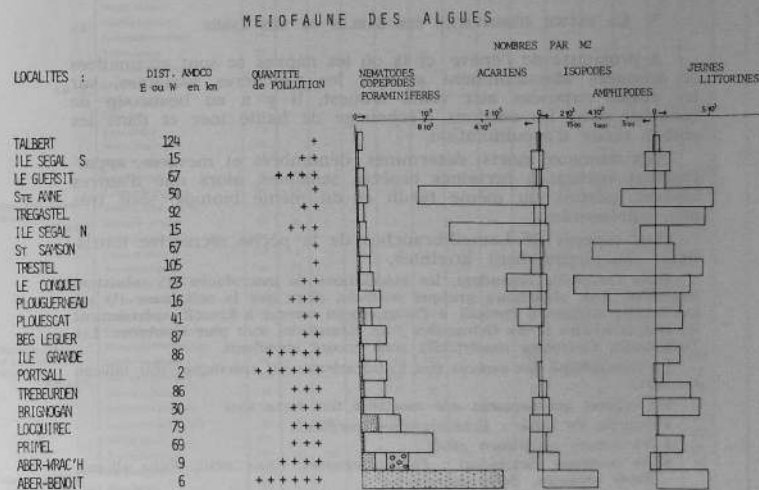


FIGURE 1 — Certains animaux microscopiques de la surface des algues ont proliféré en fonction de la pollution (Nématodes, Copépodes, Isopodes) d'autres ont régressé (Acariens, Amphipodes). Le recrutement des littorines n'a pas été affecté.





- 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 mélofaune 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 :

A 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 *Mactra 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 m<sup>2</sup>.

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 épifaune de *Gibbula pennanti*. Les peuplements dunaires instables à *Ophelia bicornis*, *Nerine cirratulus*, n'ont pas été retrouvés.

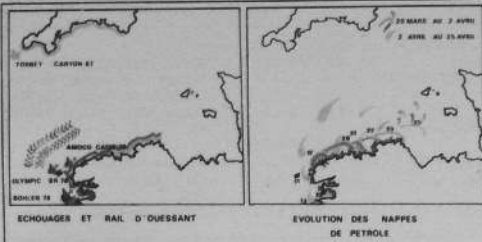
d) à Mogueriec :

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 :

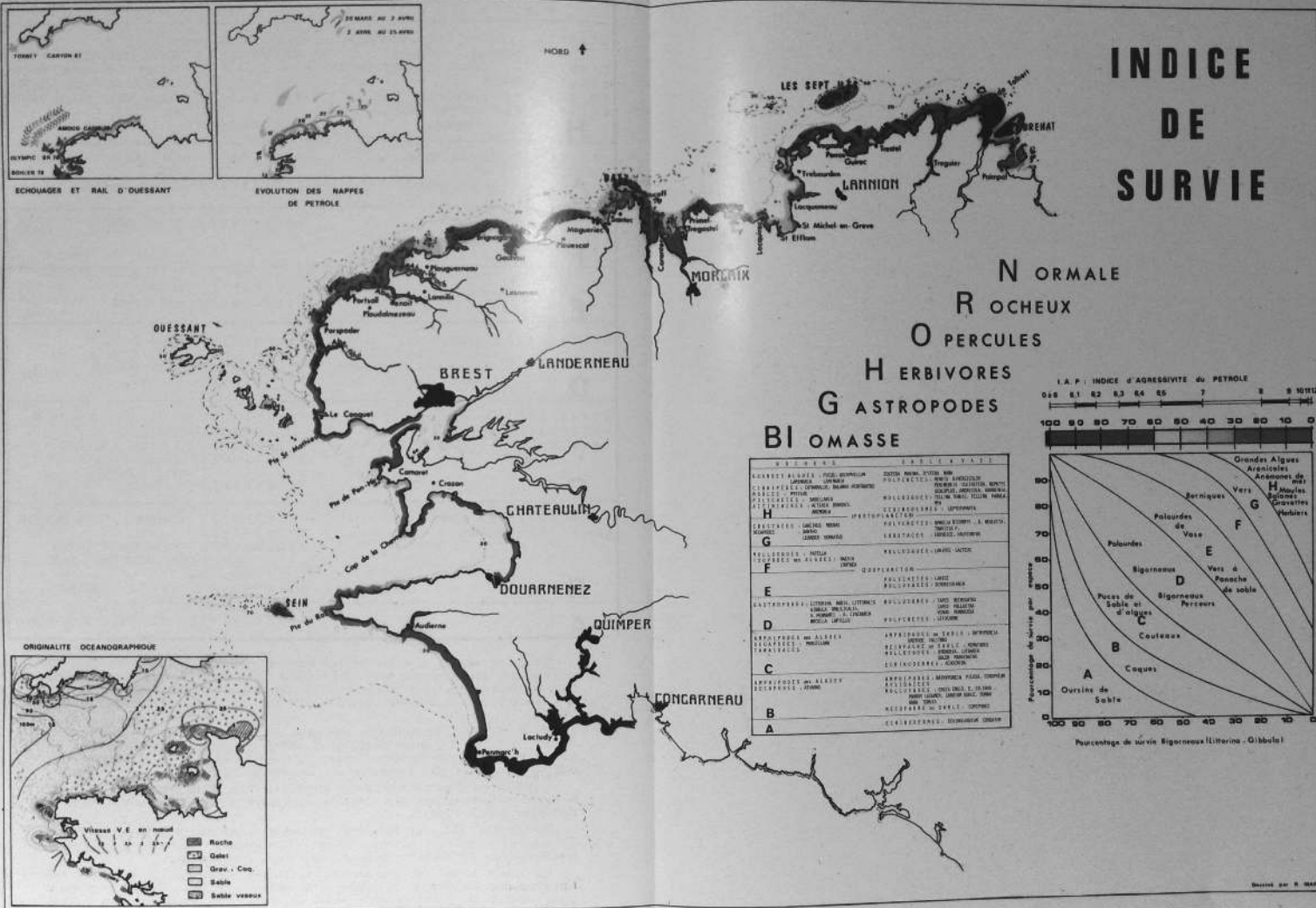
Aux abords et dans l'Aber-Benoît, ainsi qu'à l'ouest de la presqu'île de Sainte-Marguerite, (mi-avril, mi-mai), les peuplements des herbiers de *Zostera* à *Loripes lacteus*, *Branchiomma vesiculosum*, *Tapes aureus*, *Perinereis cultrifera* sont normaux ; les peuplements des sables fins, assez propres 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

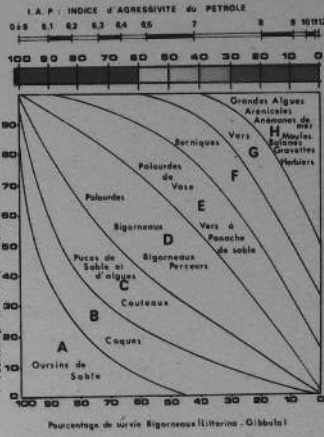


ECHOUAGES ET RAIL D'OUESSANT

EVOLUTION DES RAPPES DE PETROLE



# INDICE DE SURVIE



INDICE	INDICATEURS
A	COQUES
B	COQUES, COULEUX
C	COULEUX, PERCEURS
D	PERCEURS, SIGORENEUX
E	SIGORENEUX, VASE
F	VASE, BERNIQUES
G	BERNIQUES, GRANDES ALGUES
H	GRANDES ALGUES

Donnés par B. MARC

ROCHERS	SABLE & VASE
GRANDES ALGUES : FUCUS, ASCOPHYLLUM LAMINARIA LAMINARIA CIRRIPEDES : CHTHAMALUS, BALANUS PERFORATUS MOULES : MYTILUS POLYCHETES : SABELLARIA ACTINIAIRES : ACTINIA BUKIDES, ANEMONIA <b>H</b> (PHYTOPLANKTON)	ZOSTERA MARINA, ZOSTERA NANA POLYCHETES : NEREIS DIVERSICOLOR PERINEREIS CULTRIFERA, NEPHTYS SCOLOPLOS, ARENICOLA, AUDOUINIA, MYA MOLLUSQUES : TELLINA TENUIS, TELLINA FABULA, MYA ECHINODERMES : LEPTOSYNAPTA
CRUSTACES : CARCINUS MOENAS DECAPODES : XANTHO LEANDER SERRATUS <b>G</b>	POLYCHETES : OPHELIA BICORNIS, O. NEGLECTA, TRAVISIA F. CRUSTACES : EURYDICE, HAUSTORIUS
MOLLUSQUES : PATELLA ISOPODES DES ALGUES : NAESIA IDOTHEA <b>F</b> (ZOOPLANKTON)	MOLLUSQUES : LORIPES LACTEUS
<b>E</b>	POLYCHETES : LANICE MOLLUSQUES : SCROBICULARIA
GASTROPODES : LITTORINA RUDIS, LITTORALIS GIBBULA OMBILICALIS, G. PENNANTI, G. CIRREARIA MUCELLA LAPILLUS <b>D</b>	MOLLUSQUES : TAPES DECUSSATUS TAPES PULLASTRA, VENUS VERRUCOSA POLYCHETES : LEICHOIDE
AMPHIPODES DES ALGUES DECAPODES : PORCELLANA TANAIDACES <b>C</b>	AMPHIPODES DU SABLE : BATHYPOREIA UROTHE TALITRUS MEIOFAUNE DU SABLE : NEMATODES MOLLUSQUES : HYDROBIA, LUTRARIA SOLEN MARGINATUS ECHINODERMES : ACROCNIDA
AMPHIPODES DES ALGUES DECAPODES : ATHANAS <b>B</b>	AMPHIPODES : BATHYPOREIA PILOSA, COROPHUM MYSIDACEES MOLLUSQUES : ENSIS ENSIS, E. SILIQUA PHARUS LEGUMEN, CARDIUM EDULE, DONAX ABRA TENUIS MEIOFAUNE DU SABLE : COPEPODES
<b>A</b>	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/m<sup>2</sup> dans les zones abritées, de 100 g/m<sup>2</sup> 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 Gastropodes 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.

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'hydriaires 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 découvertes.

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 détritiques algaux, les plus pauvres en oxygène.

Les peuplements avec dessalures et les vasières d'amont comportent des peuplements denses de *Nereis diversicolor* (1 600/m<sup>2</sup>) de *Mya arenaria* (4 à 40/m<sup>2</sup> — moyenne : 12).

#### f) près de Portsall :

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). 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 km<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> et NH<sup>3</sup>.

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<sup>2</sup>, 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, Blenniidae, 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* (1 000), 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, Cancre et Araignées avaient bon goût ;
- du 15 au 20 avril, à Plouguerneau comme à Roscoff et à Carantec, Cancre, 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 Rousettes (25 %), les vieilles (20 %), les Lieus (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 emaciés maintenant. Ils présentent de grandes ulcérations de la peau, dans un secteur de côte qui s'étend de l'Aber Benoit 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 Benoit 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<sup>e</sup> 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 m<sup>2</sup> chacun, dans chacune des quatre à cinq ceintures d'algues : *Pelvetia*, *Fucus spiralis*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum*, *Fucus*

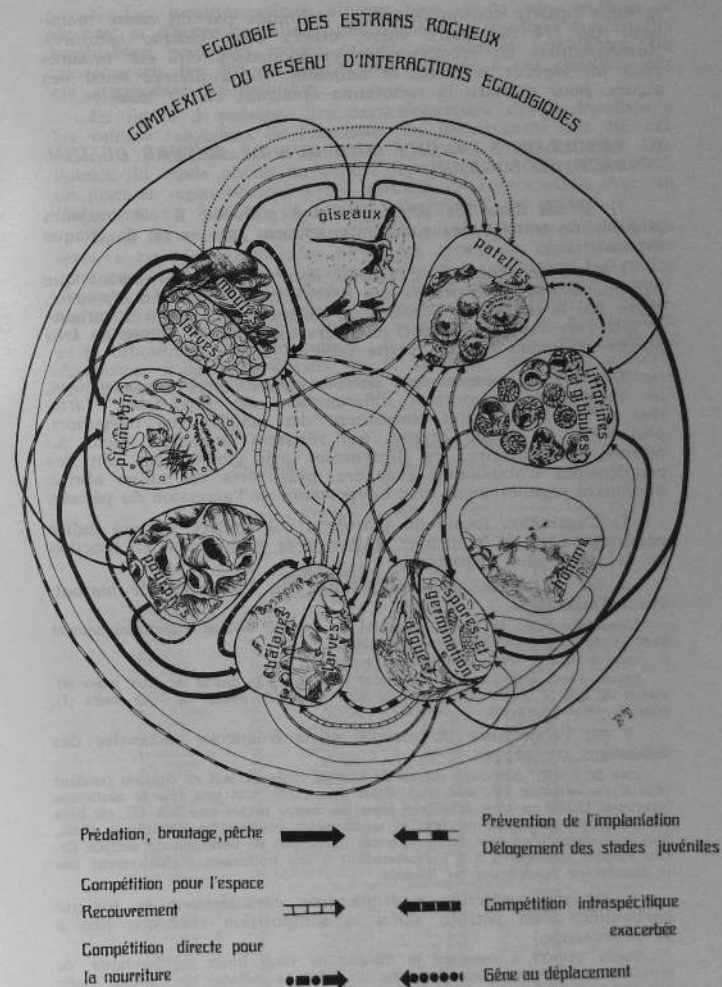


FIGURE 2 — L'impact écologique d'une marée noire ne se réduit pas à un décompte de cadavres. L'écosystème, c'est d'abord un réseau d'interrelations entre les êtres vivants. En détruisant ou en relâchant certaines liaisons, la pollution perturbe inégalement ce réseau, qui ne retrouvera son équilibre qu'après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

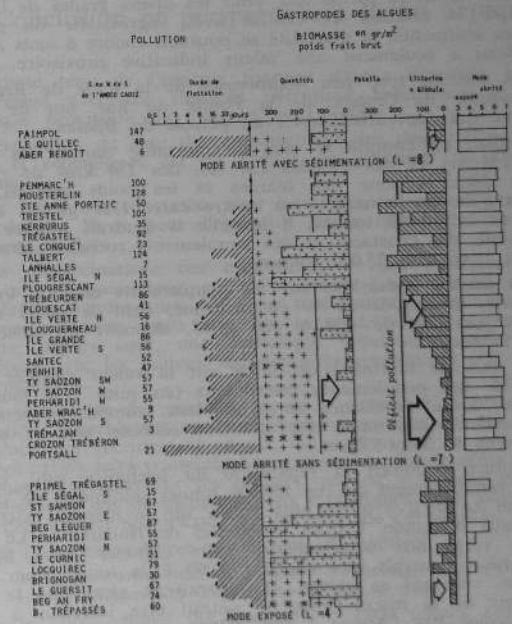


FIGURE 3 — Localement, et pour un mode donné, la biomasse des Gastropodes des algues diminue en fonction de l'agression du pétrole.

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 m<sup>2</sup> 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 mortalités qui sont attribuables au pétrole du *Böhlen*.

Prenant en compte le taux de mortalité moyen des Bigorneaux (54 %) et des Patelles (30 %), des 130 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> de sédiments, touchés à 30 % en moyenne, dont le poids moyen des animaux est de 400 à 600 g/m<sup>2</sup>, 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 contaminateurs.

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.

## Mortalités d'oiseaux à la suite du naufrage du pétrolier *Amoco Cadiz*

par Jean-Yves MONNAT\*

Au cours de deux des trois précédents incidents pétroliers en Bretagne, la S.E.P.N.B. avait activement participé à la création et au fonctionnement de centres de soins aux oiseaux mazoutés. Mais, dans un cas comme dans l'autre, l'unique activité de ces centres fut l'accueil et le traitement des oiseaux vivants encore. Cette fois, nous avions décidé de mettre l'accent sur le bilan des dommages occasionnés à l'avifaune par le pétrole de l'*Amoco Cadiz*. Ainsi, et pour la première fois, nous sommes capables de faire état de la mortalité observée, d'évaluer grossièrement la mortalité réelle, et de mesurer l'importance relative des pertes essayées par les différentes espèces concernées.

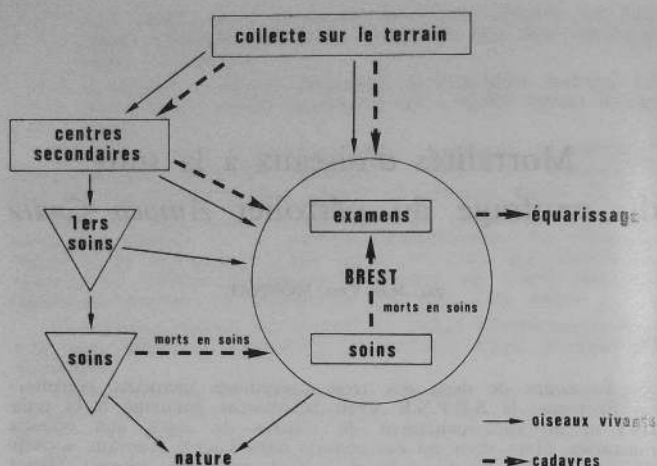
#### DEROULEMENT DES OPERATIONS

Le lendemain même de l'échouement, un communiqué était adressé aux journaux locaux : le centre de la rue Charles Péguy à Brest, qui avait fonctionné au moment de la marée noire du *Böhlen* en 1976-77, serait rouvert dès le lundi 20 mars, et le public était invité à y rapporter tous les oiseaux mazoutés recueillis à la grève, morts et vivants. Le travail du centre s'est rapidement organisé en trois secteurs d'activités :

- un volet surtout *administratif* assurant aussi l'accueil du public, l'organisation des collectes et la comptabilité globale des oiseaux morts et vivants dès leur arrivée ;
- un volet *scientifique* chargé de l'examen détaillé des cadavres ; degré de mazoutage, sexe, âge, état de la mue, mensurations, autopsies, prélèvements pour analyse, etc. ;
- un volet *thérapeutique* chargé de l'accueil, du nettoyage, des soins et de la réhabilitation des oiseaux encore vivants.

Dans le même temps, des centres secondaires se constituaient spontanément ou sous l'impulsion de la S.E.P.N.B. dans onze localités littorales du Finistère (Tréogat, Camaret, Portsall, Lannilis, Plouguerneau, Guissény, Brignogan, Plouescat, Roscoff, Saint-Pol-de-Léon et Morlaix). La coordination des collectes et des soins

\* Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences - 29283 BREST CEDEX.



Organisation de la collecte et des soins aux oiseaux mazoutés, de mars à mai 1978.

dans les Côtes-du-Nord avait été confiée à la Ligue Française pour la Protection des Oiseaux : dans ce département, des centres se sont créés dans neuf localités côtières (Plestin, Trébeurden, Perros-Guirec, Trevou-Tréguignec, Port-Blanc, Paimpol, Saint-Briec, Pléneuf et Saint-Cast), soit de façon spontanée soit à l'instigation de la L.F.P.O., souvent avec la participation de militants de la S.E.P.N.B.

Les localités, les plus méridionales du Finistère (Tréogat) et les plus orientales des Côtes-du-Nord (Pléneuf, Saint-Cast), de même que les huit centres qui ont fonctionné dans le Morbihan et le centre de Dinard en Ille-et-Vilaine, n'ont pas été directement concernés par le pétrole de l'Amoco Cadiz. Les oiseaux qu'elles ont reçus et comptabilisés ont, pour la plupart, sans doute été mazoutés par d'autres sources de pollution (dégazages notamment).

En principe, tous les cadavres devaient être transmis au Centre de Brest pour examen scientifique détaillé. Le système a bien fonctionné dans le Finistère, nettement moins entre Brest et Perros, en partie pour des raisons d'éloignement.

Pour l'examen détaillé des cadavres, nous avons bénéficié de l'aide active d'un ornithologue gallois, Peter HOPE-JONES, envoyé par la Royal Society for the Protection of Birds (R.S.P.B.) dès la première semaine de la catastrophe.

#### BILAN QUANTITATIF

##### MORTALITÉ OBSERVÉE

N'ayant pas encore pu obtenir à ce jour de bilan précis et

complet pour les Côtes-du-Nord ni pour le Centre de Morlaix, les chiffres avancés ici ne sont, malheureusement, que provisoires (1).

C'est un minimum de 3 640 oiseaux qui ont été transmis morts ou vivants aux divers centres de la zone directement concernée par le pétrole de l'Amoco Cadiz, c'est-à-dire entre Camaret et Paimpol. Sur ce total provisoire, 1 551 ont été comptabilisés sur les côtes trégorroises, de Paimpol à Plestin-les-Grèves, et 2 089 provenaient du littoral léonard, entre Morlaix et la Presqu'île de Crozon.

Dans la plupart des centres, les arrivées ont été importantes jusqu'au 20 avril environ, décroissant fortement ensuite. Comme cela a été souvent montré (HOPE-JONES *et al.*, 1970, BIBBY et LLOYD, 1977...), les cadavres d'oiseaux morts en mer dérivent sous l'influence presque exclusive des vents. Le schéma d'arrivée des oiseaux sur les côtes léonardes (fig. 1) rend assez bien compte de ce phénomène. Les deux pics enregistrés, l'un autour du 22 mars, le second vers le 11 avril, correspondent exactement ou suivent immédiatement des vents forts portant vers le littoral, c'est-à-dire du secteur nord (nord-ouest et nord-est). De même, le creux noté après le 27 mars coïncide avec une semaine de vents soufflant du secteur sud-ouest, donc vers le large.

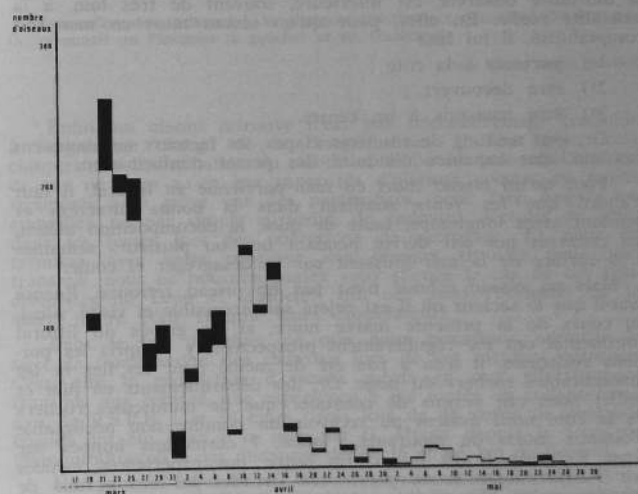


FIGURE 1 — Arrivées d'oiseaux par tranches de 2 jours, sur le littoral du Léon (Nord-Finistère). En noir, les oiseaux encore vivants.

(1) Bilan établi à l'aide des données parvenues jusqu'à la fin du mois de septembre 1978.

## MORTALITÉ RÉELLE

Il est tout à fait évident que les 3 600 à 4 000 oiseaux enregistrés sont loin de représenter la totalité de l'impact de cette marée noire sur l'avifaune. Il y a à cela plusieurs raisons.

### — Problème des oiseaux de rivage

La première, c'est que l'immense majorité (93 %) des oiseaux rapportés aux centres d'accueil étaient des oiseaux marins. Ne sont pas inclus dans les totaux les très nombreux oiseaux de rivage (limicoles, goélands et mouettes) qui ont été observés mazoutés par centaines sur les côtes léonardes dans la première semaine du sinistre. Que sont-ils devenus ? N'étant pas strictement liés à l'eau comme le sont les plongeurs, les grèbes, les cormorans, les canards, les alcidés... ils sont moins susceptibles d'avoir été gravement atteints que ceux-ci. Certains, très mazoutés mais encore capables de voler, ont pu aller mourir dans l'intérieur des terres où personne n'est allé les rechercher. D'autres, moins touchés, ont pu quitter complètement le secteur et se diriger vers leurs zones de reproduction.

### — Sous-estimation de la mortalité en mer

En second lieu, même pour les oiseaux strictement aquatiques, la mortalité observée est inférieure, souvent de très loin, à la mortalité réelle. En effet, pour qu'un oiseau mort en mer soit comptabilisé, il lui faut :

- 1°) parvenir à la côte ;
- 2°) être découvert ;
- 3°) être transmis à un centre.

Or, tout au long de ces trois étapes, les facteurs ne manquent pas qui sont capables d'induire des pertes d'information.

Pour qu'un oiseau mort en mer parvienne au littoral, il faut d'abord que les vents soufflent dans la bonne direction et pendant assez longtemps, faute de quoi, la décomposition aidant, les cadavres qui ont dérivé pendant une ou plusieurs semaines à la surface de la mer finissent par se désagréger et couler.

Mais un oiseau échoué n'est pas un oiseau retrouvé. Encore faut-il que le secteur où il est rejeté soit accessible et visité. Ainsi, au cours de la présente marée noire, si les grèves du littoral continental ont été régulièrement prospectées, y compris les portions rocheuses, il n'en a pas été de même pour les îles et les innombrables rochers du large. Or, des débarquements en juin et juillet nous ont permis de constater que de minuscules rochers de la côte nord avaient pu recevoir un nombre non négligeable d'oiseaux morts ou mourants : ainsi, 7 cormorans huppés sur Enez Kerlouan le 10 juillet. En outre, des expériences menées par P. HOPE-JONES (*com. pers.*) aux Orcades lui ont permis de montrer qu'un observateur entraîné recherchant spécialement les oiseaux échoués pouvait manquer un oiseau sur cinq en moyenne lors d'un seul passage sur une grève facile à explorer. Que dire alors des portions rocheuses et des grèves où s'accumulent d'innombrables épaves : les cadavres d'oiseaux peuvent fort bien passer inaperçus dans les hautes d'algues ou les nappes de pétrole épaisses, quand ils ne sont pas, tout simplement, enfouis dans le sable de la plage.



Evacuation des cadavres à la clinique des oiseaux mazoutés de Portsall. On reconnaît un Plongeur (à gauche) et un Guillemot.

(Photo Claude Roudot, Lanildut)

Enfin, un oiseau retrouvé n'est pas nécessairement transmis à l'organisme chargé de le comptabiliser. Il faut pour cela compter sur l'information du public et sa bonne volonté. Combien de cas ne nous a-t-on pas rapportés d'oiseaux vivants ou morts récupérés à la grève par des particuliers, pour être soignés ou empaillés, ou par simple curiosité, de cadavres détruits ou jetés dans les fosses lors des opérations de nettoyage. Et pour en terminer avec cette rubrique des oiseaux trouvés mais non transmis, nous ne pouvons passer sous silence le cas de ces taxidermistes du Léon et d'ailleurs qui ont saisi l'occasion de la marée noire pour remplir leurs congélateurs.

Dans le but d'évaluer ce que nous pourrions nommer le *taux de transmission* des cadavres lors de cet incident pétrolier, c'est-à-dire la proportion d'oiseaux morts en mer effectivement transmis aux centres, une expérience a été tentée en collaboration avec la R.S.P.B. : le 30 mars, trois lots de 48 corps de goélands bagués ont été jetés à la mer par G. MUDGE depuis le ferry de Plymouth-Roscoff à des distances de 30, 15 et 7,5 km de Roscoff.

A ce jour, 32 reprises ont été enregistrées dont seulement 3 du lot extérieur (6 %), 14 du lot intermédiaire (29 %) et 15 du lot intérieur (31 %), ce qui, globalement représente un taux de transmission de 22 %. On serait alors tenté de considérer qu'environ 1 oiseau sur 5 morts en mer est parvenu aux divers centres, d'appliquer ce rapport au total enregistré et d'affirmer que la mortalité réelle des oiseaux de mer s'élève à 15-20 000 individus. Ce n'est malheureusement pas aussi simple : les variations des conditions météorologiques (direction et force du vent) peuvent

modifier ce taux de transmission ; rien ne nous dit que la répartition de la mortalité en mer a été celle que nous lui avons fixée arbitrairement dans cette expérience ; le déplacement des oiseaux mazoutés, mais vivant encore, est sans doute différent de celui des cadavres inertes ; le taux de transmission n'est, à coup sûr, pas le même pour toutes les espèces ; la prospection des côtes a elle-même beaucoup varié selon les endroits et les périodes... Aussi, ne pouvons-nous utiliser les résultats que comme un ordre de grandeur pour la seule période de déroulement de l'expérience.

#### — Autres sources de pollution

Il y a enfin tous les oiseaux trouvés mazoutés au moment de la catastrophe en Loire-Atlantique, dans le Morbihan, dans le Sud-Finistère, en Ille-et-Vilaine, dans le Cotentin et dans les Iles Anglo-Normandes, tous secteurs qui n'ont pas été directement touchés par le pétrole de l'Amoco Cadiz.

Avec 423 individus dans les Iles Anglo-Normandes, 654 sur les côtes de la Manche, un grand minimum de 126 en Cornouaille, 381 dans le Morbihan et 22 en Loire-Atlantique, cela fait le total non négligeable de 1606 oiseaux supplémentaires. Quelles sont les causes de cette mortalité ? Pour la Loire-Atlantique, le Morbihan et sans doute la Cornouaille, il paraît bien difficile d'envisager que le pétrole de l'Amoco Cadiz soit en cause. C'est moins évident pour le golfe normand-breton beaucoup plus proche de la limite atteinte par les nappes. Les seuls éléments dont nous disposons pour en juger sont les analyses de 13 échantillons de pétrole prélevés sur des oiseaux mazoutés ou directement sur des grèves de Cornouaille (2 échantillons) et des Iles Anglo-Normandes. 12 de ces analyses ont été effectuées au Laboratory of the Government Chemist à Londres, le dernier aux laboratoires du Service Hydrographique de la Marine à Brest. Pour la Cornouaille, il s'agit, dans les deux cas, de produits n'ayant rien à voir avec le brut de l'Amoco Cadiz, et dans l'un des cas au moins d'un résidu de déballastage. Pour les Iles Anglo-Normandes, deux échantillons seulement concernent des bruts altérés ayant quelque similitude avec celui de l'Amoco Cadiz ; les autres proviennent soit de bruts de déballastage (2 cas), soit de fuels. L'on sait d'ailleurs que de nombreux navires ont profité de l'accident pour dégazer en mer. Si cette mortalité n'est pas directement liée aux nappes issues de Portsall, on peut en tout cas dire qu'elle a été, pour une bonne partie au moins, induite par la catastrophe.

#### BILAN QUALITATIF

Ce sont toujours les oiseaux plongeurs, ceux qui passent le plus clair de leur vie sur l'eau, plongeant de la surface pour s'alimenter, qui paient le plus lourd tribut à la pollution par les hydrocarbures. Dans les mers continentales (Mer du Nord, Baltique...), ce sont surtout les canards marins comme les macreuses, les hareldes, les eiders, etc... ; dans les mers plus ouvertes au large, ce sont plutôt les alcidés, les cormorans, les plongeurs...

La présente marée noire n'a pas dérogré à ces principes généraux puisque 86 % des victimes sont des plongeurs parmi

lesquels on compte 69 % d'alcidés, 12 % de cormorans, 4 % de plongeurs et de grèbes, mais seulement 1 % de canards marins. Les oiseaux plus pélagiques (pétrels et puffins, fous, labbes, mouettes tridactyles) ne représentent que 4,4 % de la mortalité et les oiseaux de rivage, limicoles, mouettes et goélands côtiers, 6 %. Enfin, 0,5 % des oiseaux recueillis sont des espèces terrestres : divers passereaux, pigeons, etc... (TABLEAU 1).

Comme on devait s'y attendre, étant donné le déplacement strictement littoral des nappes, les espèces très côtières (cormorans, plongeurs...) sont relativement très représentées. La principale anomalie dans ce domaine concerne la très forte mortalité du macareux, espèce normalement pélagique, mais nous verrons plus

TABLEAU I  
Répartition de la mortalité par secteur et par famille

SECTEURS	BRETAGNE SUD		LEON		TREGOR		G. NORM. BRETON		TOTAL	
	529		2089		1212		1077		4907	
TOTAL/SECTEUR	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Oiseaux marins de surface	391	73,9	1905	91,2	1091	90,0	841	78,2	4228	86,1
ALCIDES . . . . .	365	69,0	1439	68,9	783	64,6	792	73,6	3379	68,9
PLONGEURS . . . . .	6	1,1	94	4,5	54	4,5	21	2,0	175	3,5
GREBES . . . . .	2	0,4	6	0,3	19	1,6	7	0,6	34	0,6
CORMORANS . . . . .	13	2,5	363	17,4	204	16,8	17	1,6	597	12,2
CANARDS . . . . .	5	0,9	3	0,1	31	2,6	4	0,4	43	0,9
Autres oiseaux marins (*)	93	17,6	54	2,5	21	1,7	45	4,2	213	4,4
FOUS . . . . .	85	16,1	39	1,9	14	1,2	29	2,7	167	3,4
PROCELARIIDES . . . . .	3	0,6	6	0,3	4	0,3	3	0,3	16	0,3
LARIDES (part.) . . . . .	5	0,9	7	0,3	2	0,2	12	1,1	26	0,5
LABBES . . . . .	0	0	2	0,1	1	0,1	1	0,1	4	0,1
Oiseaux de rivage	39	7,4	113	5,4	82	6,8	58	5,4	292	6,0
LARIDES (part.) . . . . .	35	6,6	98	4,7	69	5,7	56	5,2	258	5,3
LIMICOLES . . . . .	4	0,8	15	0,7	13	1,1	2	0,2	34	0,7
Oiseaux terrestres	0	0	12	0,6	9	0,7	1	0,1	22	0,5

(\*) Cette catégorie comprend les oiseaux plutôt pélagiques qui passent la majeure partie de leur temps en vol (fou, pétrels et puffins, labbes, mouette tridactyle).

loin le problème particulier que pose cet oiseau. On remarquera à cet égard les différences entre la zone directement touchée par le pétrole de l'Amoco Cadiz et les secteurs qui lui sont extérieurs. Dans ces derniers, la mortalité affecte une proportion notablement moins élevée d'espèces côtières, et plus élevée d'oiseaux pélagiques (macareux compris), ce qui fait penser une fois de plus à un autre type de pollution pétrolière, plus semblable à la pollution chronique.

#### LES ALCIDÉS

Les alcidés (pingouins, guillemots et macareux) sont, avec les canards marins, le groupe d'oiseaux le plus fréquemment concerné dans les bilans de mortalité due au pétrole dans l'hémisphère nord (CLARK, 1968, CLARK, 1973, CROXALL, 1977...). A tel point que ce type de pollution est considéré comme le principal facteur du déclin de leurs colonies les plus méridionales en Europe : Bretagne, sud et ouest des Iles Britanniques (PARSLow, 1973, CRAMP *et al.*, 1974). Cela n'a rien de bien surprenant quand on sait que ce secteur voit passer le plus important trafic pétrolier du monde, et que les alcidés, de par leurs caractéristiques biologiques, sont très mal armés pour refaire les pertes qu'ils subissent de ce fait.

Ce sont les espèces dont la répartition en mer au moment de la catastrophe était le plus susceptible de correspondre à celle qui a été choisie dans l'expérience de dérive de cadavres. On ne peut donc qu'être saisi d'inquiétude quant à l'avenir de ces oiseaux dans notre pays quand on sait que plus de 3 600 (1) d'entre eux ont été transmis aux différents centres alors que leur population reproductrice globale n'excède que de peu le millier de couples en Bretagne. Heureusement pour les petites colonies bretonnes, ces oiseaux n'étaient évidemment pas tous des reproducteurs bretons ; ils pouvaient en fait correspondre à quatre catégories :

- reproducteurs des colonies bretonnes ;
- immatures du futur stock des reproducteurs bretons ;
- reproducteurs des colonies plus nordiques, en migration ;
- immatures des colonies plus nordiques.

C'est en partie pour tenter d'apporter quelque lumière sur les questions de l'âge et de l'origine des oiseaux touchés qu'ont été effectués bon nombre d'examen scientifiques.

Pourquoi s'attacher à déterminer l'âge de ces oiseaux ? Parce que pour ce qui concerne la survie de l'espèce, la valeur d'un adulte reproducteur est supérieure à celle d'un immature. Ceci est d'autant plus vrai que, pour des oiseaux de mer en général et les alcidés en particulier, l'âge de première reproduction n'est atteint que très tardivement (4 à 5 ans pour le pingouin et 4 à 6 ans pour le macareux). La détermination de l'âge n'est pas toujours facile, les critères sûrs manquant dans plusieurs cas.

(1) A multiplier par quel facteur pour obtenir la mortalité réelle ? Si le taux de transmission de 30 % des deux lots de cadavres immergés à proximité de la côte dans l'expérience de dérive est applicable à l'ensemble de la période et de la zone, ce sont en fait plus de 10 000 alcidés qui auraient péri !

Quant à connaître l'origine des oiseaux touchés, c'est une tâche rarement soluble. Les seuls éléments utilisables sont les quelques oiseaux trouvés bagués, les mensurations et l'examen de leur plumage quand il existe des variations géographiques ; mais au bout du compte, le seul véritable moyen de mesurer l'impact d'un tel événement sur nos populations est le comptage direct des colonies, à condition de bien connaître la situation et l'évolution antérieures.

#### ■ Macareux moine (*Fratercula arctica*)

Pour ce qui concerne l'impact sur l'avifaune, le trait le plus remarquable de cette marée noire est, sans doute, l'exceptionnelle mortalité des macareux. Remarquable parce qu'aucun incident de ce type n'a jamais provoqué chez cette espèce une mortalité qui approche les 36 % dans les recensements d'oiseaux échoués effectués chaque année, à intervalles réguliers, en Europe du Nord (HARRIS et YULE, 1977). Remarquable aussi parce qu'il est rare d'observer des macareux au large des côtes bretonnes si ce n'est en petit nombre autour de nos quelques colonies résiduelles.

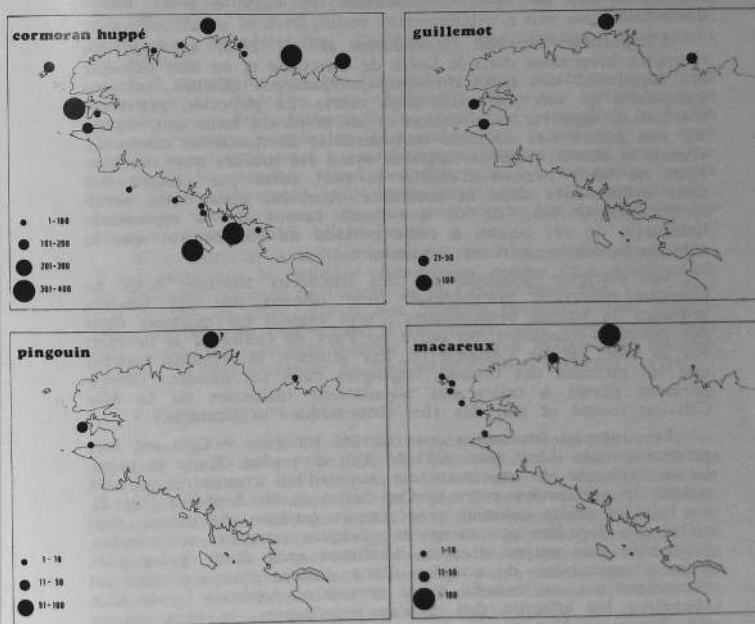


FIGURE 2 — Répartition et effectifs (couples) des colonies des quatre espèces d'oiseaux marins les plus touchées.

En fait, dès la première semaine, nous avons soupçonné que cette très forte mortalité n'était pas seulement due au pétrole de l'*Amoco Cadiz*. Supportée par l'arrivée de cadavres dans un état de décomposition avancée dès les premiers jours du sinistre, cette hypothèse a été confirmée depuis par les reprises d'oiseaux bagués. En effet, les trois premiers mois de 1978 ont fourni 13 reprises britanniques de macareux entre la Bretagne et le Pays Basque alors qu'auparavant il n'en avait été enregistré que 40 dans la même région depuis les tous débuts du baguage de cette espèce en Grande-Bretagne (MEAD, 1978) ! Cette étonnante série de reprises depuis janvier 1978 dans une région située tout à fait à l'écart des secteurs touchés par la pollution de mars-avril 1978 indique qu'il s'est produit au cours de l'hiver un phénomène de mortalité exceptionnelle comme il en est signalé de loin en loin pour cette espèce dans la littérature (BUREAU, 1977, HARRIS et YULE, 1977). En outre, l'examen par M. HARRIS d'un échantillon de 202 ailes, prélevées sur des macareux morts pendant la catastrophe, montre que 36 % de ces oiseaux étaient en mue des rémiges. Il faut savoir que chez les macareux, les rémiges primaires muent simultanément ce qui a pour effet de les rendre tout à fait inaptes au vol pendant quelque temps (HARRIS et YULE, 1977). On comprend que dans cet état ils soient plus vulnérables à la pollution par les hydrocarbure ou à toute autre forme d'adversité.

L'hypothèse avancée (HOPE-JONES *et al.*, 1978) est que les tempêtes hivernales dans le Golfe de Gascogne et en Mer Celtique ont rapproché des côtes quantité de macareux affaiblis, certains incapables de voler, d'autres déjà morts. La pollution pétrolière n'a fait qu'aggraver la situation et les vents du large ont déposé sur nos grèves des nombres considérables de macareux mazoutés, vivants et morts, certains cadavres ayant été souillés *post mortem*. Rien ne nous permet d'établir la part prise par chacun des deux événements dans la mortalité observée, mais notre sentiment, compte tenu de ce que nous savons de la répartition habituelle de cet oiseau à cette période de l'année, est que le rôle de la marée noire est secondaire.

Sur l'origine géographique des macareux touchés, nous ne pouvons pas dire grand-chose. Neuf oiseaux ont été trouvés porteurs de bagues britanniques ; sept avaient été marqués dans des colonies écossaises, un autre au Pays de Galles et le dernier, sur la côte est de l'Angleterre. Par ailleurs, M. HARRIS conclut que les mesures des oiseaux impliqués dans cet incident correspondent plutôt à celles des populations nicheuses de la Mer Celtique (ouest et sud des Iles Britanniques et Bretagne).

Les colonies bretonnes ont-elles été touchées ? Cela est fort probable, mais il est bien difficile d'en dire plus. Toute la population bretonne de macareux est aujourd'hui concentrée en dix points de nidification entre le Cap Sizun et les Sept-Iles (fig. 2). En fait, les seules colonies ayant encore quelque importance sont celles des Sept-Iles qui comptent quelques centaines de couples, l'ensemble des autres sites ne totalisant sans doute guère plus d'une cinquantaine de couples. Pour évaluer l'impact d'un tel événement sur une colonie il est nécessaire, répétons le, de bien connaître les effectifs des années précédentes, le taux moyen d'évolution et l'amplitude de variations annuelles. La technique de dénombrement utilisée aux Sept-Iles ne permet rien de tout cela puisqu'elle ne porte que sur les oiseaux observés sur l'eau

devant les colonies ; or ces rassemblements, comportant sans doute une majorité d'immatures, ont des effectifs extrêmement variables dans le temps (HARRIS, 1976) : ces décomptes ne sont pas du tout convertibles en nombre de couples ni vraiment comparables d'une année sur l'autre.

Si l'hypothèse selon laquelle l'essentiel des échouages de macareux est dû à une mortalité exceptionnelle au large est bonne, il n'y a *a priori* aucune raison que les nicheurs bretons y soient sur-représentés ; auquel cas l'impact sur nos colonies pourrait avoir été faible. On notera avec intérêt que c'est dans le Trégor (où sont situées les Sept-Iles) que l'on a enregistré le plus faible pourcentage de macareux échoués (TABLEAU 2).

Par ailleurs, le faible nombre de macareux observés le 10 avril autour de Riouzig, élément sur lequel MILON (1978) se fonde pour affirmer — bien imprudemment — que le maintien de la colonie n'est pas assuré, peut tout aussi bien être interprété comme un indice encourageant : le 24 mars, date d'arrivée des premières irisations aux Sept-Iles (C.N.E.X.O., 1978), est à peu près celle aussi des premiers retours de macareux dans nos eaux ; or, dans les semaines qui suivent leur arrivée, ils peuvent désertir complètement la colonie à plusieurs reprises et pendant plusieurs jours à la fois, notamment lorsque le temps est mauvais (CRAMP *et al.*, 1974) ; il n'est donc pas déraisonnable de penser que la faiblesse des effectifs au 10 avril puisse correspondre à une de ces absences provisoires, peut-être due d'ailleurs à une réaction d'évitement du pétrole.

Cela ne signifie pas que l'impact de cette marée noire sur les macareux des Sept-Iles soit négligeable. Bien au contraire : la moindre mortalité additionnelle ne peut que précipiter le déclin de nos colonies marginales. L'ensemble des remarques qui précèdent visent seulement à montrer que, contrairement aux apparences, il est possible sinon probable que les macareux locaux aient été relativement peu impliqués dans cette catastrophe, beaucoup moins en tout cas que pourrait le laisser craindre un examen superficiel des bilans bruts.

Si la mortalité a surtout concerné des macareux britanniques, il est exclu que le moindre changement puisse être décelé dans les énormes colonies de l'ouest de la Grande-Bretagne. Il ne faut pas oublier, en effet, que si nos colonies bretonnes sont aujourd'hui au bord de l'extinction, le macareux reste sans doute, avec une population mondiale évaluée à plus de 6 millions de couples, l'oiseau le plus commun de l'Atlantique Nord (HARRIS, 1976).

#### ■ Petit pingouin (*Alca torda*)

Avec guère plus de 200 000 couples au monde (LLOYD, 1976), le petit pingouin est de loin le plus rare de nos alcidés. La Bretagne, située à la limite sud de son aire de distribution sur cette rive de l'Atlantique, en compte à peine quelques dizaines de couples. C'est l'oiseau marin le plus menacé d'extinction chez nous. Il va donc sans dire que les 980 individus transmis aux centres (19 % de la mortalité observée) représentent pour l'espèce une perte comparativement beaucoup plus grande que pour le macareux, par exemple. Sur un petit échantillon de 129 pingouins examinés très en détail au Centre de Brest, 31 (24 %) étaient des oiseaux d'un an et 25 (19 %) étaient probablement en âge de se reproduire, les 57 % restant étant sans doute constitués d'immatures de 2 et 3 ans.

TABLEAU 2

Répartition de la mortalité par espèce et par secteur.  
Les données du Léon et du Trégor restent incomplètes.

	BRET.-S.		LEON		TREGOR		GOLFE NORM. BRET.		TOTAL ESPECE	
	nbre	%	nbre	%	nbre	%	nbre	%	nbre	%
Oiseau sp. Aves	6	1,1	5	0,2	9	0,7	132	12,3	152	3,1
Plongeon sp. <i>Gavia</i> sp.	2	0,4	8	0,4	21	1,7			31	0,6
Plongeon catmarin <i>Gavia stellata</i>			1		3	0,2	2	0,2	6	0,1
Plongeon arctique <i>Gavia arctica</i>			42	2,0	15	1,2	5	0,5	62	1,3
Plongeon imbrin <i>Gavia immer</i>	4	0,8	43	2,1	15	1,2	14	1,3	76	1,5
Grèbe sp. <i>Podiceps cristatus</i>					3	0,2	7	0,6	10	0,2
Grèbe castagneux <i>Tachybaptus ruficollis</i>			1						1	
Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i>	2	0,4	1		4	0,3			7	0,1
Grèbe esclavon <i>Podiceps auritus</i>			2	0,1	10	0,8			12	0,2
Grèbe à cou noir <i>Podiceps nigricollis</i>			2	0,1	2	0,2			4	0,1
Fulmar <i>Fulmarus glacialis</i>	2	0,4	4	0,2			2	0,2	8	0,2
Puffin des Anglais <i>Puffinus puffinus</i>			2	0,1	4	0,3	1	0,1	7	0,1
Pétrel tempête <i>Hydrobates pelagicus</i>	1	0,2							1	
Fou de Bassan <i>Sula bassana</i>	85	16,1	39	1,9	14	1,2	29	2,7	167	3,4
Cormoran sp. <i>Phalacrocorax</i> sp.			5	0,2					5	0,1
Grand Cormoran <i>Phalacrocorax carbo</i>	2	0,4	10	0,5	2	0,2	1	0,1	15	0,3
Cormoran huppé <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	11	2,1	348	16,7	202	16,7	16	1,5	577	11,8
Héron cendré <i>Ardea cinerea</i>					1	0,1			1	
Canard sp. <i>Anas</i> sp.	1	0,2							1	
Canard col vert <i>Anas platyrhynchos</i>					1	0,1			1	
Eider à duvet <i>Somateria mollissima</i>					1	0,1			1	
Macreuse noire <i>Melanitta nigra</i>	3	0,6	2	0,1	26	2,1	4	0,4	35	0,7
Macreuse brune <i>Melanitta fusca</i>	1	0,2			1	0,1			2	
Harle huppé <i>Mergus serrator</i>			1		2	0,2			3	0,1
Faisan de chasse <i>Phasianus colchicus</i>					1	0,1			1	
Poule d'eau <i>Gallinula chloropus</i>					1	0,1			1	
Huitrier pie <i>Haematopus ostralegus</i>	2	0,4	6	0,3	3	0,2	1	0,1	12	0,2
Limicoles sp. <i>Scolopacidae</i> sp.					8	0,7			8	0,2
Bécasseau violet <i>Calidris maritima</i>			5	0,2					5	0,1
Bécasseau variable <i>Calidris alpina</i>			1		2	0,2			3	0,1
Courlis corlieu <i>Numenius phaeopus</i>	2	0,4							2	
Courlis cendré <i>Numenius arquata</i>			1						1	
Tournepiere <i>Arenaria interpres</i>			2	0,1			1	0,1	3	0,1
Grand Labbe <i>Stercorarius skua</i>			2	0,1	1	0,1	1	0,1	4	0,1
Goéland/Mouette sp. <i>Larus</i> sp.	2	0,4	14	0,7	35	2,9	2	0,2	53	1,1
Mouette riieuse <i>Larus ridibundus</i>	3	0,6	31	1,5	6	0,5	10	0,9	50	1,0
Goéland cendré <i>Larus canus</i>	1	0,2					2	0,2	3	0,1
Goéland brun <i>Larus fuscus</i>	4	0,8	11	0,5					15	0,3
Goéland argenté <i>Larus argentatus</i>	25	4,7	33	1,6	25	2,1	39	3,6	122	2,5
Goéland marin <i>Larus marinus</i>			10	0,5	3	0,2	3	0,3	16	0,3
Mouette tridactyle <i>Rissa tridactyla</i>	5	0,9	6	0,3	2	0,2	12	1,1	25	0,5
Alcidé sp. <i>Alcidae</i> sp.	9	1,7	3	0,1			1	0,1	13	0,3
Guillemot de Troil <i>Uria aalge</i>	51	9,6	384	18,4	187	15,4	96	8,9	718	14,6
Guillemot de Brünnich <i>Uria lomvia</i>			1						1	
Petit Pingouin <i>Alca torda</i>			409	19,6	348	28,7	115	10,7	916	18,7
Mergule nain <i>Alle alle</i>	261	8,3	2	0,1					2	
Macareux moine <i>Fratercula arctica</i>	44	49,3	640	30,6	248	20,5	580	53,9	1729	35,2
Pigeon sp. <i>Columbidae</i> sp.			2	0,1	1	0,1			3	0,1
Tourterelle turque <i>Streptopelia decaocto</i>			1						1	
Martin pêcheur <i>Alcedo atthis</i>			1						1	
Merle noir <i>Turdus merula</i>			4	0,2					4	0,1
Pouillot sp. <i>Phylloscopus</i> sp.					3	0,2			3	0,1
Pie bavarde <i>Pica pica</i>			1						1	
Corneille noire <i>Corvus corone</i>			1		1	0,1	1	0,1	3	0,1
Etourneau sansonnet <i>Sturnus vulgaris</i>			2	0,1	1	0,1			3	0,1
TOTAL / SECTEUR	529	100,2	2089	99,6	1212	100,0	1077	100,2	4907	99,8

Sur les 13 oiseaux, bagués dans les Iles Britanniques et retrouvés pendant la marée noire, 9 provenaient des colonies du Canal Saint-Georges (sud du Pays de Galles et de l'Irlande) et les 4 autres des Hébrides.

Concernant l'impact sur les colonies bretonnes, nous n'en savons pas beaucoup plus que pour le macareux. Les quatre sites actuels de reproduction de l'espèce se répartissent du Cap Sizun au Cap Fréhel (fig. 2). La même incertitude planant sur les chiffres des Sept-Iles, nous ne pouvons que nous borner à constater que les petites colonies, situées à la limite extérieure des zones touchées par le pétrole de l'Amoco Cadiz, n'ont pas connu de modifications significatives de leurs effectifs.

#### ■ Guillemot de troil (*Uria aalge*)

Le guillemot de troil arrive en troisième position des victimes (15 % de la mortalité observée) avec 770 individus enregistrés dans les différents centres. Nous ne disposons pas encore de critères tout à fait sûrs pour la détermination de l'âge. Cependant, nous croyons pouvoir affirmer que moins de 20 % des guillemots touchés pouvaient être en âge de se reproduire. En effet, à la date du naufrage, la mue pénuptiale était normalement terminée depuis plusieurs semaines au moins (BIRKHEAD, 1977, SWENNEN, 1977), et 18 % seulement d'un échantillon de 217 oiseaux examinés à Brest étaient en plumage nuptial. Il est de plus établi (SWENNEN, 1977) qu'un pourcentage non négligeable d'immatures peut acquérir le plumage d'été, ce qui diminue d'autant la proportion des oiseaux effectivement reproducteurs.

Deux guillemots seulement ont été trouvés porteurs de bagues : tous deux avaient été marqués poussins dans le sud de l'Irlande. Mais nous disposons, pour cette espèce, de critères permettant de distinguer plus ou moins complètement deux sous-espèces géographiques : les représentants de la race nordique (*U. a. aalge*) sont plus grands et plus noirs que ceux du sud (*U. a. albionis*). En réalité, certains oiseaux des colonies écossaises sont aussi clairs que des *albionis*, et il nous est arrivé d'observer des guillemots à coloration typiquement nordique dans les falaises du Cap Fréhel ; en outre, il existe au sud de l'Ecosse des populations dont la taille et la coloration sont intermédiaires. Aussi ces critères ne sont-ils à prendre en considération que d'un point de vue statistique, et à titre indicatif. Sur un échantillon de 48 ailes examinées par P. HOPES-JONES (1978), 29 étaient de la sous-espèce méridionale, 5 de la race nordique et 14 présentaient des caractères intermédiaires.

Les sites de reproduction du guillemot en Bretagne sont les mêmes que ceux du pingouin (fig. 2). Les effectifs du Cap Sizun, de la Presqu'île de Crozon et du Cap Fréhel étaient estimés à 120 couples au total en 1977. Ils n'ont pas varié sensiblement en 1978, sauf au Cap Fréhel où le nombre de reproducteurs est tombé de 46 à 28 couples environ. Mais il faut noter que ce chiffre de 46 pontes constituait une anomalie par rapport aux effectifs des années précédentes : depuis bientôt dix ans en effet, le nombre de guillemots nicheurs à Fréhel oscillait entre 20 et 30 couples (BOURGAUT *in litt.*).

Deux autres représentants de la famille des alcidés ont été trouvés mazoutés : deux mergules nains (*Plautus alle*) et un guillemot de Brünnich (*Uria lomvia*). Pour cette dernière espèce, il s'agit de la première observation certaine en France (MAYAUD, 1939).

## LES CORMORANS

Oiseaux strictement côtiers, les cormorans sont peu affectés par la pollution pétrolière chronique. Ainsi, ils ne représentaient que 2,6 % des oiseaux échoués sur les côtes européennes en février-mars 1976 (N.E.R.C., 1977) ; de même, ils comptaient pour moins de 2 % dans la mortalité provoquée par le *Torrey canyon* (BOURNE et PARRACK, 1967).

Comme on pouvait s'y attendre, il en va tout autrement dans le cas présent. Les deux espèces de cormorans représentent 12,3 % de la mortalité avec un total d'environ 640 oiseaux transmis. Encore convient-il de distinguer entre les secteurs effectivement touchés par le pétrole de l'*Amoco Cadiz* et les autres : la proportion n'atteint pas 2 % dans les zones externes (respectivement 1,6 et 2,5 % pour le golfe normand-breton et les côtes sud de Bretagne) alors qu'elle dépasse 17 % dans le Trégor et le Léon.

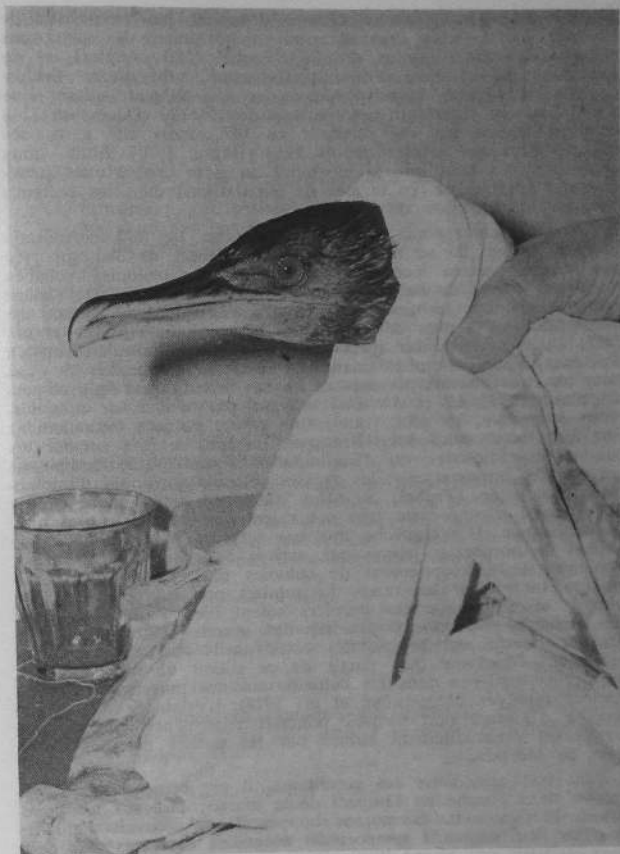
Le *Grand Cormoran* (*Phalacrocorax carbo*) a été très peu touché, une quinzaine d'exemplaires de cette espèce seulement ayant été identifiés. Il est vrai que, mis à part la Baie de Morlaix, les côtes essentiellement rocheuses de ce secteur ne lui conviennent pas aussi bien qu'au cormoran huppé. En outre, à la date du naufrage, bon nombre de ces oiseaux avaient dû quitter cette zone où ils se nichent pas. La seule colonie bretonne de grands cormorans est située en Ille-et-Vilaine, et elle est en pleine expansion : la marée noire ne l'a pas empêchée de passer de 53 couples en 1977 à 113 en 1978.

C'est donc le *Cormoran huppé* (*Phalacrocorax aristotelis*) qui a subi les pertes les plus sévères (11,7 % de la mortalité observée). C'est à cette espèce surtout que s'applique la sous-estimation due à l'absence de visites sur les rochers et îlots du littoral. Sur un échantillon de 351 oiseaux examinés au Centre de Brest, 36 % étaient des adultes.

Le cormoran huppé est considéré comme une espèce plutôt sédentaire. Il se produit cependant de petits mouvements dans un rayon de quelques centaines de kilomètres au plus, comme en témoignent dans le cas présent trois reprises britanniques et une de Jersey. On peut néanmoins considérer que l'essentiel de la mortalité a affecté des oiseaux bretons.

En dépit de cela, il n'est pas certain que nous puissions vraiment apprécier l'impact de cette mortalité sur nos colonies. La raison principale en est sans doute le contexte de forte augmentation que connaît cette espèce en Grande-Bretagne et en Bretagne depuis plusieurs décennies (MONNAT, 1973).

Il n'existe que deux colonies de cormorans huppés dans la zone directement touchée par le pétrole de l'*Amoco Cadiz* (fig. 2). Malgré sa petite taille, celle de la Baie de Morlaix (recensée le 16 mai 1978) ne semble pas avoir été très affectée puisqu'il s'agit de la colonie qui, de 1970 à 1978, a connu le plus fort taux d'accroissement en Bretagne (22 % par an en moyenne !). Aux Sept-Iles en revanche, les effets paraissent avoir été plus graves. Pour autant que l'on puisse les comparer (les techniques de recensements étant différentes), les chiffres de 1978 accusent un écart de - 45 % par rapport à ceux prévisibles à partir de l'effectif de 1976, compte tenu de l'augmentation moyenne constatée les années précédentes. Mais les 300 adultes nicheurs qu'une



Nettoyage d'un Cormoran huppé à la clinique des oiseaux mazoutés de Portsall.

(Photo Claude Roudot, Lanildut)

telle diminution représenterait excédent, et de loin, la petite centaine de cormorans huppés en âge de se reproduire (sur un total de 240) transmis aux centres trégorrois. Cela peut signifier que la mortalité aux Sept-Iles a été sur-estimée ou que moins d'un cormoran sur trois a été transmis aux centres de ce secteur ; un taux de transmission aussi faible nous paraît peu vraisemblable pour un oiseau aussi volumineux et aussi étroitement côtier dans sa distribution.



Il existe à la limite des zones touchées par le pétrole de l'*Amoco Cadiz*, trois concentrations importantes de cormorans huppés nicheurs : celles du Cap Fréhel (380 couples) et de Camaret (360 couples) n'ont apparemment subi aucun fléchissement et seraient même plutôt en expansion, pour autant que l'on puisse en juger sur une seule année ; celle d'Ouessant (140 couples) n'avait pas été recensée en 1977, mais elle a vu ses effectifs plus que tripler depuis 1969 (BRIEN, 1970). Enfin, nous avons vu plus haut que la mortalité de cette espèce était pratiquement négligeable (en termes de populations) dans les secteurs encore plus éloignés du naufrage.

A quoi correspond donc ce minimum de 130 cormorans huppés en âge de se reproduire, sur un total de 360 apportés aux divers centres léonards, sachant que les colonies voisines n'ont pas connu de baisse en 1978, que la migration de l'espèce est pratiquement terminée à la mi-mars et que les nicheurs ne s'éloignent pas à plus de 20 km de leurs colonies (CRAMP *et al.*, 1977) ? On peut penser qu'il s'agit pour l'essentiel d'un surplus d'oiseaux potentiellement matures (c'est en particulier le cas pour les trois oiseaux porteurs de bagues britanniques âgés respectivement de 5, 13 et 14 ans) n'ayant pas trouvé de colonies. Nous avons vu, en effet, que cette espèce connaît actuellement une forte augmentation en Bretagne. En fait, ce sont surtout les colonies méridionales, ou d'implantation récente, qui manifestent ces hausses importantes ; les grosses colonies nordiques d'implantation ancienne (Fréhel, Sept-Iles, Camaret) ont connu depuis une dizaine d'années un très net ralentissement de leur rythme de croissance. Il n'empêche que ces secteurs produisent chaque année de nombreux jeunes qui, arrivés à l'âge adulte, pourront alimenter le développement de colonies plus jeunes par immigration, ou grossir les rangs des adultes non reproducteurs. On conçoit aisément que ces derniers soient bien représentés dans les secteurs poissonneux proches des grands secteurs de nidification, ce qui est le cas des côtes nord-léonardes. L'on peut également concevoir qu'à partir de ce volant de reproducteurs, les pertes essayées dans les colonies voisines puissent être rapidement réparées (ARMSTRONG *et al.*, 1978). L'existence d'une telle réserve d'adultes non utilisés pourrait également avoir gommé les pertes éventuellement subies par les petites colonies de la Baie de Morlaix.

On voit que, dans ces conditions, il est bien difficile d'apprécier dans l'immédiat l'impact de la marée noire sur les populations bretonnes de cormorans huppés. Il se pourrait d'ailleurs que des fléchissements temporaires ne soient constatés que dans deux ou trois ans, c'est-à-dire au moment où les nombreux jeunes de 3, 2 ou 1 an, victimes de la pollution de mars-avril 1978, auraient dû se reproduire et remplacer les adultes morts naturellement dans les colonies. En tout cas, quelle que soit l'importance des dégâts causés à cette espèce par le naufrage de l'*Amoco Cadiz*, nous sommes quasiment assurés qu'ils seront rapidement épongés, ce qui n'est évidemment pas le cas des alcidés précédemment envisagés.

#### LE FOU DE BASSAN

180 fous de Bassan (*Sula bassana*) ont été enregistrés dans les centres de l'ensemble de la zone, mais près de la moitié

d'entre eux l'ont été sur les côtes sud de la Bretagne ; alors que dans ce secteur les apports de fous représentent plus de 16 % de la mortalité observée, ils ne comptent que pour moins de 2 % sur les côtes nord. L'unique colonie bretonne, située aux Sept-Iles ne semble pas avoir souffert, son effectif étant évalué à 4 500 couples en 1978 contre 4 400 en 1977.

#### LES PLONGEONS

Contrairement aux groupes précédents, celui des plongeurs ne se reproduit pas en Bretagne. Aucun des trois représentants européens du genre ne niche plus au sud que l'Ecosse ou la Norvège.

190 plongeurs environ sont parvenus aux divers centres, ce qui représente 3,5 % de la mortalité observée. De tels pourcentages ne sont pas exceptionnels ; les côtes danoises en connaissent même parfois de plus élevés (JOENSEN, 1972) (6,2 % en 1962, 5 % en 1965, 14,5 % en 1965, etc...), mais il est rare que cela touche autant d'oiseaux, et la composition spécifique de cette mortalité est différente. S'agissant d'oiseaux typiquement côtiers, on ne s'étonnera pas de les voir plus représentés dans les bilans du Trégor et du Léon (4,5 %) que sur les côtes sud (1,1 %) et dans le golfe normand-breton (2 %).

Les examens détaillés au Centre de Brest ont tous été effectués par Yvon GUERMEUR. Ils ont permis de constater que, sur l'ensemble de la période, les deux tiers des oiseaux étaient en mue des rémiges, ce qui les rendait inaptes au vol et peut contribuer à expliquer leur forte mortalité relative.

#### Plongeur catmarin (*Gavia stellata*)

Seulement 6 oiseaux de cette espèce ont été identifiés. Ce faible nombre reflète sa relative rareté sur nos côtes en hiver.

#### Plongeur arctique (*Gavia arctica*)

53 des 112 plongeurs examinés au Centre de Brest appartenaient à cette espèce, ce qui pour l'ensemble doit représenter 90 oiseaux environ.

#### Plongeur imbrin (*Gavia immer*)

Contrairement aux deux espèces précédentes, assez largement distribuées comme nicheuses dans toute l'Europe du Nord, le plongeur imbrin est confiné, sur cette rive de l'Atlantique, à l'Islande où sa population est sans doute comprise entre 100 et 300 couples (CRAMP *et al.*, 1977). C'est dire que les quelque 90 plongeurs imbrins transmis aux centres aux cours de cette marée noire risquent d'être une perte considérable s'ils appartiennent à cette petite population européenne !

#### AUTRES ESPÈCES

Parmi les 47 espèces d'oiseaux trouvés mazoutés sur les grèves de la Loire au Cotentin pendant cette marée noire (TABLEAU 2), les alcidés, les cormorans, les fous et les plongeurs représentent près de 90 % de la mortalité observée : ce sont

36 espèces qui se partagent les 10 % restants. On trouvera dans les TABLEAUX 1 et 2 la répartition des diverses familles et espèces. Nous n'en dirons pas plus. Il suffit de savoir qu'aucun de ces oiseaux n'a subi de pertes assez importantes pour affecter en quoi que ce soit ses populations reproductrices, mêmes locales.

Nous terminerons ce chapitre en évoquant le cas d'une espèce non représentée dans les bilans de mortalité mais qui a indirectement souffert de la catastrophe. Il s'agit de la Sterne naine (*Sterna albifrons*), dont une petite colonie de 25 couples (un tiers de la population bretonne) se reproduisait jusqu'en 1977 sur l'île Trevoc'h, sept kilomètres seulement à l'est de Portsall. Dès l'annonce du naufrage, nous avons craint pour l'avenir de cette réserve de la S.E.P.N.B., dernier grand refuge des sternes en Bretagne. Mais les sternes de Trevoc'h ont connu une bonne reproduction en 1978 à l'exception des sternes naines qui ont totalement déserté l'îlot : la cause la plus évidente de cette absence est que la petite plage sur laquelle elles déposaient chaque année leur ponte avait disparu à la date de leur retour. Des phénomènes identiques d'érosion anormalement accusée ont été notés dans toute la région des abers et sont sans doute liés au dépôt du pétrole en haut des plages.

#### CONCLUSION

Avec un peu de recul, nous devons admettre que, par bonheur, les conséquences de cet incident pétrolier sur l'avifaune sont loin d'être aussi lourdes que pouvait le laisser craindre l'énormité sans précédent du tonnage répandu.

Bien sûr, 3 600 à 4 000 oiseaux ont été recueillis sur la portion de littoral directement touchée par le pétrole de l'*Amoco Cadiz* ; et la mortalité réelle a sans doute été plusieurs fois supérieure, encore qu'une part peut-être importante de la mortalité observée puisse être due, pour le macareux au moins, à une cause étrangère à la pollution pétrolière, antérieure au naufrage. Bien sûr, les dégazages sauvages induits par la catastrophe ont pu provoquer un échouage additionnel de 1 600 cadavres, ne représentant, eux aussi, qu'une fraction de la mortalité réelle, mais parmi lesquels on retrouve encore une proportion inhabituelle de macareux. Et il faudrait ajouter à tout cela plusieurs centaines, voire plusieurs milliers d'oiseaux de rivage atteints à divers degrés, mais non retrouvés sur les grèves.

Mais si l'on compare ces chiffres — même multipliés par un facteur trois ou cinq — aux hécatombes produites par certains incidents de moindre envergure, le pétrole de l'*Amoco Cadiz* apparaît étonnamment peu meurtrier (TABLEAU 3).

L'un des traits majeurs de cette pollution est son caractère étroitement côtier (C.N.E.X.O., 1978). Ce trait se reflète d'ailleurs bien dans la composition spécifique des bilans de mortalité où les espèces aquatiques littorales sont nettement sur-représentées par rapport aux tendances habituelles (cormorans) ou par rapport à leur véritable abondance relative sur les côtes bretonnes (plongeurs). On serait alors tenté de voir dans cette progression strictement littorale des nappes, une explication au moins partielle à la « faible » mortalité observée. En fait, cela ne rend pas compte de tous les phénomènes notés. En particulier, cela n'ex-

TABLEAU 3  
Mortalités d'oiseaux estimées pour six incidents pétroliers  
(d'après Holmes & Cronshaw 1977)

INCIDENT	PETROLE	MORTALITE	PRINCIPALES ESPECES
janvier 1955 Elbe, Allemagne	brut 8 000 tonnes	275 000 oiseaux (34,4 / tonne)	macreuses
mars 1967 Cornouailles (Torrey Canyon)	brut 117 000 tonnes	30 000 oiseaux (0,3 / tonne)	guillemots, pingouins
avril 1969 Mer d'Irlande (Hamilton Trader)	fuel lourd 700 tonnes	6 000 oiseaux (9,2 / tonne)	guillemots, pingouins
janvier 1970 N.E. Gde-Bretagne	fuel 1 000 tonnes	50 000 oiseaux (50 / tonne)	canards marins, alcidés
février 1970 Floride, U.S.A.	fuel 100 tonnes	9 000 oiseaux (90 / tonne)	
janvier 1971 Californie, U.S.A.	fuel 350 tonnes	7 000 oiseaux (21,5 / tonne)	grèbes, guillemots, macreuses

plique pas que, même au sein des zones côtières massivement polluées, le pétrole n'ait pas tué tous les oiseaux qui pouvaient l'être : les nombreux couples de cormorans huppés et d'alcidés recensés aux Sept-Iles et en Baie de Morlaix deux mois après le naufrage en sont la preuve.

La seconde hypothèse qui vient à l'esprit tient au caractère massif du déversement et à la nature du pétrole lui-même. On estime à plus de 30 % du tonnage total la quantité de brut qui s'est évaporée. Cela signifie pratiquement que plus de 70 000 tonnes de produits volatils sont passés dans l'atmosphère : dans les premiers jours de la catastrophe, les effluves ont été perçus plus ou moins nettement dans un rayon de plusieurs dizaines de kilomètres ; aux alentours de Portsall, l'odeur était difficilement supportable. On peut imaginer que les puissantes émanations pétrolières au voisinage du sinistre ont pu contribuer à en éloigner les oiseaux de mer. L'absence anormale de migration visible au large du Léon (MUDGE, 1978), la sur-représentation des espèces temporairement inaptées au vol (macareux, plongeurs), la disparition plusieurs fois rapportée des espèces terrestres dans les jardins du bord de mer des zones les plus touchées et la rapide raréfaction des oiseaux de rivages dans toute la région polluée, sont autant d'anomalies qui pourraient trouver un élément d'explication dans une telle réaction d'évitement.

Sur le plan qualitatif, les pertes n'ont été significatives que pour quatre espèces ayant des populations reproductrices locales (cormoran huppé, pingouin, guillemot, macareux et deux oiseaux à aire de nidification nordique : plongeurs imbrin et arctique). Les colonies, situées juste en dehors du secteur effectivement pollué par les nappes de l'Amoco Cadiz, ne semblent pas avoir souffert, à l'exception peut-être du Cap Fréhel où l'on a enregistré une diminution du nombre des guillemots (mais il peut très bien s'agir là d'une variation annuelle). A l'intérieur de la zone polluée, deux ensembles insulaires auraient pu être gravement touchés. En fait, la Baie de Morlaix n'a connu aucune modification notable dans ses effectifs de cormorans huppés et de macareux. La situation est beaucoup moins claire aux Sept-Iles. Il est à peu près certain que la population de cormorans huppés a accusé, en 1978, une forte diminution par rapport à son niveau des années précédentes, quoique cette diminution présumée soit de loin supérieure à la mortalité observée sur les 40 kilomètres de littoral voisin (une partie des nicheurs des Sept-Iles ont-ils quitté le secteur ?) ; pour ce qui est des alcidés, les données disponibles ne permettent de tirer aucune conclusion fiable.

Loin de nous cependant l'idée de vouloir minimiser en quoi que ce soit l'impact de cette nouvelle marée noire sur l'avifaune. Le fait de constater que les dégâts n'ont pas été aussi catastrophiques qu'ils auraient pu l'être et que les colonies bretonnes paraissent avoir été peu touchées, n'implique pas que l'incident soit sans gravité. Pour les plongeurs, dont les populations ne se comptent guère qu'en milliers de couples, une telle mortalité ne peut pas être insignifiante. En ce qui concerne les alcidés, et le petit pingouin en particulier, les pertes sont réelles et d'autant plus lourdes de conséquences qu'elles ont sans doute porté pour l'essentiel sur des oiseaux originaires des colonies de la Mer Celtique dont le déclin est évident. En outre, la mortalité aurait-elle été plus faible encore, qu'elle aurait néanmoins constitué une grave atteinte à la stabilité de ces populations mal armées pour réparer des déficits anormaux d'adultes. C'est que la pollution de l'Amoco Cadiz vient s'ajouter à celles du Torrey Canyon, de l'Olympic Bravery et du Böhlen sur cette rive de la Manche, ainsi qu'aux déversements permanents d'hydrocarbures particulièrement importants dans ces mers parcourues par le plus important trafic pétrolier du Monde. On oublie, en effet, trop souvent que ce dernier type de pollution est responsable chaque année de pertes bien plus considérables que celles, spectaculaires, occasionnées par les naufrages : selon CROXALL (1977), cette pollution chronique pourrait être responsable de la mort de 150 000 à 450 000 oiseaux marins par an dans les seules eaux européennes.

On ne peut cependant passer sous silence l'amélioration qui semble se dessiner dans ce domaine. Les recensements européens d'oiseaux échoués font apparaître une chute assez nette de la mortalité depuis le début des années 1970 dans divers pays dont la Belgique (KUYKEN, 1978), le Danemark (JOENSEN, 1977) et, peut-être, les Iles Britanniques (CLARK, 1973, CROXALL, 1977). Il est tout à fait probable que cette légère amélioration soit due pour une bonne part à une diminution réelle de la pollution dans tout le secteur. A quoi peut-on l'attribuer ? Pour partie sans doute à un certain ralentissement des activités pétrolières en relation avec la crise, mais aussi, et c'est un signe encourageant, à un début de prise en compte des revendications protectionnistes (JOENSEN et HANSEN, 1977).

## REMERCIEMENTS

Cet article ne constitue que l'une des parties, abrégée, d'un travail financé par le ministère de l'Environnement (Contrat S.E.P.N.B./Ministère de la Culture et de l'Environnement du 28 mars 1978).

Une telle étude n'aurait pas été possible sans la compréhension et le concours des très nombreuses personnes qui, au lendemain du sinistre, ont parcouru les grèves souillées de Bretagne à la recherche des oiseaux mazoutés, vivants et morts. Je dois aussi des remerciements collectifs à tous mes camarades du Centre d'accueil de Brest, et en particulier à celles et ceux qui ont passé des heures fastidieuses à transcrire les résultats de nos mesures et examens, ainsi qu'aux responsables des centres d'accueil côtiers qui ne nous ont pas marchandé leur collaboration. L'aide scientifique qui nous a été apportée par la R.S.P.B. en la personne de Peter HOPE-JONES nous a été on ne peut plus précieuse, particulièrement dans les jours qui ont suivi le naufrage, lorsque tout était encore à organiser et que nous ne savions trop où donner de la tête.

Je tiens enfin à exprimer ma gratitude à tous ceux qui m'ont communiqué des renseignements : les divers responsables de centres, P. YESOU à Saint-Brieuc, C. ROY à Paimpol, P. PENI-CAUD à Perros-Guirec et R. MAHEO dans le Morbihan, qui m'ont fait parvenir les bilans de leurs secteurs ; tous les ornithologues à qui je dois remarques et données inédites, en particulier, J.-P. ANNEZO, Y. BOURGAUT, Y. GUERMEUR, M. HARRIS, E. de KERGAIOU et G.-P. MUDGE.

## REFERENCES

- ARMSTRONG I.H., J.C. COULSON, P. HAWKEY & M.J. HUDSON (1978) - Further mass seabird deaths from paralytic shellfish poisoning. *Brit. Birds*, 71 : 58-68.
- BIBBY C.J. & C.S. LLOYD (1977) - Experiments to determine the fate of dead birds at sea. *Biol. Conserv.*, 12, 295-309.
- BIRKHEAD T.R. (1977) - Moults of the Guillemot *Uria aalge*. *Ibis*, 119 : 80-85.
- BOURNE W.R.P., J.D. PARRACK & G.R. POTTS (1967) - Birds killed in the Torrey Canyon disaster. *Nature*, 215 : 1123-1125.
- BRIEN Y. (1970) - Statut actuel des oiseaux marins nicheurs en Bretagne. VIII - Mise au point en 1978 : visites récentes et état actuel des effectifs par localité. *Ar Vran*, 3 : 167-275.
- BUREAU L. (1877) - De la muc du bec et des ornements palpébraux du Macareux arctique, *Fratrcula arctica* (Lin.) Steph. *Bull. Soc. Fr.*, 14 : 377-399.
- CLARK R.B. (1968) - Oil pollution and the conservation of seabirds. *Rep. Proc. Int. Conf. oil pollution of the sea, Rome 1968*, Warren Ed. : 76-112.
- CLARK R.B. (1973) - Impact of chronic and acute oil pollution on seabirds. *Background papers for a workshop on inputs, fates and effects of petroleum in the marine environment*, Nat. Acad. Sc., 2 : 619-634.
- C.N.E.X.O. (1978) - Amoco Cadiz. Télédétection des pollutions par hydrocarbures. Rapport préliminaire.
- CRAMP S., W.R.P. BOURNE & D. SAUNDERS (1974) - The seabirds of Britain and Ireland. *Collins d.*, London : 287 p.
- CRAMP S. & K.E.L. SIMMONS (1977) - The birds of the Western Palearctic. Vol. 1, *Oxford Univ. Press, Oxford*.
- CROXALL J.P. (1977) - The effects of oil on seabirds. *Rapp. P.V. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 171 : 191-195.

- HARRIS M.P. (1976) - The present status of the Puffin in Britain and Ireland. *Brit. Birds*, 69 : 239-264.
- HARRIS M.P. & R.F. YULE (1977) - The moult of the Puffin, *Fratercula arctica*. *Ibis*, 119 : 535-541.
- HOLMES W.N. & J. CRONSHAW (1977) - Biological effects of petroleum on marine birds. In MALINS, D.C., 1977. - Effects of petroleum on arctic and subarctic environments. Vol. 2, Acad. Press, London : 500 p.
- HOPE-JONES P., G. HOWELLS, E.I.S. REES & J. WILSON (1970) - Effect of "Hamilton Trader" oil on birds in the Irish Sea in May 1969. *Brit. Birds* 63 : 97-110.
- HOPE-JONES P., J.-Y. MONNAT, C.J. CADBURY & T.J. STOWE (1978) - Birds oiled during the Amoco Cadiz incident. An interim report. *Mar. Poll. Bull.* (à paraître).
- JOENSEN A.H. (1972) - Oil pollution and seabirds in Denmark 1935-1968. *Danish Rev. Game Biol.* 6 (8) : 1-24.
- JOENSEN A.H. & E.B. HANSEN (1976) - Oil pollution and seabirds in Denmark 1971-1976. *Danish Rev. Game Biol.* 10 (5) : 1-31.
- KUYKEN E. (1978) - Beached bird surveys in Belgium. *Ibis* 120 : 122-123.
- LOYD C.S. (1976) - An estimate of the world breeding population of the Razorbill. *Brit. Birds* 69 : 298-304.
- MAYAUD N. (1939) - Commentaires sur l'ornithologie française. *Alauda* 11 : 236-255.
- MEAD C.J. (1978) - Amoco Cadiz oil disaster. The ringing recoveries. *B.T.O. News*, 93 : 1-2.
- MILON P. (1978) - Premier compte rendu sur la « marée noire » de l'Amoco Cadiz. *Courrier de la Nature* (55) : 33-36.
- MONNAT J.-Y. (1973) - Statut actuel des oiseaux marins nicheurs en Bretagne. X. Pelecaniformes. *Ar Vran* 6 : 147-160.
- MUDGE G.P. (1978) - Report on birds along the north coast of Brittany following the wrecking of the oil-tanker " Amoco Cadiz ". *Rapport inédit*, 6 p.
- N.E.R.C., (1977) - Ecological research on seabirds. *Nat. Env. Res. Council, Publ. Ser. C Ns* 18 : 48 p.
- PARSLOW J. (1973) - Breeding birds of Britain and Ireland. *Poyser Ed., Berkhamsted*, 272 p.
- SWENNEN C. (1977) - Laboratory research on sea-birds. *Netherlands Inst. Sea Res.* 1977 : 44 p.

## Échouages de mammifères marins pendant la marée noire de l'Amoco Cadiz

par D. PRIEUR et E. HUSSENOT  
S.E.P.N.B. Vallon du Stangalarc'h - 29200 Brest

Les observations à la mer de mammifères marins et principalement de cétacés sont relativement peu nombreuses, car très difficiles. Aussi, l'étude détaillée des animaux trouvés échoués à la côte apporte-t-elle de précieux renseignements sur la biologie de ces animaux. Une telle étude n'est toutefois possible qu'à la suite d'un concours de circonstances favorables : découverte de l'animal, d'autant plus incertaine qu'il est de petite taille ; transmission de l'information à un laboratoire spécialisé, possibilité d'échantillonnage complet de l'animal. Au niveau français, l'ensemble des informations est collecté grâce à un réseau mis en place par le Centre d'Etudes des Mammifères marins à la Rochelle, réseau auquel participe la S.E.P.N.B. pour la Bretagne.

Dans le cas de la présente marée noire, les côtes polluées ont reçu un maximum de personnes venues pour collecter les oiseaux et les échantillons de la faune marine, pour nettoyer grèves et rochers, ou simplement « contempler » la catastrophe. Quatre phoques et six cétacés ont ainsi été découverts entre le 22 mars et le 10 avril 1978. Mais malgré l'abondance des visiteurs, nous ne sommes sans doute pas en possession de toutes les informations. Certaines parties rocheuses sont rarement visitées, des animaux de petite taille ont pu être enrobés dans des masses d'algues fortement engluées et évacuées au bulldozer, enfin toutes les informations n'ont pas été transmises.

### LISTE DES ANIMAUX ECHOUÉS :

#### LES PINNIPÈDES

Nous n'avons pas été informés en temps utile de la découverte de ces animaux et nous ne les avons donc pas examinés. P. PÉNICAUD, conservateur adjoint de la réserve des Sept Îles, nous a communiqué, en novembre 1978, les renseignements suivants :

- 24 mars 1978 : Un phoque gris mort (*Halichoerus grypus*) très mazouté à Locquirec (29 N).
- 29 mars 1978 : Un phoque gris mort, englué ; Longueur : 195 cm, poids : 130 kg. Vraisemblablement de sexe mâle - Locquémeau (22).

- 1<sup>er</sup> avril 1978 : Un phoque gris mort, peu mazouté ; Longueur : 180 cm, poids : environ 100 kg. Vraisemblablement de sexe femelle - Treziet en Tréguirrec (22).
- 5 avril 1978 : Un phoque gris mort, peu mazouté ; 150 cm environ - Trez Traou en Perros-Guirrec (22).

#### LES CÉTACÉS

Les six découvertes de cétacés ont été faites dans le Finistère et nous avons pu examiner les animaux.

- 22 mars 1978 : Un dauphin à flancs blancs : *Lagenorhynchus acutus* - Le Conquet (29 N). Il s'agit de la première observation de cette espèce sur les côtes de France. Cf. note de R. DUGUY dans ce même numéro.
- 23 mars 1978 : Un dauphin commun *Delphinus delphis* à Lampaul-Ploudalmézeau (29 N). Cadavre putréfié. Un individu mâle, longueur : 180 cm.
- 30 mars 1978 : Un *Delphinus delphis* à Saint-Pabu (29 N). Cadavre très putréfié, mensurations impossibles. Seul le crâne qui a été conservé a permis la détermination.
- 30 mars 1978 : Un globicéphale noir (*Globicephala melaena*). Argenton en Landunvez (29 N). Cadavre putréfié, jeune mâle ; Longueur : 199 cm.
- 5 avril 1978 : Un *Delphinidae* non déterminé, totalement putréfié à Landéda (29 N). Longueur : environ 2 mètres.
- 10 avril 1978 : Un globicéphale à Plougonvelin (29 N). Longueur : 6 mètres.

#### RELATIONS ENTRE LES ECHOUAGES ET LA MAREE NOIRE

Assez peu de travaux traitent des mammifères marins et de la pollution par les hydrocarbures. DUGUY (1975) a signalé un cas d'intoxication mortelle par les hydrocarbures chez un jeune veau marin, *Phoca vitulina*, et estime qu'il s'agit d'un facteur de mortalité des jeunes pinnipèdes. VAUGHAN (1975) a envisagé l'influence possible d'un terminal pétrolier sur les phoques des îles Orcades.

L'accroissement des activités humaines (travaux, navigation) dans le secteur pourrait produire une nouvelle localisation des animaux. Une pollution accidentelle, contaminant la nourriture des phoques, aurait également pour conséquence la fuite des animaux. Enfin, les phoques ne sont pas affectés aussi gravement que les oiseaux de mer par une contamination externe localisée. DUGUY et TOUSSAINT (1977) estiment que les intoxications par les hydrocarbures ne constituent pas une cause importante de mortalité chez les cétacés et ont noté seulement deux fois la présence d'hydrocarbures dans le tube digestif de grands dauphins, *Tursiops truncatus*.

Dans le cas présent, les relations entre la marée noire et ces échouages sont difficiles à établir.

En ce qui concerne les phoques, un effet direct du pétrole peut être envisagé pour les deux animaux trouvés morts, engluisés. Mais ce n'est pas une certitude. Ces animaux peuvent avoir été

intoxiqués par l'ingestion de mazout ou aussi mourir d'une autre cause et se mazouter fortement en arrivant à la côte. Pour les deux autres phoques, peu mazoutés, on peut seulement envisager l'hypothèse d'une contamination interne que seule une autopsie suivie d'analyses aurait permis de déceler. Il faut, en effet, rappeler que les échouages de phoques, à la côte, morts ou très faibles, sont assez fréquents à cette époque sur cette portion de littoral breton (PRIEUR et DUGUY, 1978) en l'absence, de toute marée noire.

Pour les cétacés, il est encore plus difficile de se prononcer. Le premier animal trouvé, *Lagenorhynchus acutus*, était dans un état suffisamment frais pour subir une autopsie. Celle-ci s'est révélée négative et l'éloignement de cet animal de sa zone normale de répartition suffirait à expliquer son échouage. Les autres cétacés, dauphins communs et globicéphales, n'ont pu être autopsiés en raison de leur état de putréfaction. Toutefois, il faut rappeler qu'il s'agit là d'animaux vivant normalement assez loin des côtes, mais qui représentent une part importante des échouages notés chaque année. Les fortes tempêtes d'ouest qui ont suivi le naufrage peuvent expliquer en partie l'arrivée à la côte de ces animaux.

#### OBSERVATION DE MAMMIFERES MARINS A LA MER PENDANT CETTE PERIODE.

Les espèces littorales, phoques gris et grands dauphins, étaient bien entendu les victimes les plus probables de cette catastrophe. Aussi les observations à la mer pendant cette période sont-elles très importantes.

En Bretagne, on peut observer toute l'année les phoques gris en quelques secteurs privilégiés. Le plus important de ces secteurs, l'archipel de Molène et l'île d'Ouessant, n'a été que peu touché par la marée noire. Aucun phoque mort n'a été trouvé à proximité si ce n'est un jeune individu noyé dans un filet le 22 avril dans l'archipel de Molène. Les Sept-Îles, au large de Perros-Guirrec, constituent également un secteur où les phoques gris peuvent être observés. Tous les échouages signalés peuvent concerner des animaux de cet endroit. Mais le 30 avril, cinq phoques étaient observés à l'île Rouzic par PÉNICAUD (communication personnelle).

Depuis plus d'une année, nous nous intéressons de très près aux groupes de grands dauphins, que l'on peut observer près de l'île de Sein et de l'archipel de Molène. Pendant le mois d'avril, ces animaux ont été observés dans ces deux endroits les 4, 22, 24 et 26 du mois. Des sorties en mer, le 15 avril dans l'archipel de Molène et le 23 avril à l'île de Sein, n'ont permis aucune observation. Or c'est vers cette date que les vents de N.-E. ont ramenés quelques nappes de pétrole dans ces régions. Il n'est pas impossible que les *Tursiops* aient pour cette raison momentanément quitté ces secteurs.

#### CONCLUSIONS

Les relations entre la marée noire et les cadavres de mammifères marins échoués à la côte sont très difficiles à établir. Les quatre phoques découverts peuvent être considérés comme des victimes de cette catastrophe, mais ce n'est absolument pas une

certitude. Quant aux cétacés, mis à part le Lagénorhynque, nettement égaré, il s'agit d'espèces fréquemment observées en échouage. Dans tous les cas, les autopsies, indispensables pour établir la preuve d'intoxication interne, n'ont pu être pratiquées en raison de l'état des animaux (cétacés) ou de la mauvaise transmission des informations (phoques).

Quant aux populations locales connues de mammifères marins, phoques gris et grands dauphins, elles ne semblent pas avoir irrémédiablement souffert de cette catastrophe.

#### BIBLIOGRAPHIE

- DUGUY R. et BABIN Ph. (1975) - Intoxication aiguë par les hydrocarbures observée chez un phoque veau marin (*Phoca vitulina*). ICES - CM 1975/N = 5.
- DUGUY R. et TOUSSAINT P. (1977) - Recherches sur les facteurs de mortalité des cétacés sur les côtes de France. ICES - CM 1977/N = 2.
- PRIEUR D. et DUGUY R. (1978) - Le statut du Phoque gris en France. ICES - CM 1978/N = 10.
- VAUGHAN R.W. (1975) - Seals and possible oil industry developments at Scapè Flow, Orkney. Sea Mamma Research Unit - Natural Environment Research Council Cambridge. U. K.

## Un dauphin rare trouvé sur les côtes du Finistère : *Lagenorhynchus acutus* (Gray, 1828)

par Raymond DUGUY \*

Le 21 mars 1978, un dauphin était trouvé échoué sur la plage des Blancs-Sablons, au Conquet (Nord-Finistère). Son excellent état de conservation indiquait une mort très récente et permettait de l'identifier, sans aucun doute, comme étant un Lagenorhynque à flancs blancs, *Lagenorhynchus acutus* (GRAY, 1828). Ce spécimen était une femelle immature, de 163 cm de longueur, présentant la dentition habituelle de l'espèce : 29 | 31  
30 | 29

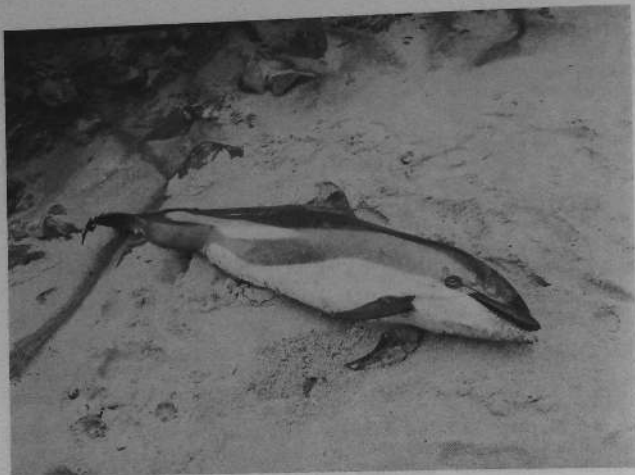
L'intérêt de la découverte de ce dauphin tient à ce qu'elle fournit la première identification de Lagenorhynque à flancs blancs sur les côtes de France. Jusqu'à présent, aucune observation d'échouage, ni aucune pièce conservée en collection, n'était connue sur notre littoral (DUGUY et ROBINEAU, 1973).

L'aire de répartition de l'espèce se situe dans le Nord de l'Atlantique, mais sa limite Sud reste à une latitude plus haute que celle de l'espèce voisine, *Lagenorhynchus albirostris* GRAY, 1846. Selon les données fournies par les échouages en Mer du Nord et dans le Nord de l'Atlantique, on peut constater que le Lagenorhynque à flancs blancs est fréquent sur les côtes de Norvège (FRASER, 1974), moins commun sur les côtes de Suède et du Danemark (SCHULTZ, 1970), et très rare sur les côtes des Pays-Bas où trois échouages seulement sont connus (VAN BREE et HUSSON, 1974).

En Angleterre, une trentaine d'échouages ont été rapportés (FRAZER, 1974) : ils se localisent sur les côtes Nord, Nord-Est et Est, mais aucun n'est connu sur les côtes Sud et Sud-Ouest. Toutefois, 17 échouages ont été observés en Irlande (WEST et O'RIORDAN, 1978). La répartition mensuelle de ces observations montre que les échouages se répartissent, presque tous, entre juin et septembre, mais qu'ils semblent également plus fréquents en février et mars (FRASER, 1974).

Si la découverte d'un Lagenorhynque sur la côte Nord-Finistère s'accorde bien, par sa date, avec cette variation de

\* Centre d'Etude des Mammifères Marins. Museum d'Histoire Naturelle - 17000 La Rochelle.



Le Lagenorhynque à flancs blancs sur la plage des Blancs Sablons,  
Le Conquet (Finistère)

(Photo J. Le Bournot)

fréquence sur les côtes anglaises, il n'en est pas de même en ce qui concerne la latitude. Selon les données actuellement connues, on peut estimer que la limite sud de l'aire de répartition de l'espèce se situe vers 51°30'N, alors que le lieu d'échouage ne se trouve qu'à 48°28'N. On peut donc penser que le spécimen trouvé au Conquet est un dauphin égaré hors des limites de son aire normale de répartition. Mais cette observation exceptionnelle souligne — s'il en était besoin — l'intérêt d'un examen systématique de tous les cétacés trouvés sur nos côtes.

#### OUVRAGES CITES

- BREE P.J.H. van HUSSON A.M. (1974) - Strandingen van cetacea op de Nederlandse kust in 1972 en 1973. *Lutra*, 16 : 10 p.
- DUGUY R., ROBINEAU D. (1973) - Cétacés et Phoques des côtes de France. Guide d'identification. *Ann. Soc. Sci. nat. Charente-maritime*, suppl., 1-93.
- FRASER F.C. (1974) - Report on cetacea stranded on the British coasts from 1948 to 1966. *British Museum (natural history)*, 14 : 1-65.
- SCHULTZ von Wolfhart (1970) - Über das Vorkommen von Walen in der Nord-und Ostsee (Ord. Cetacea). *Sonderdruck aus Zoologischer Anzeiger* : Bd. 185 (3/4) : 203-264.
- WEST A.B., O'RIORDAN C.E. (1978) - A white-sided Dolphin from Mulranny, Co *Irish naturalists journal*, 19 (6) : 204.

Nous remercions très vivement D. PRIEUR, E. HUSSENOT et J. LE BOURNOT, à qui nous devons les premières observations et photographies, ainsi que la récupération du corps de ce Dauphin dont le squelette a pu être conservé (coll. Muséum de La Rochelle : M. 1080).

## Impacts de la marée noire (*Amoco Cadiz*) en biologie humaine

par J.-F. MENEZ, F. BERTHOU, D. PICART, C. RICHE \*

Devant l'ampleur de la catastrophe provoquée par l'échouage de l'*Amoco Cadiz*, les initiatives les plus désordonnées ont été prises lors de l'intervention sur le terrain. Ainsi, sans se soucier de la composition du pétrole déversé sur les côtes — alors que l'odeur pestilentielle dégagée dès le premier jour aurait dû conduire à une plus grande prudence —, les autorités publiques responsables ont laissé habitants, militaires et volontaires vivre et travailler dans des situations sanitaires plus que précaires. La Faculté de Médecine de Brest a été chargée par le Préfet de la surveillance médicale de la population concernée le 3 avril sans que pour cette opération des moyens matériels et financiers exceptionnels soient débloqués. Aussi c'est dans des conditions d'interventions difficiles que les résultats présentés ici ont pu être acquis.

### A. SITUATION DU RISQUE

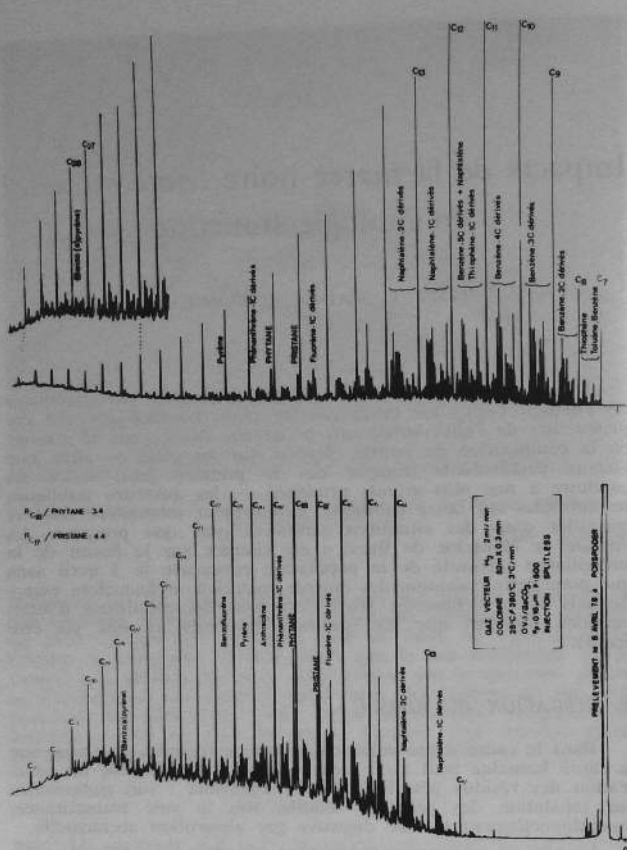
Dans le cadre d'une pollution pétrolière massive, le risque sur la santé humaine peut avoir deux origines selon la voie de pénétration des résidus pétroliers dans l'organisme : soit pulmonaire par inhalation des produits volatils, soit la voie transcutanée, exceptionnellement la voie digestive par absorption accidentelle.

La voie de pénétration pulmonaire concerne les composés volatils du pétrole déversé sur les côtes. Une étude de la composition du pétrole, ramassé sur les plages à deux époques différentes, montre que ces composés volatils sont essentiellement des composés mono-aromatiques substitués.

Les figures 1 et 2 présentent des chromatogrammes en phase gazeuse haute résolution du pétrole respectivement les 17 mars et 8 avril sur le même site de Porspoder. Il est à remarquer que les analyses présentées sur ces figures ont été réalisées directement sur le pétrole sans nécessiter des étapes de purification, extraction et concentration qui ont toutes pour inconvénient d'éliminer les « volatils ».

Par comparaison des deux chromatogrammes, il apparaît clairement que les composés volatils, du moins plus volatils que le dodécane ou C<sub>12</sub> (température d'ébullition de 216 °C) ont disparu dans l'atmosphère. La solubilisation

\* Faculté de Médecine, B.P. 815 - 29279 Brest Cedex.



FIGURES 1 et 2 — Chromatogrammes du pétrole le 17 mars (en haut) et le 8 avril (en bas) à Porspoder.

sélective de ces composés légers dans l'eau de mer ne peut être raisonnablement invoquée. Parmi les produits les plus volatils ainsi éliminés, il faut relever benzène, toluène, éthylbenzène, thiophène, xylène, qui représentent environ 0,6 % de la fraction totale chromatographiée à 300 °C. Cette fraction contient les composés jusqu'à l'hexatriacontane ou C<sub>36</sub> de point d'ébullition égal à 650 °C ; selon l'Institut Français du Pétrole cette fraction représente environ 84 % du pétrole total, les 16 % restant représentant les goudrons et asphaltènes qui sont exclus des analyses mentionnées ici.

Entre l'octane et le nonane (C<sub>8</sub> - C<sub>9</sub>) on relève les dérivés diméthylés et éthylés du benzène qui représentent environ 4 % de la fraction définie précédemment. Situés entre le nonane et le décane (C<sub>9</sub> - C<sub>10</sub>) sur les chromatogrammes,

figurent essentiellement des isomères tri-méthylés du benzène, 5 % de la fraction chromatographiée à 300 °C. Entre le décane et l'undécane (C<sub>10</sub> - C<sub>11</sub>) se situent les dérivés tétra-méthylés du benzène, environ 6 % de la fraction analysable par chromatographie. Enfin, il faut noter entre l'undécane et le dodécane (C<sub>11</sub> - C<sub>12</sub>), les isomères tétra et penta-méthylés du benzène, le naphalène et les dérivés méthylés des thiophènes ; cet ensemble représente environ 5 % de la fraction analysée sur les figures 1 et 2. L'ensemble volatilisé en l'espace de 23 jours comprend en plus des aromatiques mentionnés ci-dessus, soit 20,6 % de la fraction analysée le 17 mars, les hydrocarbures aliphatiques de poids moléculaire inférieur à celui du tridécane soit environ 12 %.

Bien qu'il soit difficile d'avancer des chiffres définitifs sur la quantité de pétrole évaporée, le chiffre de 90 000 tonnes, avancé par CHASSÉ (Colloque C.N.E.X.O, actes n° 6) semble une estimation excessive. Ce chiffre doit se situer entre 60 000 et 70 000 tonnes. Lors de ce phénomène de volatilisation (ou « weathering » selon les anglo-saxons), on peut estimer qu'environ 40 000 tonnes d'aromatiques légers ont été relâchés dans l'atmosphère des côtes bretonnes. Il faut dire que personne ne semble avoir déterminé le taux des aromatiques dans l'atmosphère sur les côtes polluées.

A l'inhalation des composés volatils, il faut naturellement ajouter celle des composés constituant les brouillards et aérosols provoqués par la projection d'eau chaude à haute pression sur les rochers lors de la phase de nettoyage de juin-juillet. A notre connaissance, aucune surveillance biologique systématique de ce personnel n'a été effectuée, la seule précaution prise semble avoir été son renouvellement fréquent.

L'autre voie de pénétration transcutanée ne peut être négligée vu les conditions sanitaires précaires dans lesquelles ont travaillé volontaires et militaires dans les premiers jours qui ont suivi la catastrophe.

Le risque sanitaire peut être circonscrit essentiellement à la voie de pénétration pulmonaire des hydrocarbures aromatiques. Le travail physique ne peut qu'augmenter cette voie de pénétration. De plus, la toxicité des hydrocarbures aromatiques dépend beaucoup de la susceptibilité individuelle. Ainsi les femmes enceintes, les adolescents, les personnes souffrant d'hépatites ou de bronchites, semblent être particulièrement vulnérables dans une atmosphère souillée par des hydrocarbures aromatiques.

## B. CONSEQUENCE PHYSIOPATHOLOGIQUE DE LA MAREE NOIRE

Le déversement sur les côtes de Bretagne du pétrole de l'Amoco Cadiz a libéré, en quelques jours, une quantité impressionnante de produits volatils.

Il est évident que l'évaporation de ces différents composés a été répartie dans le temps en fonction de la vidange des cuves. Toutefois pour les plus volatils d'entre eux, il est vraisemblable que leur évaporation s'est produite dans la région proximale du naufrage, donc on peut considérer que la zone jouxtant le lieu de la catastrophe a été exposée à une pollution atmosphérique considérable. Avant de faire part des observations cliniques réalisées sur la côte, nous voudrions rappeler certains principes de cinétique de ces différents composés chez l'homme. Il semble qu'il faille distinguer deux catégories très différentes de sujets exposés.



Tout d'abord, les habitants de la zone proximale : ils ont pour leur part subi un aérosol contenant les différents composés et ce, sur l'ensemble de la période d'évaporation, les seuls facteurs modulants étant la direction des vents et leur intensité.

Le deuxième groupe concerne les « ramasseurs de pétrole ». Ce groupe est fortement inhomogène. Il est constitué d'une part d'habitants locaux, mais surtout de personnes transplantées venues en Bretagne à des moments différents et pour des périodes extrêmement variables.



Parmi « les ramasseurs de pétrole », les habitants du littoral

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)

Ces deux groupes ont été en plus exposés à des contacts différents avec la pollution. La population locale, non active, n'a été soumise qu'à une contamination respiratoire. Par contre, les différents groupes de volontaires et le personnel mobilisé pour le ramassage ont été susceptibles de cumuler la contamination respiratoire avec d'autres types de contacts cutanés, voir même ingestion de quantité minime de pétrole lors de manipulations. Par ailleurs, le travail en zone directement polluée implique un degré d'inhalation plus important, du fait de la concentration et de l'effort physique, que celui d'une population répartie à distance. Enfin, si nous connaissons la composition du pétrole aux différents moments, il n'a pas été porté à notre connaissance de mesure de concentration de composés volatils dans l'atmosphère.

Ces faits étant posés, nous avons vu que plusieurs modes de contaminations étaient possibles. Pour ce qui est des composés volatils, la pénétration dans l'organisme se fait essentiellement par voie respiratoire. Les différents composés sont tous extrêmement liposolubles, ce qui leur permet de passer la barrière pulmonaire. Il s'établit donc un équilibre entre la concentration

plasmatique de ces produits et la concentration atmosphérique, les échanges étant régis par des constantes d'équilibre variables suivant les produits considérés. Le devenir des produits passés dans le sang est également fonction de leur structure. Ils peuvent, si le sujet passe en atmosphère moins riche en polluants, être éliminés par voie respiratoire, mais également ils peuvent se répartir dans les différents tissus de l'organisme, en fonction de leur affinité pour ces tissus.

En général, ces produits ont tous une affinité importante pour les tissus graisseux, ils se répartissent donc préférentiellement dans les graisses et dans les tissus riches en lipides tels que le cerveau. Ils peuvent d'ailleurs éventuellement, suivant leur structure chimique, être stockés à ces niveaux. Enfin, ils peuvent également être métabolisés par les différents systèmes de bio-transformation, puis éliminés par les différents émonctoires.

Pour les autres voies de contamination, les mécanismes sont très voisins. Lors de déglutition accidentelle, le passage digestif est également fonction du coefficient de partage lipide-eau. Une fois la barrière franchie, les processus sont identiques. Pour la peau, le problème est sûrement plus compliqué, le revêtement cutané étant une barrière efficace. Toutefois il peut y avoir une atteinte locale de cette barrière, avec ou sans franchissement. Ceci peut entraîner des fragilisations de la barrière cutanée qui peut devenir plus vulnérable. Enfin, un état pathologique préexistant (ulcération, eczéma, irritation, destruction partielle) peut être un facteur favorisant le passage.

Sur le plan de la pathologie, la littérature est peu abondante dans le cas bien particulier qui nous concerne. Il existe plusieurs types de sources. Il s'agit d'une part des observations faites chez les travailleurs des compagnies pétrolières, notamment chez les ouvriers chargés du nettoyage des cuves des pétroliers, d'autre part des intoxications plus ou moins volontaires surtout par inhalation dans le cadre des toxicomanies.

Il est évident que la contamination des populations locales est extrêmement différente de ces expériences tant sur le plan qualitatif que quantitatif. Seuls ceux qui ont procédé au nettoyage tardif, c'est-à-dire à une période où la majorité des produits volatils étaient évaporés peuvent être assimilés aux ouvriers pétroliers. Dans le cas des travailleurs du pétrole, on retrouve le plus souvent signalés des vertiges, des nausées, des vomissements et des états d'ébriété ; de façon exceptionnelle, on a pu noter des atteintes pulmonaires avec œdème aigu du poumon.

L'expérience des toxicomanes est très instructive. Quinze à vingt inspirations profondes de vapeur sont suffisantes pour provoquer une intoxication de cinq à six heures (POLKIS A. et Collaborateurs, *Clinical Toxicology* 11 (1), pp. 35-41, 1977) avec apparition de symptômes au bout de trois à cinq minutes. Ceux-ci se caractérisent par une euphorie avec nausée et vomissement. Lors de ces intoxications volontaires par inhalation, des accidents graves ont été décrits : crise d'épilepsie par microhémorragie cérébrale, perte de connaissance, dépression des centres respiratoires, possibilités de fibrillation cardiaque chez les sujets sensibilisés aux aromatiques en particulier, certains accidents pouvant survenir à long terme.

Notre expérience, qui est le résultat d'observations faites lors des différents contrôles sanitaires effectués, est parcellaire et

incomplète. Il est à noter qu'il n'y a jamais eu pendant toute cette période de centralisation des responsabilités sanitaires. Les différents groupes de travailleurs civils et militaires ayant chacun et de façon disjointe leur infrastructure, et au début, tout du moins, cette surveillance était surtout organisée par des bonnes volontés individuelles. Toutefois, à l'interrogatoire des différentes personnes examinées soit lors de dépistages systématiques organisés par la Faculté de Médecine de Brest, ou lors de consultations au C.H.U., on retrouve les différents signes que nous avons évoqués précédemment, c'est-à-dire céphalées, vertiges, nausées, sensations éventuelles d'ébriété, vomissements, douleurs abdominales. De nombreux habitants des zones jouxtant le lieu de la catastrophe ont présenté ces symptômes dans les jours qui ont suivi le naufrage. Chez les volontaires, on a assisté au même type de troubles, avec en plus un certain nombre de réactions cutanées, érythème au niveau des mains, des membres et en général de toute partie corporelle, susceptible d'être en contact avec le pétrole.

Chez de nombreux sujets, on a constaté des hyperhémies conjonctivales. Un certain nombre de malades examinés ont présenté des troubles plus importants, mais il est difficile de faire la part de la pathologie antérieure et de la responsabilité de la pollution. Ainsi, un militaire du contingent, travaillant au ramassage, a présenté une hémiplegie, mais il est impossible dans l'état actuel de nos connaissances d'affirmer qu'elle est en rapport direct avec les polluants. En résumé, on a constaté en phase aiguë un nombre important de troubles, que l'on peut qualifier de mineurs, même si leur existence a été une gêne réelle pour les personnes atteintes.



A Plougasnou, pompage du pétrole par des militaires

(Photo Michel Follorou, Plestin)

Toutefois, nous ne pouvons omettre de signaler qu'il s'agit d'observations faites pendant la période aiguë et que cela ne donne aucun renseignement sur les conséquences futures de cette pollution. On peut à cet effet rappeler les potentialisations éventuelles dans le domaine de la carcinologie observée avec les substances concernées. Et nous citerons l'expérimentation réalisée par Ber MEAL et Collaborateurs (*Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 18, 3, 1977). Dans ce travail, les auteurs ont induit des tumeurs à partir de résidus pétroliers recueillis sur les plages israéliennes. La vue de ces expérimentations montre bien les limites de nos connaissances quant aux effets réels des résidus pétroliers, et seules des études épidémiologiques sérieuses pourront nous renseigner dans le futur sur la portée réelle de cette pollution.

### C. SURVEILLANCE BIOCHIMIQUE \* ET HEMATOLOGIQUE \*\*

Cette étude a eu pour but de rechercher les répercussions que pouvait avoir l'exposition de la population à la pollution provoquée par l'Amoco Cadiz. Elles peuvent être de trois ordres :

1. — Recherche d'une cytolyse, en particulier hépatique, par augmentation du taux d'enzymes circulants ;

2. — recherche d'une induction enzymatique, liée à l'augmentation d'activité des cellules hépatiques ; elle est bien connue et peut être provoquée par certains médicaments comme le phénobarbital et les contraceptifs, mais aussi par des hydrocarbures aromatiques. Cette étude ne pouvait être qu'indirecte (un prélèvement biopsique du foie étant impensable). En conséquence, on a recherché : une augmentation du taux global de protéine, une diminution du taux de bilirubine, une augmentation du taux de gamma Glutamyl Transférase ( $\gamma$  GT) circulante ;

3. - recherche de perturbations d'une lignée sanguine.

#### POPULATION ÉTUDIÉE

*Première population* : Environ 200 prélèvements ont été effectués sur des personnes qui avaient travaillé au moins 15 jours dans la zone polluée. Seul un échantillonnage de 35 personnes a été sélectionné dans le but d'avoir une population statistiquement homogène. A cet effet, les personnes de plus de 35 ans et moins de 18 ans, les supposés alcooliques, les personnes ayant des antécédents cardiaques et pulmonaires ont été écartées. On a vérifié que les différents paramètres de la population suivaient une loi de distribution normale (Gaussienne) au moyen de la droite de HENRY. Ces mêmes paramètres ont été également mesurés sur un échantillonnage de la population breisoise (fournis par le Centre de Transfusion Sanguine de Brest), non soumis à la pollution massive due à la marée noire ; nous avons vérifié également que, dans cette population témoin, les paramètres mesurés se répartissaient selon une loi gaussienne, mais les valeurs des écarts-types sont élevées.

*Deuxième population* : Echantillon homogène constitué par neuf Alsaciens volontaires arrivés sur les lieux, deux mois après la catastrophe. Deux prélèvements ont été effectués l'un avant et l'autre après leur séjour sur les sites de pollution.

\* Laboratoire de Chimie A (Professeur Agrégé BARDOU) CHR Brest.

\*\* Laboratoire d'Hématologie (Docteur LE ROUX) CHR Brest.

## RÉSULTATS

### a) Bilan biochimique (voir tableaux 1 à 4)

Il n'apparaît pas de variations significatives du taux de  $\gamma$ -GT, de bilirubine et de protéides. Il ne semblerait donc pas qu'il y ait eu d'induction enzymatique ou que l'induction n'ait pas eu le temps de se manifester quand les prélèvements ont été effectués. Il est bon de rappeler que l'induction ne peut être que le fait d'une exposition prolongée à un agent donné.

Par contre, des variations significatives du taux de créatine phosphokinase (CPK), lactico-déshydrogénase (LDH), Aldolases et Transaminases (SGOT et SGPT) sont observées. L'augmentation des CPK, LDH et aldolases attirent particulièrement l'attention dans la mesure où ces valeurs dépassent celles habituellement admises pour une population sédentaire. L'étude des isoenzymes des CPK et LDH (Fig. 3, 4) met en évidence que la fraction impliquée est la fraction musculaire. La corrélation entre l'augmentation des enzymes musculaires (CPK, LDH, Aldolase) et l'effort fourni par des sportifs entraînés ou non, ainsi que par des travailleurs fournissant un effort physique important a été faite et montre des variations similaires.

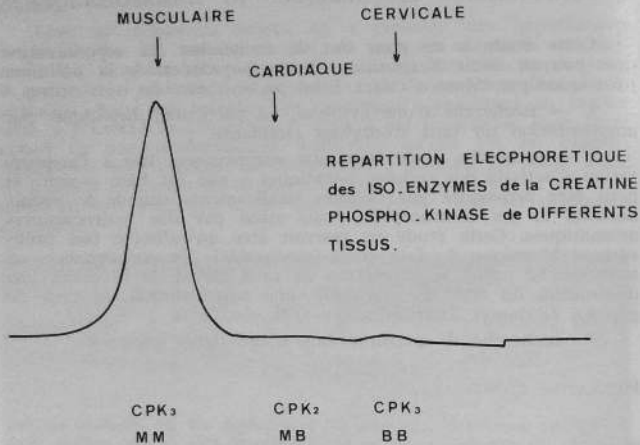


FIGURE 3 — Type de répartition électrophorétique des 150 enzymes de la créatine-phospho-kinase de différents tissus. Les populations étudiées montrent une fraction d'origine musculaire MM élevée.

### b) Bilan hématologique

Du fait des grandes variations individuelles observées pour les paramètres hématologiques en général, les tests statistiques doivent être utilisés avec une grande prudence. Il ressort des tableaux 2 et 4 qu'il n'y a pas de modification spectaculaire dans le bilan hématologique. Cette étude, complétée par la formule leucocytaire, fait apparaître qu'il n'y a pas eu à court terme de chute d'une lignée sanguine, témoignant d'un phénomène toxique aigu la concernant. Cependant la prudence est de rigueur, car les conséquences d'une aplasie médullaire produite par le benzène et ses dérivés peuvent apparaître à plus long terme.

Cette étude statistique, sur un échantillon homogène de population soumise à pollution, fait apparaître que seule l'augmentation des enzymes musculaires paraît générale.

	population témoin		population étudiée		significatif à 95 %	valeurs habituellement admises (sédentaires)
	m	$\sigma$	m	$\sigma$		
$\gamma$ G T	16,8	5,7	24,2	90,7	—	< 28 UI
Bilirubine	5,5	1,2	6,2	3,51	—	< 10 mg/l
Protides			73,7	3,51		65 - 75 g/l
C P K	50,3	17	87,7	73	+	< 50 UI
L D H	157,4	19,1	320,8	149,6	+	100 < < 250 UI
Aldolases	1,5	0,35	8,1	5,7	+	< 3,1 UI
Phosphatases Alcalines	73	19,6	73	40,3	—	30 < < 80 UI
SGOT	22,4	13	42,9	43,2	+	15 < < 50 UI
S G P T	17	9,2	51	78,2	+	15 < < 50 UI

Test t, n = 35

TABLEAU 1 — Paramètres biochimiques de la première population

	population étudiée		valeurs habituellement admises
	m	$\sigma$	
Hématies	5,013	0,39	4 - 5,5 . 10 <sup>6</sup>
Leucocytes	8,79	2,57	4 - 10 . 10 <sup>3</sup>
Hémoglobine	15,4	1,10	12 - 18 g
Hématocrite	45,3	3,55	32 - 52 %
Vol. Glob. Moy.	90,25	5,59	83 - 98 $\mu^3$
Conc. corp. Hb. moy.	33,9	1,45	32 - 36 %
Taux glob. moy. en Hb.	30,6	1,92	27 - 32 $\mu\mu\text{g}$

TABLEAU 2 — Paramètres hématologiques de la première population

	temps 0 m	temps 8j m	significatif à 95 %	valeurs habituellement admises
Bilirubine	7,62	9,55	-	< 10 mg / l
Protides	69,9	71,8	-	65-75 g / l
CPK	32,2	45,7	-	< 50 UI
LDH	242	227,7	-	100 < < 250 UI
Phosphatases alcalines	53,4	68,2	+	30 < < 80 UI
SGOT	14,8	20,9	+	15 < < 50 UI
SGPT	15	16,3	-	15 < < 50 UI

Test des couples  
n = 9

TABLEAU 3 — Paramètres biochimiques de la deuxième population

	Temps 0	Temps 8j	significatif à 95 %	valeurs habituellement admises
Hématies	5,09	4,93	-	4-5,5 . 10 <sup>6</sup>
Leucocytes	6,81	8,63	-	4-10 . 10 <sup>3</sup>
Hémoglobine	15,70	15,25	-	12-18 g
Hématocrite	46,26	44,23	-	32-52 %
Conc. corp. Hb. moy.	33,93	33,85	-	32-36 %
Vol. moy. glob.	89,83	90,16	-	83-98 μ <sup>3</sup>
Taux glob. moy. en Hb	31,16	31,21	-	27-32 μμg

TABLEAU 4 — Paramètres hématologiques de la deuxième population

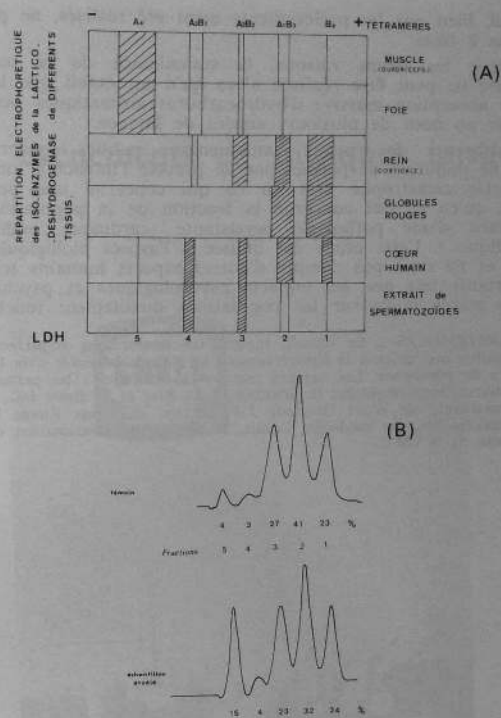


FIGURE 4 — A) Répartition électrophorétique des iso-enzymes de la lactico-deshydrogénase de différents tissus.

B) Répartition caractéristique observée chez deux individus. L'un (témoin) non soumis à la pollution, l'autre (échantillon) soumis à la pollution. Dans ce dernier cas la fraction 5 est plus élevée.

### CONCLUSION

La majorité des polluants pétroliers atmosphériques sont constitués par des hydrocarbures aromatiques dont la quantité évaporée au bout de 23 jours est estimée à 40 000 tonnes. Si de nombreux troubles pathologiques aigus ont été signalés chez les personnes directement en contact avec la pollution, ces troubles, bien qu'extrêmement désagréables, n'ont pas présenté des caractères de gravité extrême, les quelques cas de troubles graves signalés ne pouvant pas être imputables en toute certitude à la pollution.

L'étude biologique sur les populations test confirme ceci. Mais faute de moyens humains et matériels, toute une partie de ce

travail, bien que les prélèvements aient été réalisés, ne peut être menée à bien.

Pour les mêmes raisons, la surveillance de la population touchée ne peut être réalisée alors qu'il est établi que les effets d'une absorption massive d'hydrocarbures aromatiques peuvent se révéler au bout de plusieurs années de latence.

L'absence de travaux fondamentaux publiés concernant ce type de pollution ne permet pas de prévoir l'impact à long terme de cette catastrophe tant en ce qui concerne une population saine, qu'en ce qui concerne la fraction de la population locale souffrant d'une pathologie persistante (cardiaque, asthmatique, alcoolique...). Cette étude est limitée à l'aspect biologique et médical et ne rend pas compte d'autres aspects humains tout aussi importants tels que les impacts psychologiques et psychiatriques de la marée noire sur les populations directement touchées.

**REMERCIEMENTS** : Ce travail, malgré ses nombreuses imperfections, n'a été possible que grâce à la compréhension et à l'aide bénévole d'un très grand nombre de personnes. Les auteurs tiennent à remercier : les personnels des laboratoires, Mesdemoiselles H. SÉNÉCHAL, J. LE PARC et M. BIGOT J.-C., le Centre de Transfusion de Brest (Docteur J.-P. SALEUN), la Croix Rouge Française, les Municipalités, les médecins locaux, le Service de Réanimation du C.H.R. de Brest, le S.A.M.U.

## Les événements en quelques images



L'entrée de Ploudalmézeau (mars 1978), siège du P.C. du Plan Polmar, à 5 km de Portsall, 6 km 500 de l'Amoco Cadiz.

[Photo Claude Roudot, Lanlidat]



Crocs et fourches, empruntés aux agriculteurs : quelques outils du Plan Polmar.

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)



Encore issue de l'agriculture, la tonne à lisier, élément le plus efficace pour le pompage et le transport du pétrole.

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)



Ramassage des algues mazoutées dans des sacs

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)



Anse de Penfoul, avril 1978. A basse mer, des sacs de résidus mazoutés, attendent qu'on les transporte en haut de grève.

(Photo Claude Roudot, Lanildut)



Il aura fallu des jours de tractations pour obtenir ce barrage flottant, car l'estuaire du Douron, frontière entre le Finistère et les Côtes-du-Nord, dépend de deux administrations différentes. Barrage, en définitive, inefficace, comme tous ceux qui furent utilisés sur le littoral.

(Photo Guy Daniel, Plestin)



Nettoyage d'une grève à la lance. Au fond, un barrage anti-pollution.

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)



La nature à Plougasnou en mars 1978

(Photo Michel Follorou, Plestin)



Manifestation à Brest

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)



Manifestation devant la préfecture maritime de Brest, le 27 mars 1978

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)



La foule place de la Liberté à Brest, lors d'une des manifestations contre la marée noire.

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)



Bennage du mazout dans une fosse creusée dans la dune

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)



La dune endeillée

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)





Un nettoyage qui n'en finit pas. Ici l'armée à l'île Grande (Côtes-du-Nord) en septembre 1978.

(Photo Jean-Claude Demaure)



Le marais de Noteno (Pleumeur-Bodou, Côtes-du-Nord) était envahi par le mazout : un prétexte pour le combler et détruire ainsi une zone humide du littoral, sans autre forme de procès.

(Photo Jean-Claude Demaure)

## Les marins-pêcheurs face au sinistre de l'Amoco Cadiz

par Henri DIDOU \*

L'on a beaucoup écrit sur le naufrage de l'Amoco Cadiz, ses causes, ses conséquences, la nécessaire réparation des dégâts. Il peut sembler à certains que tout a désormais été dit et qu'il faut laisser évoluer et se développer les affaires engagées. Quant à nous marins-pêcheurs du Nord-Finistère, il nous semble utile de faire le point, six mois après le sinistre.

### LES HOMMES CONCERNÉS

Les marins-pêcheurs du Nord-Finistère sont au nombre de 1400 pour les quartiers de Brest et de Morlaix. Leurs activités sont très diverses : pêche fraîche, pêche aux crustacés, pêche goémonière. De plus, ils ont entrepris, depuis déjà de nombreuses années, un important effort de renouvellement :

— *Au niveau des algues* : mécanisation de la récolte, traitement en vert, construction de bateaux neufs. 16 bateaux, essentiellement des goémoniers, sont actuellement en chantier pour le seul quartier de Brest. Malgré le retard provoqué par l'Amoco Cadiz, la production des algues s'est maintenue durant ces dernières semaines, grâce à l'amélioration de la productivité. Rappelons que le quartier de Brest fournit les 4/5 de la production française.

— *Au niveau des crustacés* : repeuplement des fonds par l'immersion de plus de 10 tonnes de femelles grainées de homards et de 110 000 bébés-homards sur des cantonnements protégés, près du Conquet et de Portsall (le port du Conquet est le plus jeune de France).

— *Au niveau de l'aquaculture* : une coopérative a lancé, en liaison avec les scientifiques du C.N.E.X.O., l'élevage du saumon et de la truite de mer dans l'anse de Lauberlach. La profession participe activement, avec les scientifiques, à l'élevage des coquilles Saint-Jacques, des pétoncles, des palourdes... Des marins-pêcheurs, depuis plusieurs années, pratiquent l'ostréiculture.

Dans la logique de ces initiatives, les marins-pêcheurs se sont engagés dans la lutte contre l'anarchie au niveau de l'aménagement du littoral... et, bien sûr, dans la lutte contre toutes les formes de pollution.

\* Secrétaire du Comité local des Pêches du Quartier de Brest.

Déjà, en première ligne contre l'implantation d'une raffinerie pétrolière en rade de Brest, nous avons exprimé nos positions lors des naufrages successifs du *Torrey Canyon*, de l'*Olympic Bravery*, du *Böhlen*. A différentes reprises, nous avons protesté contre l'imprévoyance des Pouvoirs publics, l'insuffisance des mesures, l'inefficacité des moyens mis en œuvre. Nous avons souligné que la lutte ne devait pas se circonscrire dans les limites des accidents spectaculaires, mais s'élargir à toute pollution plus vaste et délibérée, plus dangereuse, à long terme, tels les dégazages volontaires en mer...



Manifestation à Brest le 22 mars 1978

(Document Comité Local des Pêches de Brest)

#### L'ATTITUDE DES AUTORITES

Alors que les Pouvoirs publics s'abritaient derrière la fatalité : « On ne pouvait pas prévoir... Chaque accident a été différent » (M. BÉCAM), nous avons toujours affirmé le contraire ; il est possible de travailler à partir de « cas de figures » : taille des pétroliers, géomorphologie du littoral, courants, vents, marées, profondeurs d'eau. Les autorités ne sont tout de même pas ignorantes du nombre et de la taille des navires qui circulent actuellement dans les mers du globe, et tout particulièrement à travers la Manche !

Le 9 mars, quelques jours avant le sinistre de l'*Amoco Cadiz*, une loi était votée et publiée au Journal Officiel, qui donnait au Préfet maritime de nouveaux et importants pouvoirs pour protéger nos côtes... Est-il possible qu'un gouvernement établisse des lois sans les moyens de les appliquer ?

Puisqu'il était possible de prévoir et de prévenir, on comprend mieux non seulement l'écoeurement, mais la colère des marins-

pêcheurs : imprévoyance, improvisation, manque de sérieux des moyens mis en œuvre dès le début du déclenchement du Plan POLMAR (« un annuaire téléphonique »), minimisation officielle des dégâts probables, à deux jours des élections : « Toutes les mesures seront prises pour éviter la pollution du littoral »... Après avoir envisagé le brûlage du pétrole, on promet son pompage par les fameuses pompes américaines transportées d'urgence par avion, mais qui n'arrivent pas... On s'est empressé de faire venir, de loin, quelques kilomètres de barrages antipollution. Leur inefficacité s'est avérée flagrante sur nos côtes.

Quelques jours après, comme s'y attendaient les riverains, il n'était plus question de brûlage, ni de pompage, mais de pétardage pour faire s'écouler en mer le reste du pétrole...

#### L'ATTITUDE DES MARINS-PÊCHEURS

Si nous reconnaissons le travail réalisé par les militaires et les fonctionnaires de diverses administrations, les riverains et les bénévoles, nous regrettons l'absence quasi-totale de contacts avec les professionnels. S'il est vrai qu'on peut parler, de notre part, d'une très forte réticence à participer à la campagne de nettoyage bénévole, la raison en est que nous pouvions difficilement nous intégrer dans cette campagne à résonance politique, orchestrée de manière théâtrale par certains média et ce d'autant plus qu'elle servait à couvrir une incompétence et une insuffisance criantes. Cette absence de contact avec les professionnels de la pêche a éclaté le jour où le Président de la République, Valéry GISCARD D'ESTAING, venu « s'informer » officiellement sur place, déclinait avec désinvolture tout contact avec les marins-pêcheurs, premiers intéressés et demandeurs d'une entrevue.



Sur tout le front de la marée noire, les professionnels ont manifesté

(Photo Michel Follorou, Plestin)

Il faut aussi rappeler que le cas avait été différent avec le *Böhlen* et l'*Olympic Bravery* où les marins-pêcheurs avaient participé personnellement au nettoyage, mais le sort réservé par la suite à leurs propositions pour la prévention et la lutte contre les conséquences de la pollution, les tergiversations pour régler les dédommagements les plus élémentaires..., les belles paroles avec des moyens dérisoires... Tout cela explique bien l'écoeurement... A chacun de prendre ses responsabilités !...

Cela ne veut pas dire que nous ayons baissé les bras. Au contraire ! Par des manifestations d'une ampleur inégalée, en lien avec toute la population laborieuse du littoral, nous avons confirmé les mesures déjà réclamées : protection du littoral, indemnisation totale des sinistrés, remise en valeur des sites, éloignement du rail, renforcement des moyens de surveillance, base à Brest d'un remorqueur puissant, en contrat avec la Marine nationale.

Reste l'application définitive de ces mesures...

Reste la mise en œuvre plus large des moyens d'éviter une catastrophe semblable, qui peut encore arriver demain...

Reste la lutte contre la pollution délibérée, par une réglementation internationale, la lutte contre les pavillons de complaisance.

Des techniques impressionnantes ont été mises en œuvre au service du transport. Pourquoi ces techniques ne sont-elles pas aussi mises au service de la lutte contre la pollution ? Des études en ce sens seraient revenues moins cher que les opérations de nettoyage à grand renfort de publicité et de détergents. La responsabilité du gouvernement est énorme sur tous ces points.

« Il y a toujours quelque chose à faire » disait une émission célèbre sur un poste périphérique... Mais, pour ne pas jeter de la poudre aux yeux, il y a surtout quelque chose à faire là où sont les vraies responsabilités. C'est pour cela que nous avons demandé aux tribunaux de poursuivre les responsables, « Plainte contre X » parce qu'il ne s'agit pas de s'attaquer à des boucs émissaires. Même si les commandants du pétrolier et du remorqueur ont des responsabilités, il faut chercher plus loin, à la source... C'est trop facile de tomber sur le lampiste... Fut-il le Préfet, « Je ne quitte pas la fonction publique, c'est elle qui me quitte ».

La volonté officielle, actuellement proclamée de protection et de restauration des côtes, nous n'y croirons que lorsque nous la verrons accompagnée de moyens efficaces : financement de la recherche en matière de prévention et de lutte, suivi scientifique des conséquences écologiques, restauration et repeuplement du milieu marin, relance des initiatives, mise en place des moyens pour éviter le renouvellement de telles catastrophes.

\*\*

Provoqués par ces événements, certains marins-pêcheurs se sont posés la question du type de société basé sur le profit au détriment de l'intérêt général, mais il faut dire que, dès maintenant, conscients d'être les acteurs de leur avenir, tous exigent d'être associés aux décisions qui les concernent et qui concernent toute la région.

## Au-delà de l'*Amoco Cadiz* : La question des catastrophes

par Patrick LAGADEC \*

### UN PROBLEME A POSER

Des populations bouleversées, des techniciens dépassés, des responsables tentant — notamment par le canal des média — de rassurer ou de désamorcer la révolte qui menace, voilà certaines des premières suites d'une catastrophe. Mais qu'advient-il par delà ce mouvement brownien qui ne conduit nulle part ? Peut-on tout simplement passer l'événement par pertes et profits en essayant d'oublier ? Peut-on se contenter de payer ? De promettre ? Comment répondre à une catastrophe ?

Souvent la tentation est grande d'en rester à la réaction minimale : régulièrement l'idée de fatalité est immédiatement avancée ou suggérée en cas de catastrophe. Elle ne traduit que paresse intellectuelle, incapacité politique et impuissance sociale. Il s'agit bien de la dépasser en sachant traiter la catastrophe non comme un accident de la nature, mais comme le signe d'une maîtrise inadéquate du développement — et, plus précisément, du développement contemporain.

Le désastre de l'*Amoco Cadiz* retient l'attention en ce moment ; il ne doit pas aveugler. C'est la quatrième fois que la Bretagne connaît un grave accident pétrolier ; et le transport des hydrocarbures ne jouit d'aucun monopole en matière de catastrophe : Feyzin, Seveso sont aussi des symboles. Il est urgent de se rendre compte que le risque est devenu une dimension de notre mode de développement. Certes, les moyens dont nous disposons aujourd'hui sont plus performants et sans doute plus sûrs qu'ils ne l'étaient autrefois ; mais ils sont également porteurs de risques colossaux. Et c'est cela que traduisent les catastrophes sans cesse plus graves et plus fréquentes dont nous sommes aujourd'hui les témoins, les responsables ou les victimes.

On se propose, dans les pages qui vont suivre, de s'interroger sur les réponses à apporter aux catastrophes, perçues comme on vient de le préciser, non pas comme scories d'un « progrès » assuré, mais comme signe et signal d'une mauvaise maîtrise, d'une mauvaise orientation de notre développement.

Dans un premier temps, on s'arrêtera sur l'épreuve de vérité

\* Ingénieur de Recherches au Laboratoire d'Econométrie de l'Ecole Polytechnique.

que constitue un désastre comme la marée noire de l'*Amoco Cadiz* en examinant tout d'abord la difficulté qu'il y a à être lucide en pareilles circonstances, en soulignant ensuite la nécessité d'une action claire, explicite et contrôlable en réponse au drame, sans oublier enfin, un certain nombre de questions de fond que pose déjà le cas particulier des risques liés au transport des hydrocarbures par les super-pétroliers.

Dans une seconde partie, pour stimuler la réflexion, on proposera deux cas étrangers : la réponse britannique à une grande catastrophe dans l'industrie chimique (Flixborough, 1974) ; la non-réponse italienne au drame de Seveso (1976).

Enfin, dans un troisième temps, on évoquera, quelques problèmes qui se posent, en France, en matière de risques, de catastrophes potentielles.

L'espoir est que de telles réflexions permettent non seulement à l'*Amoco Cadiz* de ne pas être un *Torrey Canyon* supplémentaire, mais encore à ce drame de déclencher une prise de conscience générale et de déterminer des actions novatrices en ce qui concerne cette question critique qu'est aujourd'hui la question du risque pour notre développement.

La marée noire de l'*Amoco Cadiz* n'est pas seulement aujourd'hui un problème à résoudre. C'est un problème à poser.

## L'*Amoco Cadiz* : Une épreuve de vérité

### CATASTROPHE ET LUCIDITÉ : UN TERRIBLE DÉFI

Il est sans doute trop tôt, dans le cas de l'*Amoco Cadiz*, pour dresser un bilan de la réponse apportée au drame. Aussi bien, on en restera à des observations générales, utiles pour guider l'action dans ce cas comme dans d'autres.

Répondre à un événement suppose une bonne reconnaissance de celui-ci. C'est précisément la difficulté en cas de catastrophe. Les faits dramatiques tendent à emporter dans un tourbillon les énergies et les intelligences. L'impréparation face à l'événement rend largement impuissant : que faut-il faire ? Avec quels moyens ? Avec quels risques secondaires ? Les Pouvoirs publics, priés la veille de respecter la « liberté d'entreprendre », sommés dès le drame de veiller à « l'intérêt général » et à la « sécurité publique », expérimentent rapidement ce fait bien connu : « On n'arrête pas une avalanche ». L'incapacité d'hier marque irrésistiblement l'impuissance d'aujourd'hui.

C'est alors qu'apparaît souvent un autre événement lié aux catastrophes : quand un phénomène aussi critique se produit, la crainte d'être responsable, l'angoisse d'être victime, s'ajoutant au désarroi face à la folie des faits, conduisent plus sûrement à éviter l'examen des problèmes qu'à une terrifiante lucidité qui passerait nécessairement par le constat de l'ampleur de l'échec. C'est alors que toutes sortes de mécanismes de défense déterminent les conduites observées : la négation des réalités ou leur examen partiel (exemples : « Le pétrole disparaît dans le sable », « Il est volatil », « Les Bretons sont réconfortés », etc.), le détournement d'émoi public (exemples : certains appels à la solidarité, certains phéno-

mènes de bouc-émissaire ou, à l'inverse, de culpabilisation collective : « Nous sommes tous responsables », pour ne citer que les principales.

Ces tendances favorisent mal le traitement approprié des catastrophes. Elles préparent plutôt à maintenir les causes du drame observé qu'à assurer l'avenir sur d'autres bases.

Et cela est d'autant plus grave qu'une opportunité est alors délaissée : une catastrophe est un moment critique où il est plus facile d'introduire des changements fondamentaux (par exemple en ce qui a trait aux modes de vie, rapports tissés avec l'environnement, rapports entre groupes d'intérêts, options technologiques, etc.). On observe plutôt, au moment des catastrophes, un « conservatisme dynamique » poussé parfois jusqu'à la caricature ; par cette expression D.-A. SCHON entendait la mobilisation des forces vives à disposition pour le maintien des structures passées. Car une catastrophe est aussi un moment critique pour l'organisation des rapports entre groupes d'intérêt et de pouvoir. Alors que cette organisation — qui n'est pas obligatoirement étrangère aux mécanismes producteurs de la catastrophe — serait sans doute à réexaminer, on assiste en pareilles circonstances à de farouches combats pour maintenir le statu-quo, et donc pour voiler bon nombre de facteurs liés au drame.

Pour toutes ces raisons, il n'est pas étonnant qu'il soit difficile de répondre avec clarté à une catastrophe. C'est pourtant à la capacité dont on fera montre en ce domaine que pourra être jugée la détermination à éviter le renouvellement du drame. C'est à la clarté des actes et non à la générosité des discours que sera mesurée la réalité de l'assurance classique, « C'est la dernière fois... ».

On voit que la partie n'est pas gagnée d'avance du côté des transformations structurelles... Alors que, souvent, il ne peut être question, sans destruction majeure et irréversible, d'un renouvellement du drame.

### UN TABLEAU DE BORD EXPLICITE

Il y a donc des obstacles sérieux à la définition d'une réponse claire, explicite, et satisfaisante aux défis posés par une catastrophe. Il importe pourtant de préciser et d'appliquer une ligne d'action capable de s'attaquer aux causes des phénomènes dramatiques observés. La tâche du planificateur serait sans doute, en pareille circonstance, de mettre au clair un tableau de bord ; et de le suivre sur une longue période, avec la participation des divers groupes concernés, par le truchement de leurs représentants.

Dans le cas de l'*Amoco Cadiz*, un pareil tableau de bord pourrait comporter quatre grands chapitres : 1. L'indemnisation ; 2. Le nettoyage ; 3. Le suivi scientifique du milieu et de son exploitation ; 4. La prévention des sinistres.

Pour chacune des questions, il faudrait expliciter, et au besoin soumettre à débat public (comme on songe à le faire en matière de projet de développement ayant de grands impacts : une proposition de loi a été déposée en ce sens) les objectifs visés, les moyens mis à disposition. L'examen ouvert ainsi proposé pourrait apporter les garanties du contrôle plural de décisions, qui restent

souvent le fait d'une administration particulière. Le problème de la prévention peut être pris en exemple. On ne peut, pour rassurer, s'en tenir à la définition de nouveaux « rails » ou même à l'installation d'une station radar. La question est de savoir de quel complexe de moyens il faut véritablement disposer pour éviter un accident. Il s'agit de faire des études précises, par exemple avant de nier qu'un port à Ouessant soit indispensable.

Il s'ensuit qu'un pareil tableau de bord devrait être complété par un certain nombre de réflexions-guides mettant en évidence les écueils à éviter. Ainsi l'oubli du long terme : dans l'indemnisation (elle serait alors perçue comme un humiliant pourboire) ; dans le traitement des nappes (le jeu des courants peut faire des produits traités un redoutable moyen contre la pêche)...

Et comme il a été dit, cet outil de gestion ne serait pas entouré du secret ; mais au contraire destiné à une large publicité. Si l'on était trop réticent sur ce point, il conviendrait peut-être de réfléchir au cas de Seveso où, à force de vouloir tout contrôler, cacher et nier, les autorités ont fini par ne plus rien contrôler du tout et à se trouver complètement discréditées. De réfléchir aussi à ce mal qui guette les sociétés contemporaines : la prise en charge directe, par des groupes extrémistes enclins aux méthodes les plus expéditives, de problèmes que n'ont pas su, pu ou voulu traiter les institutions en place, attachées souvent à une conception dépassée du partage du pouvoir et des responsabilités. En cette matière du risque et des catastrophes, des recherches, des expérimentations et des changements sont nécessaires en terme de démocratie. Et le précédent du meilleur contrôle par le public des projets de développement (loi sur la protection de la nature du 10 juillet 1976, études d'impact) n'est pas sans intérêt dans cette discussion.

#### UN COURAGE POUR DES QUESTIONS DE FOND

Il n'est pas sûr que l'on s'achemine vers la clarification jugée comme souhaitable et même nécessaire. Si tel était le cas, on pourrait faire deux hypothèses sur le refus qui serait observé.

La première serait la moins grave : il n'y aurait là que carence organisationnelle, administrative, peut-être politique ; on pare au plus pressé, au mieux, sans pouvoir prendre le recul nécessaire pour situer clairement l'action. Et on espère qu'en accumulant de bonnes choses on arrivera à de bons résultats. Ce serait pourtant là une erreur. Les questions de risques sont devenues trop graves pour n'être réglées que par une administration, aussi puissante fût-elle de par ses moyens techniques. Les Britanniques ont bien posé ce principe récemment : l'ensemble des groupes concernés doit être associé à la politique envers le risque.

Une seconde hypothèse, plus inquiétante, pourrait s'ajouter à la précédente. Le secret ou l'apparence d'à-peu-près, mal couverte par des discours se voulant rassurants, cacherait des craintes fondamentales sur les possibilités de contrôler des catastrophes du type de celle de l'Amoco Cadiz : pour des raisons de coût (on hésiterait à construire les bases d'interventions nécessaires), de rapports de forces (on hésiterait à faire payer les grands de l'énergie), de règle d'organisation et de définition ancestrale de

missions (qu'assigner comme mission à la Marine nationale ?), ou même, à l'extrême, de doute fondamental sur la possibilité de faire face aux catastrophes pétrolières étant donnés les choix technologiques, économiques et stratégiques qui ont déjà été opérés.

Ces questions sont capitales. Sommes-nous entrés, avec quelques options techniques, dans l'ère du non gérable ? Après la catastrophe de l'Amoco Cadiz, il a été officiellement reconnu — cela ne l'avait pas été auparavant — que l'on ne pouvait rien faire une fois un pétrolier échoué (« Aucun pays au monde ne dispose à l'heure actuelle de moyens d'intervention à la fois efficaces et satisfaisants sur le plan écologique pour venir à bout des marées noires. Nous disposons de matériels (...). Avec des creux de 4 à 6 mètres, ils sont strictement inopérants... L'inaccessibilité d'une épave et le mauvais temps constituent actuellement, dans la lutte contre les marées noires, des obstacles insurmontables »). M. Marc BÉCAM, Sénat, 11 avril 1978).

En viendra-t-on à des déclarations identiques en ce qui concerne la prévention des catastrophes ? Si, effectivement, le risque était inévitable, il serait sans aucun doute urgent de l'explicitier et d'inscrire, comme cinquième ligne du tableau de bord confectionné, la nécessité de transformations importantes en matière de politique énergétique, ce qui entraînerait automatiquement des modifications économiques et sociales ; des transformations à déterminer en vue de l'exercice d'un choix social, qui serait exercé sous le contrôle des citoyens et de leurs représentants.

A ces interrogations doit encore s'en ajouter une autre. Si l'on quitte le domaine du pétrole, envers quels risques sommes-nous également aussi mal protégés ? Dans quels secteurs peuvent se produire d'autres « amoco cadiz » ? C'est la question la plus importante — le risque dans la société moderne — qu'amène à poser un désastre comme celui de cette marée noire. Avant d'y répondre, pour le cas de la France, nous allons faire un détour par deux études de cas qui pourront nous renseigner sur des réactions observées à l'étranger sur ce type d'interrogation.

Mais, d'ores et déjà, on peut souligner la nécessité d'une attitude de clarté et de courage dans la maîtrise des risques et l'approche du problème des catastrophes. Sans cet effort on ira, sans nul doute, au devant de déstabilisations écologiques, économiques et sociales sans précédent. Sans cette rigueur, jusque dans l'exercice de la démocratie, nous risquons de connaître des impasses sérieuses dans la poursuite de notre développement. C'est la nécessaire compensation — en termes de capacité sociale et politique — d'un développement de systèmes technologiques de plus en plus efficaces, complexes, dangereux et vulnérables.

#### Flixborough, Seveso : Deux catastrophes, deux types de réponse

GRANDE-BRETAGNE : Une catastrophe comme aiguillon pour un changement majeur dans la gestion publique du risque.

Le dimanche 1<sup>er</sup> juin 1974, l'usine Nypro à Flixborough fut



Une vue de la catastrophe de Flixborough : les incendies vus du Sud-Ouest.

(Document « The Flixborough Disaster »)

presque totalement rasée par une déflagration d'une violence colossale. Un nuage de vapeur, formé à la suite d'une fuite de cyclohexane, venait de s'enflammer et d'exploser. Parmi les personnes qui travaillaient sur le site, 28 trouvèrent la mort et 36 furent blessées. On a évalué à 2 000 les pertes en vies humaines qu'aurait pu causer cette catastrophe si elle s'était produite un jour de semaine. A l'extérieur de l'usine, 53 personnes furent blessées ; des centaines d'autres souffrirent de blessures mineures. Les dommages matériels, évalués à plusieurs dizaines de millions de livres, concernèrent une vaste zone : une estimation préliminaire fit état de 1 821 maisons et 167 ateliers et usines mis à mal, à des degrés divers. Certains, après visite du site dévasté, allèrent jusqu'à comparer le désastre à celui qu'aurait pu causer une bombe atomique de faible importance.

Le 27 juin 1974, le Secrétaire d'Etat à l'Emploi devait mettre sur pied une Commission d'Enquête, avec pour mission d'établir rapidement les causes et les circonstances du sinistre et de préciser toutes les leçons à tirer de l'événement. Soixante-dix journées d'audition furent organisées, 173 témoignages recueillis, de nombreuses études scientifiques et techniques furent commandées.

Mais, dépassant cette préoccupation spécifique et restrictive, le Secrétaire d'Etat annonça son intention de constituer un Comité pour examiner en général les risques présentés par les grandes installations industrielles, aussi bien pour les employés que pour les populations avoisinantes.

Comme la population, l'administration ressentit donc le choc de Flixborough : à côté d'une commission d'enquête classique, se renforçait l'idée de constituer un noyau administratif prenant en charge, globalement, la question des risques industriels majeurs. Le Parlement, comme les responsables gouvernementaux, ne resta pas insensible à l'effet de choc de la catastrophe : c'est avec plus de célérité qu'il vota la loi fondamentale en matière de gestion de risques, le *Health and Safety at Work Act*, promulguée le 31 juillet 1974.

L'innovation majeure, aujourd'hui, est la prise en charge globale du problème du risque, la création d'une autorité unique (disposant de moyens scientifiques, techniques et organisationnels renforcés), la participation des employeurs, employés et autorités locales à la fixation des politiques et des règles en matière de gestion du risque.

Certes, ce n'est pas la catastrophe de Flixborough qui, à elle seule, a déterminé cette transformation du système britannique de gestion du risque, mais elle a été un aiguillon non négligeable, un signal bien perçu.

Auparavant il y avait eu bien d'autres catastrophes, comme celle d'Aberfan notamment (1966). Mais elles n'avaient conduit qu'à des ajustements marginaux, au coup par coup de la législation ; des ajustements trop spécifiques du drame précis qui venait d'arriver pour avoir une portée suffisante en matière de risque.

La réponse à Flixborough ne fut donc pas seulement une commission d'enquête, ni même une nouvelle législation sur l'industrie chimique, mais un engagement plus déterminé dans le traitement du problème général des risques liés au développement des activités modernes.

*ITALIE : Une catastrophe parmi d'autres, laissée sans réponse, comme les autres.*

Seveso : le samedi 10 juillet, à 12 h 40, à la suite d'une panne, la température du bloc B de l'usine ICMESA monte au-delà du seuil fatidique de 350°. Ce risque était connu. Les soupapes de sûreté lâchent... comme prévu et laissent s'échapper dans l'atmosphère un nuage mortel.

La réponse à cette catastrophe traduit l'insignifiance de la gestion publique en ce domaine. Malgré les évidences, les maladies, les inquiétudes des scientifiques, spécialistes du problème, les inquiétudes même de la société-mère, les autorités restent largement inactives, préférant le démenti et l'optimisme le plus extraordinaire.

Quatre jours après la catastrophe, les autorités sanitaires proclament : « Aucun danger n'est à redouter ». Treize jours après, alors qu'il vient d'être décidé par les autorités que les mesures prises (conseils pour l'hygiène) sont insuffisantes, le

maire de Seveso affirme à la télévision : « Tout est sous contrôle ». Quelques heures passent et le directeur du centre de recherches de Roche à Genève ridiculise cette intervention : « La situation est très grave, il faut prendre des mesures draconiennes, il faut enlever 20 cm de terre, enterrer l'usine, détruire les maisons ».

En bref, l'énumération ci-dessous résume finalement la carence de la gestion publique à la suite de la catastrophe. Alors que toutes les mesures indiquées ci-après auraient dû être prises *au plus tôt*, il a fallu :

- 8 jours : pour reconnaître publiquement la réalité de la pollution.
- 8 jours : pour imposer d'élémentaires mesures d'hygiène aux alentours immédiats de l'usine.
- 9 jours : pour être informé de la nature du produit par (l'entreprise).
- 14 jours : pour qu'une première réunion officielle reconnaisse qu'il y a problème grave et que soient imposées des mesures d'hygiène élémentaires sur la zone contaminée.
- 17 jours : pour commencer à évacuer la zone.
- 1 mois : pour qu'une première alarme officielle sérieuse soit énoncée (démentie par la Région).
- 3 mois : pour qu'une commission de la Région accepte de se départir publiquement de son optimisme et de son assurance.
- 3 mois : pour prendre la décision (mais non les moyens) d'enlever la terre.

L'avocat de la partie civile au procès de l'ICMESA est particulièrement sévère : « Les interventions de la Région et des autorités politiques et sanitaires, à la suite de la fuite toxique, ont été, presque sans exception, confuses, tardives et souvent si stupides et imprécises qu'elles ont aggravé le désastre au lieu d'y remédier ».

Y eut-il quelque chose de plus ? Non. Au plan législatif et réglementaire rien n'a été fait. Une loi a été votée sur les décharges liquides : elle laisse libre la pollution du milieu jusqu'en 1979.

Et pourtant, la situation italienne apparaît à nombre d'observateurs italiens comme particulièrement grave : on ne compte plus les drames industriels. Jusqu'à quand fera-t-on preuve d'une telle impuissance organisationnelle, politique et sociale ? Et, comme toujours, cette incapacité ne nuit pas à tout le monde : l'Italie devient un lieu magnifique pour une localisation des activités de haut risque.

### Questions pour la France

En France, les questions de sûreté ne sont certes pas ignorées. A la suite de la catastrophe de Feyzin, de nouveaux moyens ont été mis en place. La loi du 19 juillet 1976 sur les installations classées, la loi du 13 juillet 1977 sur le contrôle des produits

chimiques, la loi du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature et le décret sur les études d'impact sont d'autant d'outils permettant de mieux conduire le développement ; des organismes nouveaux ont été mis en place, comme l'Institut National de Recherche et Sécurité. Mais les moyens pour faire respecter les textes sont insuffisants. Et, au-delà de cette évidence banale, il faut relever d'autres problèmes plus profonds. D'une façon générale, l'industrie ne perçoit pas encore le risque comme une question majeure. Les possibilités de synergie entre risques divers (dans des zones industrielles notamment) demeurent largement ignorées. La vulnérabilité des systèmes mis en place est souvent extrême, même pour des installations hautement dangereuses. Des démarches comme « l'évaluation des options technologiques », bien que reconnues nécessaires depuis plus de dix ans, sont encore inappliquées. Le risque n'a pas acquis, malgré la pression des catastrophes présentes ou prévisibles, le statut de problème, de question stratégique pour l'orientation du développement.

On ne peut s'avancer ici plus avant : un travail important est à mener, à l'instar de ce qui a été fait en Grande-Bretagne avec le Comité Robens qui a consacré deux années d'études, de 1970 à 1972, pour préparer une politique en la matière.

Profitera-t-on de la catastrophe de l'Amoco Cadiz pour poser ce problème dans toutes ses dimensions ?

Le moment est propice, le saisira-t-on ? Ou ce nouveau drame comptera-t-il au nombre des signaux non perçus ?

### CONCLUSION

L'essentiel de la réflexion qui vient d'être proposée tient en peu de mots. Nous sommes arrivés aujourd'hui à un stade de notre mode particulier de développement qui requiert une capacité sociale, politique et organisationnelle sans précédent. On ne peut plus en rester, comme voulait le penser par exemple, un dirigeant du groupe responsable de la catastrophe de Seveso, à une idée du risque comme incident annexe et inévitable du « progrès ». Claudio Risé, sur le cas de Seveso encore, avait cette phrase plus juste — si du moins des transformations substantielles ne sont pas apportées à la conduite du développement — : « La mort avance sur les chemins de l'opulence ».

Saura-t-on infirmer, par des actes et non seulement par des discours, un jugement aussi sombre ? Il sera instructif de suivre comment, finalement, on réagira à la catastrophe de l'Amoco Cadiz.

(Mai 1978)

### REFERENCES

- « La Méditerranée peut mourir ». *Le Point*, n° 141, 2 juin 1975.
- B. POIROT-DELPECH. - « L'affaire de quelques-uns ». *Le Monde*, 31 mars 1978.
- I. SACHS. - « Des péages pour les tankers ? ». *Le Monde*, 8 avril 1978.
- « Les conséquences du naufrage de l'Amoco Cadiz ont été longuement évoquées au Sénat ». *Le Mois de l'Environnement*, n° 21, avril 1978.
- J. MARCEAU. - « Les nouvelles guerres des temps de paix ». *Le Monde*, 18 avril 1978.
- Department of Employment. - *The Flixborough disaster. Report of the Court of Inquiry*, London HMSO, 1975.

Safety and Health at Work. - Report of the Committee. Chairman Lord Robens. HMSO London, 1972.

Health and Safety at Work ect. Act. 1974. HMSO London, 1977.

Claudio RISÉ et autres. - « Derrière l'ICMESA ». *Survivre à Seveso ?*

Gaetano PECORELLA. - « Qui va payer ? ». *Survivre à Seveso ?* Maspéro, Presses Universitaires de Grenoble, 1977.

« Sécurité-pollution : la carte des risques industriels ». *Le Point*, n° 292, 24 avril 1972.

P. LAGADEC. - « Développement, Environnement et Politique vis-à-vis du Risque : Eléments pour un travail de recherche ». *Cahier du Laboratoire d'Econométrie*, Ecole Polytechnique, septembre 1977.

P. LAGADEC. - « Développement, Environnement et Politique vis-à-vis du Risque : Le cas britannique », tome I. *Cahier du Laboratoire d'Econométrie*, Ecole Polytechnique, mars 1978.

P. LAGADEC. - « Développement, Environnement et Politique vis-à-vis du Risque : Le cas de l'Italie ». *Cahier du Laboratoire d'Econométrie*, Ecole Polytechnique. A paraître.

## Les nouvelles règles de navigation accroissent-elles les risques d'abordage ?

par René MOIRAND

Correspondant du *Monde* à Cherbourg

*N.D.L.R.* — Nous remercions la Direction du journal *Le Monde*, qui nous a autorisé à reproduire le présent article, paru dans le numéro du 20 juin 1978 (page 38).

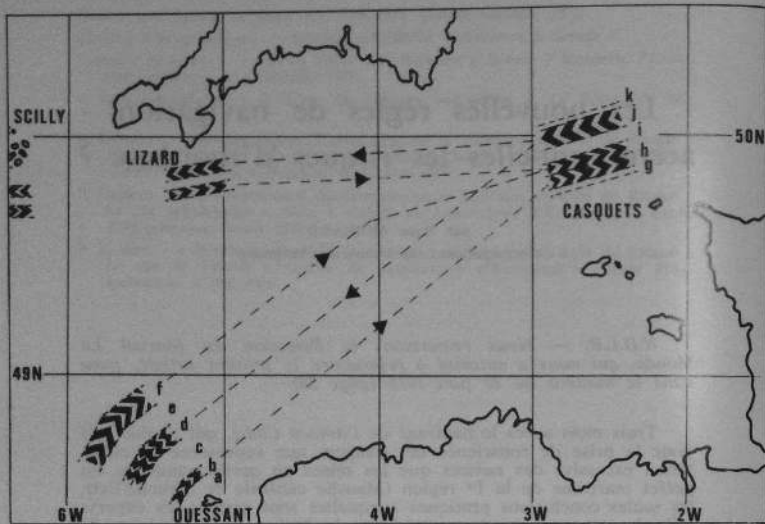
Trois mois après le naufrage de l'*Amoco Cadiz*, qui a plus fait pour la prise de conscience des dangers que représente la circulation excessive des navires que les mises en garde annuelles du préfet maritime de la 1<sup>re</sup> région (Manche centrale et Manche-Est), les seules conclusions pratiques auxquelles sont arrivés les experts officiels ont consisté à rejeter vers le large les « couloirs de navigation ». On a aussi décidé d'installer un bateau-feu et une bouée « intelligente » au large des dangereux récifs des Casquets, au nord-ouest de la presqu'île du Cotentin.

Encore peut-on remarquer que ce bateau-feu arborera le pavillon britannique et que sa mise en place n'aura lieu qu'en 1979.

Mais réglementation mise à part, on n'a pas encore décidé de mettre en place les moyens de balisage et de surveillance que les marins réclament depuis des années. Il est question de baser un remorqueur de 16 000 chevaux à Brest, où, par concession d'Etat, une société allemande spécialisée est déjà installée. Un grand chantier offre ses services pour construire, aux frais de l'Etat, un navire dépollueur, alors que chacun sait qu'en cas de mauvais temps — principale cause de sinistre maritime — aucun système n'a encore donné satisfaction. Et rien de nouveau n'a été enregistré pour ce qui est de la partie la plus dangereuse de « l'entonnoir » à navires et à pétrole que constitue la Manche : du Cotentin au Pas-de-Calais.

Les autorités côtières responsables et les usagers, en revanche, sont en train de se mettre d'accord sur un point : la réglementation en cours de définition, sous prétexte de diminuer les risques de pollution, augmentera certainement les risques d'abordage. Trinity House, qui est, en quelque sorte, l'équivalent d'un service public du pilotage et des phares et balises d'Outre-Manche, a « mis les pieds dans le plat » à l'issue de la dernière réunion d'experts franco-britanniques. Ses responsables, qui sont des marins chevronnés, ont dit tout haut ce que beaucoup pensent tout bas de ce côté-ci de la Manche. La réglementation en vigueur avait atteint





Les nouveaux couloirs de navigation au large d'Ouessant et des Casquets.

**Ouessant :**

- a) : zone de 5 milles, interdite à la navigation côtière, soumise à la réglementation nationale ;
- b) : couloir de 3 milles, pour navires « non dangereux » entrant en Manche ;
- c) : zone de séparation de trafic de 8 milles ;
- d) : couloir de 5 milles, pour navires quittant la Manche. Les navires « dangereux » (pétroliers notamment) doivent emprunter la moitié ouest de ce couloir ;
- e) : zone de séparation de trafic de 4 milles ;
- f) : couloir de 6 milles pour les navires « dangereux » entrant en Manche.

**Casquets :**

- g) : zone de séparation de trafic de 1 mille au sud, zone de navigation côtière ;
- h) : couloir de 7 milles pour les navires se dirigeant vers l'est. Les navires « dangereux » doivent emprunter la moitié nord du couloir ;
- i) : zone de séparation de trafic de 3 milles ;
- j) : couloir de 5 milles pour tous navires se dirigeant vers l'ouest ;
- k) : zone de séparation de trafic de 1 mille.

(Document S.E.P.N.B.)

son but pour l'essentiel, alors que les nouvelles routes obligatoires, telles qu'elles paraissent définies, obligeront les pétroliers à couper les « rails », notamment en baie de Seine ».

Il ne faudrait tout de même pas que l'affolement provoqué par un « sinistre majeur », prévisible sinon probable, conduise les Etats riverains à vouloir tout régler à court terme. La sagesse consisterait à envisager sans tarder des installations d'aide et de contrôle de la navigation importantes, et coûteuses, mais valables pour plusieurs décennies, seule façon de les amortir. Car dans la Manche les navires sont de plus en plus nombreux, de plus en plus gros, vont de plus en plus vite, et l'évolution paraît irréversible. C'est une mer en outre particulièrement dangereuse à cause de ses hauts fonds, des récifs qui bordent les côtes anglaises et françaises, de ses brouillards et de ses violents courants de marée.

L'effort pour une meilleure sécurité de la navigation doit s'accompagner d'une réflexion sur le risque, qui ne disparaîtra pas, en évitant de tout mettre sur le dos des pavillons de complaisance. Les marins français font remarquer que plus d'un port fait fi de la sécurité lorsqu'il permet l'embarquement de n'importe quelle marchandises, ou l'arrimage « bâclé » de certains frets. Les responsables des eaux côtières notent que les pétroliers ne sont pas forcément leurs propres victimes. *L'Eleni V* s'est fait couper en deux par un cargo français moderne et bien équipé.

On fait également remarquer que le pétrole « naviguant » sur cette mer représente des tonnages considérables. Les porte-conteneurs rapides en service aujourd'hui transportent au départ d'Europe de 10 à 15 000 tonnes de fuel. Les transbordeurs, de plus en plus nombreux dans la Manche, coupent et recoupent leurs routes avec des centaines de milliers de passagers dont les vies sont plus souvent en danger qu'on ne le pense.

Prendre en charge les navires comme le contrôle aérien le fait pour les avions ? En l'air, ce contrôle est individuel alors qu'en mer on ne pourra faire que du contrôle de masse. Eloigner les navires de la terre ? C'est oublier que tous les navigateurs sont formés, sur les passerelles, pour se « positionner » par rapport aux côtes. Les caboteurs qui se font surprendre trop près du rivage breton sont là précisément pour vérifier leur position. Seul un balisage de haute mer pourrait éviter leur démarche.

A la préfecture maritime de Cherbourg, on a lancé l'idée de mettre en place un réseau « d'îles flottantes ».

Equipes d'hélicoptères, avec des petits commandos de spécialistes susceptibles d'intervenir sur les navires en difficulté — avaries de barre ou de moteur, — ces moyens font-ils l'objet d'un examen sérieux ? Il n'y a pas un seul aéronef de reconnaissance à la disposition des autorités maritimes, des Casquets au Pas-de-Calais.

La chance ne sera pas toujours au rendez-vous. Et le problème de la sécurité ne sera pas réglé à coups de circulaires, d'arrêtés et « d'avis aux navigateurs ». Il faudra bien en payer le prix, et la seule manière d'amortir le coût d'une protection efficace consisterait — pensent les usagers — à le prévoir pour le très long terme, avec le concours des autres riverains de la Manche et du Pas-de-Calais, voire d'un organisme international car la majorité des navires empruntant ce « goulet » servent d'autre intérêt que ceux des Etats côtiers.

## A propos des dons reçus à la S.E.P.N.B. à l'occasion de la marée noire de l'Amoco Cadiz....

L'échouage de l'Amoco Cadiz, le 18 mars 1978, sur les roches de Portsall et la gigantesque marée noire qui devait en résulter ont bien naturellement ému les opinions publiques, tant en France qu'à l'étranger.

Devant cette tragédie, la mobilisation des sensibilités, la solidarité, l'élan de générosité furent remarquables. Pour beaucoup, le don en espèces matérialisa l'envie spontanée de « faire quelque chose », d'aider dans la lutte contre cette agression envers le milieu naturel. Ainsi, nombreux furent les dons reçus à la S.E.P.N.B. pour « la lutte contre la marée noire », pour « aider à sauver les oiseaux mazoutés » etc.

Nous voulons ici remercier encore tous les donateurs de leur générosité et leur rendre compte de l'utilisation de ces fonds.

Certes la S.E.P.N.B. ne pouvait guère lutter contre cette marée noire mais elle fut immédiatement présente sur le terrain pour entreprendre les travaux préliminaires nécessaires aux études scientifiques. Par ailleurs, la Clinique des oiseaux mazoutés rouvrait aussitôt ses portes mais nous savons tous combien sa tâche est délicate, difficile et rarement couronnée de succès.

Devant l'importance des sommes recueillies (environ 470 000 francs), le problème de l'utilisation de ces fonds s'est vite posé.

Il était clair que l'afflux des dons, à la S.E.P.N.B. précisément, témoignait de la prise de conscience collective de l'agression contre le milieu naturel que représentait cette catastrophe et d'une volonté, chez les donateurs, de sauvegarder ce milieu. Dès lors, dans la mesure où nous ne pouvions agir sur le milieu atteint, il nous a semblé que nous devions, par fidélité à l'esprit des donateurs et à nos propres objectifs depuis plus de vingt ans, les utiliser à la création de nouvelles réserves biologiques.

De tels projets ne peuvent être concrétisés rapidement, aussi une commission élargie à des représentants du Ministère de l'Environnement, de la F.F.S.P.N., du W.W.F., de la Municipalité de Brest, de la presse locale fut-elle chargée de la gestion de ces dons, actuellement « bloqués » sur un compte bancaire spécial.

Les sites dignes d'intérêt dans cette perspective sont nombreux et divers. Il fallait se décider et choisir.

Nous avons retenu, pour leurs intérêts, en raison des dangers qui les menacent et pour leur possibilité d'être réalisés assez rapidement, plusieurs projets de sauvegarde des zones humides bretonnes : Marais du Morbihan, Marais de Guérande, Marais du Pays de Redon, Marais et Paluds de la Baie d'Audierne.

Depuis de nombreuses années ces milieux, de plus en plus délaissés par l'exploitation agricole classique se modifient et perdent une partie de leurs richesses biologiques. De plus en plus, et, par conséquence directe, ils deviennent, selon leur localisation, la source des convoitises immobilières diverses. Leur sauvegarde devient plus que jamais une nécessité.

Un autre projet verra soit l'agrandissement de l'actuelle réserve naturelle de l'archipel de l'Iroise, soit l'aménagement de cette réserve pour une meilleure protection et une gestion scientifique des colonies d'oiseaux marins.

Ces projets sont en cours de réalisations. Certains sont déjà bien avancés (marais du Morbihan). Nous en rendrons compte régulièrement dans ces colonnes ainsi que dans la presse régionale. Notre propos aujourd'hui n'était que d'indiquer la politique générale de la S.E.P.N.B. pour l'utilisation des dons reçus.

Max JONIN,  
Responsable de la Commission

## Anciens numéros de « Penn ar Bed »

Tous les numéros sont actuellement disponibles, soit sous forme originale en typographie, soit sous la forme offset (pour les numéros épuisés, réédités).

Prix d'un numéro (offset ou typographie) . . . . .	15 F
Sauf les n° 41 (Talus), 86 (Sites et paysages), 90 (Eau), 92 (Espace habité) . . . . .	20 F
Année complète (offset ou typographie) . . . . .	60 F
Collection complète (comportant certains numéros en offset) du n° 1 au n° 94 . . . . .	1000 F

### Brochures :

Un certain nombre de numéros spéciaux ont été tirés sous forme de brochures. Sont encore disponibles :

• Les Dunes du Massif armoricain (étude écologique) . . . . .	20 F
• Le Saumon en Bretagne . . . . .	20 F
• Le Parc d'Armorique (les Monts d'Arrée) . . . . .	20 F
• La Réserve du Cap Sizun . . . . .	10 F
• Le Parc Naturel Régional de Brière . . . . .	40 F
• L'aquaculture marine . . . . .	40 F
• La Presqu'île guérandaise (en 2 brochures) . . . . .	40 F
• La Presqu'île de Rhuys . . . . .	20 F
• Les Iles Chausey . . . . .	20 F

Le sommaire des numéros anciens est fourni sur simple demande, accompagnée d'une enveloppe timbrée pour réponse.

NOTA. — Pour toute commande passée directement au Secrétariat, ajouter 10 % au prix de la commande, pour les frais postaux.

Depuis 1979 la S.E.P.N.B. édite deux périodiques :

**Penn ar Bed**, Revue trimestrielle de caractère scientifique, consacrée à l'étude et la protection de la nature en Bretagne.

**Oxygène**, Mensuel d'information et d'action pour la sauvegarde de l'environnement en Bretagne.

### Abonnements :

• Cotisation (adhésion simple) . . . . .	15 F
• Cotisation + abonnement <b>Penn ar Bed</b> . . . . .	45 F
• Cotisation + abonnement <b>Oxygène</b> . . . . .	50 F
• Cotisation + abonnements <b>Penn ar Bed</b> et <b>Oxygène</b> . . . . .	80 F

