

I.S.T.P.M.

Bibliothèque

BILAN ECOLOGIQUE DE LA POLLUTION DE L'AMOCO CADIZ



**CENTRE OCÉANOLOGIQUE
DE BRETAGNE**

FÉVRIER 1979

PUBLICATIONS DU
CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCÉANS
(C N E X O)

Rapports Scientifiques et Techniques N° 40



BILAN ÉCOLOGIQUE DE LA POLLUTION

DE

L'AMOCO CADIZ

FÉVRIER 1979

ÉTAT DE POLLUTION DU MILIEU MARIN
IMPACT SUR LES COMMUNAUTÉS NATURELLES
IMPACT SUR LES RESSOURCES MARINES

GROUPE DE COORDINATION DU
PROGRAMME DE SUIVI ÉCOLOGIQUE

Michel MARCHAND, Gérard CONAN, Laurent D'OZOUVILLE

Centre Océanologique de Bretagne (CNEXO)
B.P. 337
29273 BREST CEDEX

P R E F A C E

Ce document dresse, dix mois après le naufrage du super-pétrolier libérien AMOCO CADIZ un bilan écologique de la pollution par hydrocarbures, en soulignant l'état actuel de la pollution du milieu marin, les dommages écologiques sur la faune et la flore marines et les répercussions économiques du sinistre sur l'exploitation des espèces commerciales.

Cette synthèse ne constitue pas un document original. Elle s'inspire largement des conclusions des travaux publiés dont la liste figure en annexe et des informations que nous avons pu recueillir auprès des scientifiques directement engagés dans ce programme d'étude du suivi écologique, notamment ceux de l'Institut d'Etudes Marines de l'Université de Bretagne Occidentale de Brest, de la Station Biologique de Roscoff, de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes de Nantes et du Centre Océanologique de Bretagne de Brest.

La synthèse bibliographique concernant les différents aspects liés à la pollution de l'AMOCO CADIZ a été réalisée par le Service de Documentation du Centre Océanologique de Bretagne, qui analyse plus largement l'ensemble des publications consacrées à la pollution marine par les hydrocarbures.

M. MARCHAND

RESUME

Le pétrolier AMOCO CADIZ, échoué sur les côtes bretonnes, le 16 mars 1978, a libéré 223 000 tonnes de pétrole brut. Au cours du premier mois suivant le naufrage, l'évolution spatiale de la pollution a été essentiellement contrôlée par le régime des vents. Elle s'est étendue d'ouest en est sur 350 Km de côtes et sur un très large secteur de la Manche occidentale. Les zones les plus atteintes ont été les estuaires et les baies semi-fermées. Une mortalité massive et foudroyante a été observée parmi les animaux de rochers et de plages, vivant dans la zone de l'estran et au-delà des plus basses mers, dans un rayon de 5 Km autour de l'épave et parfois en des points d'accumulation situés jusqu'à 100 Km.

La phase de décontamination a débuté en mai. Les teneurs en hydrocarbures dans l'eau de mer sont revenues à la normale généralement au bout de trois mois. Dans les secteurs battus, la décontamination est bien observée. Par contre, dans les secteurs abrités, tels les estuaires et les baies, le processus est considérablement ralenti. Dans les zones d'accumulation, les conséquences écologiques à long terme se caractérisent par un déficit dans le recrutement des juvéniles et des désordres physiologiques, notamment des ulcérations, affectant certains poissons adultes. Les activités ostréicoles, qui se situent dans les secteurs abrités, ont été particulièrement touchées par la pollution.

Il est nécessaire de maintenir l'effort scientifique pour suivre l'évolution de la pollution dans les zones d'estuaires et de baies et pour apprécier la restauration partielle ou complète de l'équilibre écologique original des communautés marines.

ABSTRACT

The wreckage of the tanker AMOCO CADIZ occurred on March 16, 1978. 223 000 metric tons of crude oil were spilled along the coasts of northern Brittany. During the first month, the spatial evolution of the pollution was mainly determined by the wind drift. The oil slick spreaded from west to east over 350 Km of coast line. The most severe effects of pollution were observed in estuaries and closed bays. Mass mortality affected the marine fauna of the rocks and beaches living above and below lowest tide level. These mortalities occurred mainly within a range of 5 Km arounded the wreck and in distant points of accumulation of the oil within a range of 100 Km.

The decontamination started in May. In most places, the hydrocarbon content in sea water was back to normal, three months after the wreckage. Natural processes of decontamination were efficient on parts of the coast line exposed to wave action. In estuaries and closed bays, the decontamination process was very slow. In places where oil accumulation could still be observed, long term ecological effects are expected. A complete disappearance of some of the adult age groups and lack of recruitment of the juveniles are observed in some animal populations. Severe physiological disorders, such as non healing blisters, are observed for most of the adult of some species of fishes. Oyster culture was severely affected by pollution processes.

A long term scientific monitoring of chemical, geological and biological effects of the oil pollution is necessary, mainly in estuaries and closed bays, in order to survey the partial or complete reorganisation of the marine ecosystems.

S O M M A I R E

	<u>INTRODUCTION</u>	3
	<u>1ère PARTIE : POLLUTION DU MILIEU MARIN</u>	9
I.	<u>NATURE DU PETROLE ET PREMIERES CONSEQUENCES</u>	10
	1. Evolution primaire	11
	2. Stratégie de lutte anti-pétrole	12
	3. Toxicité	12
II.	<u>POLLUTION DE LA MASSE D'EAU</u>	13
	1. Evolution spatio-temporelle	13
	1-1 Observations visuelles	14
	1-2 Suivi chimique	17
	2. Biodégradation des hydrocarbures dans l'eau de mer	21
III.	<u>POLLUTION DE LA COTE</u>	22
	1. Côtes rocheuses	22
	2. Plages	22
	3. Marais et abers	23
	4. Situation actuelle	25

IV. <u>POLLUTION DES FONDS MARINS</u>	25
1. Pollution des fonds marins en avril 78	27
2. Pollution et évolution des zones les plus gravement touchées	28
2.1 Les abers	28
2.2 Baies de MORLAIX et de LANNION	28
V. <u>CONCLUSION</u>	31
<u>2è PARTIE</u> : IMPACT SUR LES COMMUNAUTES NATURELLES	37
I. <u>LA FAUNE ET LES OISEAUX MARINS</u>	37
II. <u>LA FAUNE ET LA FLORE DE LA MASSE D'EAU</u>	38
III. <u>LA FAUNE ET LA FLORE DES FONDS MARINS</u>	39
1. La faune et la flore de l'estran	40
2. La faune et la flore de la zone située en-dessous des plus basses mers	43
IV. <u>CONCLUSIONS</u>	46
<u>3è PARTIE</u> : IMPACT SUR LES RESSOURCES EXPLOITABLES	49
I. <u>ALGUES</u>	49
II. <u>CRUSTACES ET POISSONS</u>	50
III. <u>HUITRES</u>	52
<u>CONCLUSION</u>	55

Annexe I : Organismes Scientifiques participant au programme de suivi écologique de la pollution de l'AMOCO CADIZ.

Annexe II : AMOCO CADIZ - Bibliographie

I N T R O D U C T I O N

Dans la nuit du 16 au 17 mars 1978, le pétrolier libérien AMOCO CADIZ, transportant une cargaison de pétrole brut de 223 000 tonnes, s'échoue en un point de la côte nord de la BRETAGNE, sur des hauts-fonds rocheux, à 1,5 milles au large de PORTSALL. Cet échouement occasionne la plus gigantesque marée noire jamais enregistrée. La quasi-totalité de la cargaison se répand sur la mer en l'espace de 14 jours. Durant cette période, les vents, essentiellement du secteur ouest, provoquent, avec les courants de marée généralement dirigés parallèlement à la côte, une large dérive côtière des nappes d'hydrocarbures de PORTSALL vers la baie de St-BRIEUC et les Iles Anglo-Normandes. Début avril, les vents tournent au nord-est et à l'est et renversent le sens de progression des nappes. Les côtes fortement polluées jouent alors le rôle de sources secondaires de pollution. Les dernières nappes importantes de pétrole sont observées, fin avril-début mai, entre la pointe St-MATHIEU et la pointe du RAZ. La rade de BREST, longtemps menacée, est finalement épargnée. En définitive, la région touchée par la pollution pétrolière est située essentiellement entre PORSPORDER (10 km à l'ouest de PORTSALL) et le Sillon de TALBERT (limite ouest de la baie de St-BRIEUC). Environ 350 km de plages de sable et de côtes rocheuses granitiques ont été plus ou moins pollués. Par ailleurs, des biotopes marins particuliers de cette région sont en général très gravement touchés. Ce sont les "abers", petits estuaires de 10 à 15 km de long, de 1 km de large au maximum, comprenant des zones de sable et des zones de vase ; plusieurs petites baies à fonds meubles envasés, en particulier la baie de MORLAIX ; plusieurs marais d'eau saumâtre, le plus grand étant celui de l'ILE GRANDE dans la baie de LANNION.

Ce qui marque l'importance de cette marée noire, c'est l'impressionnant tonnage de pétrole brut déversé dans la mer, c'est l'étendue de la région polluée et surtout l'exceptionnelle diversité et richesse de la faune et de la flore marines touchées. Cette richesse écologique représente pour la BRETAGNE nord un potentiel économique d'une importance toute particulière dans le domaine halieutique, dans celui de la conchyliculture, ainsi que dans ceux du tourisme et de la thalassothérapie (ROSCOFF). Les ressources halieutiques et conchylicoles se caractérisent par les activités goémonières dont le littoral du NORD-FINISTERE représente le principal centre de récoltes des algues en FRANCE, la pêche côtière de crustacés (homards, langoustes, tourteaux, crabes, araignées), de poissons (pêches saisonnières de mullets, lieux, maquereaux) et l'ostréiculture dans l'ABER-BENOIT, l'ABER-WRACH et la baie de MORLAIX.

SUIVI ECOLOGIQUE

Devant l'ampleur d'un tel sinistre, il était essentiel de mesurer le développement de la pollution en mer et d'évaluer les conséquences écologiques sur la faune et la flore marines.

Immédiatement après la nuit du naufrage de l'AMOCO CADIZ, le 17 mars, le Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie charge le CNEXO de préparer et de coordonner au niveau national un programme de suivi écologique pour évaluer l'impact de la pollution par hydrocarbures sur l'environnement marin. La région de BRETAGNE va montrer sa capacité à mettre en place un potentiel scientifique suffisamment important pour faire face aux multiples problèmes posés, grâce à la présence dans la région sinistrée de plusieurs organismes de recherche : Station Biologique de Roscoff, Université de Bretagne Occidentale, Centre Océanologique de Bretagne à Brest et Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes. Dès le 17 mars, les premières observations sur le développement de la pollution en mer et son impact écologique sont entreprises. En outre, plusieurs équipes scientifiques étrangères vont rapidement se joindre aux équipes françaises déjà sur place.

Parallèlement au programme de suivi écologique financé par le Ministère de l'Environnement, un accord particulier signé le 22 juin 1978 entre la NOAA (*) et le CNEXO fixe les modalités d'une collaboration franco-américaine pour l'étude des conséquences écologiques de la pollution de l'AMOCO CADIZ. Un comité scientifique commun CNEXO-NOAA est mis en place, en juillet 78, pour préparer et contrôler la réalisation d'un programme de recherche complémentaire de celui engagé sur le plan national. Le Comité supervise l'utilisation d'un fonds spécial de financement géré par la NOAA et comprenant notamment une contribution de 2 millions de dollars apportée par l'AMOCO Transport Co., filiale de la Standard Oil of Indiana.

Le coût global du suivi écologique de la marée noire sur un an, de mars 1978 à mars 1979 est évalué à 11,2 MF, réparti entre les crédits engagés par le Ministère de l'Environnement (2,7 MF), la Commission mixte CNEXO-NOAA (3,0 MF) et les apports en nature des organismes scientifiques (5,5 MF).

PLAN D'ETUDE DU PROGRAMME DE SUIVI ECOLOGIQUE

Le programme d'étude pour évaluer les conséquences écologiques de la pollution de l'AMOCO CADIZ peut être schématiquement divisé en 3 grandes parties :

1) Le suivi chimique des éléments polluants déversés dans l'eau de mer, les sédiments et les organismes marins, ainsi que la surveillance de la qualité de l'eau de mer. Cette partie comprend en outre une étude faisant appel à la télédétection pour suivre le développement de la pollution en mer et à la côte et dresser une cartographie des apports polluants. Des études régulières du contenu en hydrocarbures de la colonne d'eau, des sédiments et des organismes d'intérêt commercial ou non sont réalisées périodiquement pour suivre dans les différentes zones touchées l'état de pollution de l'environnement marin.

2) L'étude de l'impact écologique proprement dit. Le premier volet de cette étude a consisté en la collecte, l'identification et le comptage des animaux morts entre le 21 mars et la fin mai, pour dresser un bilan

(*) NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

écologique provisoire de l'ampleur des mortalités et des différentes espèces touchées par la pollution. Le second volet concerne l'étude à plus long terme des effets de la pollution sur les grandes communautés marines, notamment celles à caractère exploitable, et, dans un second stade, l'étude de la restauration des communautés affectées. Les principales communautés étudiées, qualitativement et quantitativement, sont :

- Le phytoplancton et le zooplancton au large et dans des zones semi-fermées, telles les abers,

- Les communautés algales, notamment les ceintures des grandes algues, et les communautés animales de fonds rocheux et de fonds meubles dans les zones intertidale et subtidale,

- Les espèces exploitées qui appartiennent dans les zones sinistrées à quatre types différents : les algues, les crustacés, les poissons et les huîtres.

Par ailleurs une étude plus spécifique est engagée sur la flore et la végétation côtière des prés salés et des marais maritimes du littoral nord-armoricain.

3) L'étude des processus microbiologiques est développée essentiellement au niveau de la collaboration franco-américaine. Le programme comprend l'étude de l'évolution dans le temps de quelques populations bactériennes en relation avec la dégradation du pétrole dans les sédiments intertidaux et subtidaux. Cette étude fondamentale pour mettre en évidence les processus de biodégradation du pétrole sera complétée d'une étude de simulation en laboratoire. Cette partie du programme a débuté récemment et aucun résultat significatif ne peut être apporté au stade actuel d'avancement des travaux.

Le présent document se propose de dresser, en janvier 1979, un bilan écologique, aussi actualisé que possible, des conclusions des travaux en cours sur la pollution de l'AMOCO CADIZ. Cette synthèse s'articulera sur 4 thèmes principaux :

- Etat du milieu : pollution de l'eau, du sédiment et des organismes,

- Bilan des mortalités et des espèces touchées. Impact écologique sur les communautés marines,

- Avenir, à court et long terme, des ressources halieutiques et conchylicoles,

- Aspects à long terme de l'évolution de la pollution des plages, des baies de MORLAIX et LANNION et des abers.

Il apparaîtra à la lecture du rapport un certain nombre de lacunes dans nos connaissances actuelles, parce qu'il est encore prématuré de répondre à certaines questions du fait que la majorité des cycles naturels doit être étudiée sur un an au moins. De plus, il est difficile de comprendre tous les phénomènes physiques, chimiques et biologiques liés à l'impact d'une telle pollution sur l'environnement marin.

1ère PARTIE : POLLUTION DU MILIEU MARIN

Le déversement de 223 000 tonnes de pétrole brut dans la mer, en l'espace d'une quinzaine de jours, a pollué un très large secteur de la Manche occidentale, au large et à la côte. Les très mauvaises conditions météorologiques, la position de l'épave de l'AMOCO CADIZ sur les hauts-fonds rocheux face à PORTSALL, ont empêché toute intervention humaine pour stopper ou limiter cet écoulement.

La contamination du milieu marin, qui en a résulté, est liée à la dispersion des hydrocarbures à la surface de l'eau de mer, à leur diffusion dans la colonne d'eau, à leur fixation sur le substrat sédimentaire et à leur évolution chimique. Ce comportement spatio-temporel est fonction de différents processus physiques, chimiques et biologiques propres à l'environnement lui-même et à la nature du pétrole déversé. A ces processus naturels, s'ajoutent ceux liés à l'action de lutte anti-pétrole, notamment l'utilisation de produits dispersants, agglomérants ou précipitants.

Par ailleurs la géomorphologie côtière et les courants de marée ont joué un rôle fondamental dans la pollution du littoral, définissant, sous l'effet conjoint des vents et des courants, des zones de convergence, vers lesquelles les nappes d'hydrocarbures venaient se fixer préférentiellement à la côte.

Les observations aériennes et sur le terrain au large et à la côte, le suivi chimique du développement de la pollution ont permis d'évaluer l'étendue de la zone marine et côtière touchée par la pollution de l'AMOCO CADIZ. Les données actuelles, encore partielles du fait que les études engagées ne sont pas arrivées à leur terme, permettent d'avoir une vue d'ensemble de l'évolution de la pollution par hydrocarbures, notamment dans les zones ayant été les plus gravement touchées.

I. NATURE DU PETROLE ET PREMIERES CONSEQUENCES

L'AMOCO CADIZ transportait un mélange de pétrole léger d'ARABIE (100 000 tonnes) et de pétrole léger d'IRAN (123 000 tonnes). Les caractéristiques de ces deux bruts sont très voisines.

TABLEAU I. COMPOSITION DES PETROLES BRUTS LEGERS D'ARABIE et D'IRAN

FRACTION DE DISTILLATION	ARABIE		IRAN	
	% du brut total	% de la fraction	% du brut total	% de la fraction
0 - 200° C dont { paraffines naphtènes Aromatiques	30	83 7 10	30	58 30 12
200 - 335° C dont { paraffines naphtènes aromatiques	27	57 20 23	25	50 25 25
Résidus au-dessus de 335° C dont { non aromatiques aromatiques	43	91 9	45	27 10
Aromatiques totaux	35		30	
% en soufre	1,7		1,33	
Densité (16° C)	0,851		0,854	
Viscosité à 21° C (cst)	8,2		8,6	

Il s'agit de deux pétroles bruts très fluides. Si on les compare par exemple à celui contenu dans le "BÖHLEN", accident pétrolier survenu en mer d'Iroise, en octobre 1976, on constate que ce dernier, provenant du VENEZUELA, avait une viscosité d'environ 19 000 centistokes à 38° C.

Autre élément comparatif, la teneur en asphaltes, produits presque polymérisés, est très faible : 0,5 % pour les hydrocarbures d'IRAN, 1 % pour ceux d'ARABIE. Pour le "BÖHLEN", la teneur en asphaltes était de 60 % à l'origine.

Par contre la teneur en aromatiques est élevée dans le cas de l'AMOCO CADIZ. Ces produits toxiques et peu biodégradables représentaient 30 à 35 % du total. Ce pétrole contient également une partie importante de paraffines, peu toxiques et facilement biodégradables.

Plusieurs conséquences découlent des caractéristiques physiques et chimiques de ce pétrole :

1) évolution primaire

La faible viscosité, la forte proportion des fractions légères des deux pétroles bruts déversés et l'état très agité de la mer ont favorisé le mélange des hydrocarbures dans la masse d'eau.

Le processus de dissolution des hydrocarbures dans l'eau a concerné essentiellement les produits légers, permettant ainsi aux fractions aromatiques les plus solubles de diffuser dans la colonne d'eau.

Le mélange rapide de l'eau de mer avec le pétrole a abouti à la formation d'émulsions inverses (1), brunâtres, particulièrement tenaces. Le pourcentage d'huile dans ces émulsions ("mousse") variait de

(1) Il existe deux types d'émulsions : l'émulsion directe, huile-dans-l'eau, peu stable naturellement et dont la formation est favorisée par la présence d'agents émulsionnants (détergents, dispersants) et l'émulsion inverse, eau-dans-l'huile, appelée communément "mousse au chocolat".

30 à 40 %. Les premières analyses chimiques sur ce type d'échantillons n'ont pas montré la présence de composés aromatiques polycycliques lourds (1). Par ailleurs, il était observé une diminution des teneurs pour les composés les plus volatils, aliphatiques et aromatiques, dans les échantillons d'huiles émulsionnées prélevés à plus de 2 km de l'épave du pétrolier.

Cette perte en produits légers a résulté essentiellement du phénomène d'évaporation. Les émanations de pétrole dans l'atmosphère ont été ressenties dans les jours qui ont suivi le naufrage non seulement par la population bordant le littoral touché, mais également par celle vivant à l'intérieur des terres, et même dans le FINISTERE-SUD, jusqu'à AUDIERNE, ce qui atteste de l'importance du phénomène. Il est difficile d'avancer des chiffres définitifs sur la quantité de pétrole évaporée. Le chiffre de 90 000 tonnes avancé sur la base de la composition chimique du pétrole semble pour certains une estimation excessive. En comparant les analyses chimiques détaillées des constituants de deux résidus de pétrole prélevés les 17 mars et 18 avril sur le même site de PORSPORDER, la quantité de pétrole relâchée dans l'atmosphère se situe plutôt entre 60 000 et 70 000 tonnes dont 40 000 tonnes d'aromatiques légers.

2) stratégie de lutte anti-pétrole

L'évaporation des fractions légères a conduit l'ISTPM à intervenir pour qu'aucun traitement par produits dispersants ne soit fait avant quelques jours afin d'éviter la fixation des hydrocarbures aromatiques légers et de permettre leur évaporation. Toutefois le processus de dissolution des hydrocarbures dans l'eau, compétitif à celui de l'évaporation, a pu entraîner une quantité non négligeable de produits légers dans la colonne d'eau. Par la suite, la dispersion des nappes a été entreprise à l'aide de dispersants des deuxième et troisième catégorie, en suivant les recommandations formulées par le Ministère de l'Environnement sur la base des avis de l'ISTPM, c'est-à-dire que le traitement a été effectué au large par des fonds de plus de 50 mètres.

3) Toxicité

Sur la base de la composition du pétrole brut, les effets toxiques immédiats du pétrole d'ARABIE ne devraient pas être élevés. La

(1) Ces composés sont formés de plusieurs noyaux benzéniques. Certains d'entre eux, comme le benzo-pyrène, sont reconnus comme étant cancérigènes.

présence non négligeable de naphtènes dans le brut d'IRAN ajoute selon certains auteurs un risque toxique, toutefois non évalué.

En fait, il est plus approprié de parler de toxicité résiduelle qui tient compte de l'évolution chimique du pétrole introduit dans le milieu marin. Très peu d'éléments d'appréciation sont disponibles. Un effet toxique de la fraction soluble du pétrole de l'AMOCO CADIZ, prélevé 18 heures après le naufrage, a été observé en laboratoire sur le taux de fécondation et le développement embryonnaire des moules. A concentrations équivalentes, il s'avérait que la toxicité résiduelle de la fraction pétrolière testée était plus faible que la toxicité du brut de KOWEIT (non altéré).

Ces données sont trop fragmentaires pour évaluer la toxicité réelle du pétrole de l'AMOCO CADIZ sur la faune et la flore marines. L'impact écologique immédiat d'une telle pollution sera évalué par un bilan des espèces touchées et des mortalités constatées, mais il ne sera pas possible de déterminer la part revenant à une toxicité directe du pétrole de celle correspondant à des processus d'engluement provoquant l'asphyxie sur les peuplements touchés, la première action jouant vraisemblablement un rôle plus important en zone subtidale.

II. POLLUTION DE LA MASSE D'EAU

1) évolution spatio-temporelle

L'écoulement de la quasi-totalité de la cargaison de l'AMOCO CADIZ s'est poursuivi sans interruption du 17 au 30 mars, date à laquelle les autorités décidaient le pétardement de l'épave pour libérer définitivement le reste de brut encore présent dans les cuves et procéder ainsi aux opérations de nettoyage des côtes polluées. En réalité des fuites résiduelles de l'épave seront observées plusieurs mois après, en juin et également en novembre 1978.

Schématiquement on constatera une phase de progression des nappes d'hydrocarbures durant la seconde quinzaine de mars, suivie d'une phase de stabilisation en avril. La phase de décontamination et d'évolution à long terme débutera en mai.

1-1 observations visuelles (fig.1)

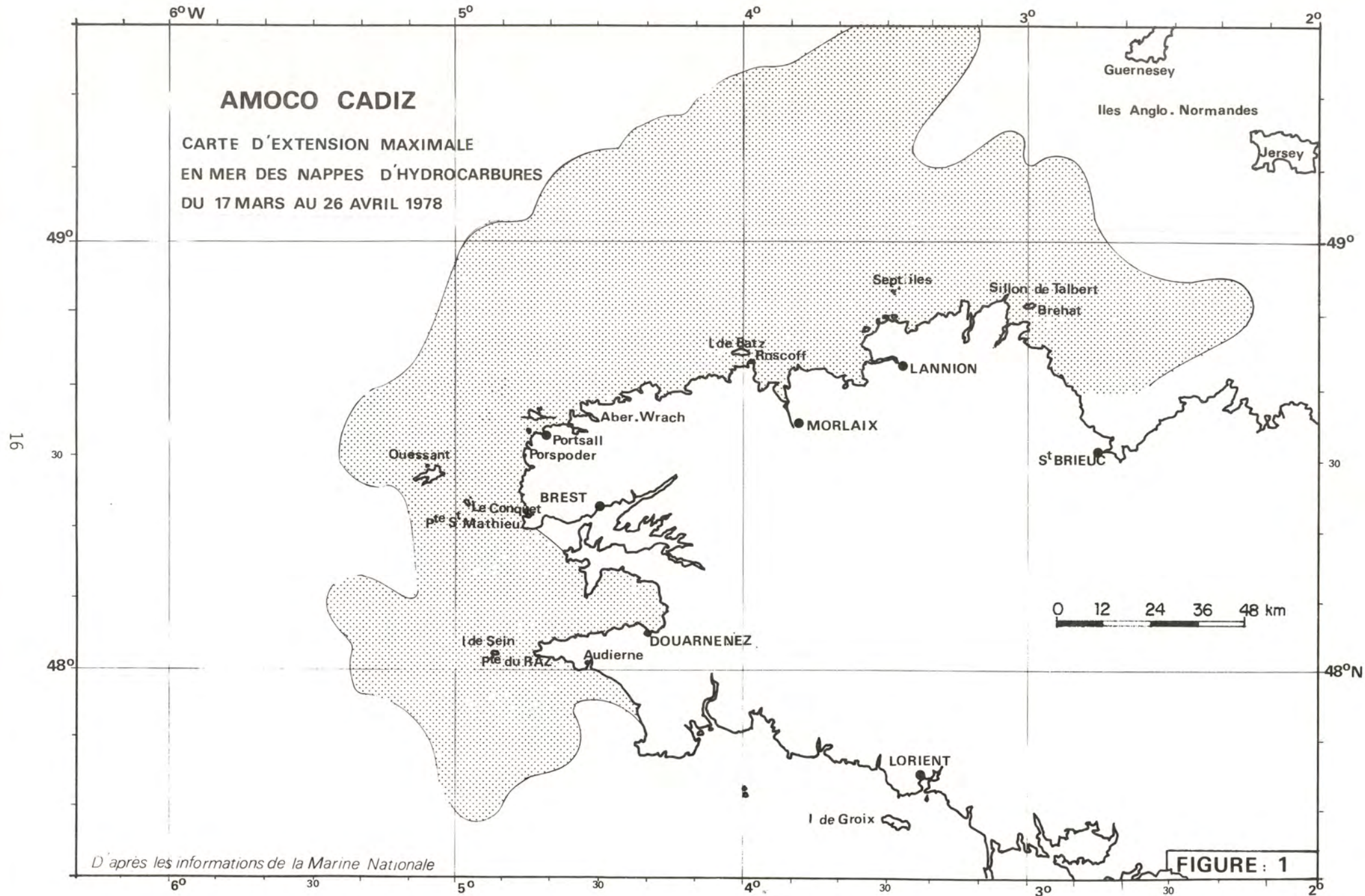
Les premières observations du déplacement des nappes d'hydrocarbures ont été réalisées en mars par télédétection (survol aérien). Les résultats obtenus étaient indispensables pour diriger avec efficacité les opérations de lutte : le traitement de nappes en mer, la protection de certains sites aquacoles et touristiques et le nettoyage des côtes.

L'évolution spatiale de la pollution durant cette période a été essentiellement contrôlée par les vents. Les vents d'ouest ont provoqué une dérive côtière rapide des nappes d'hydrocarbures vers la baie de St-BRIEUC et les Iles Anglo-Normandes. Les nappes ont atteint successivement l'ABER-WRACH (19 mars), ROSCOFF (20 mars), la baie de LANNION (21 mars), les SEPT-ILES (22 mars), le Sillon de TALBERT (23 mars). Au total, durant les quinze premiers jours, 350 km de côtes sont polluées de PORSPORDER (10 km à l'ouest de PORTSALL) au Sillon de TALBERT, limite ouest de la baie de St-BRIEUC.

Le tableau ci-après illustre la rapidité avec laquelle les nappes se sont répandues ; la vitesse moyenne de déplacement a été estimée à 1,5 km/heure pour le mois de mars.

TABLEAU I - EVOLUTION DE LA "PREMIERE VAGUE" DE LA POLLUTION

DATE	VENT		PROGRESSION DE LA POLLUTION
	DIRECTION	FORCE (km/h)	
Nuit du 16 au 17 mars 1978	NW	55	Echouement de l'AMOCO CADIZ
18 mars	N à NE	20	La nappe s'étend vers le Sud et atteint la pointe St MATHIEU, menaçant la rade de BREST
20 mars	W à NW	10 à 45	Le passage du vent du NE à l'W repousse les nappes vers le N.E., épargnant la rade de BREST. Le pétrole atteint ROSCOFF dans la nuit
21 mars	NW	45 à 55	Le pétrole arrive en baie de LANNION dans l'après-midi
23 mars	W puis NW	10 à 15	La côte nord de la BRETAGNE est touchée jusqu'au Sillon de TALBERT
Du 24 au 26 mars	NW à SW	10 à 55	Des nappes sont reprérees en baie de St-BRIEUC et à l'ouest des Iles Anglo-normandes
Du 27 au 31 mars	Sud à ouest	20 à 30	Déplacement des nappes vers le large Ces nappes proviennent soit directement de l'épave, soit du décollement des nappes déposées antérieurement à la côte.



En avril, les vents tournent et renversent le sens de la progression des nappes. LE CONQUET et OUESSANT sont légèrement touchés le 11 avril, Le Raz de SEIN le 13 avril, DOUARNENEZ le 22 avril. Les dernières nappes sont observées fin-avril début-mai entre la pointe St MATHIEU et la pointe du RAZ et quelques traces d'hydrocarbures atteignent le secteur de la baie d'AUDIERNE en mai.

1-2 suivi chimique

Les observations visuelles ont été complétées par un suivi chimique pour évaluer l'étendue et l'importance de la pollution par hydrocarbures dans l'eau de mer. Plusieurs campagnes océanographiques en mars, avril et mai, organisées par le CNEXO, ont permis d'assurer une large couverture d'échantillonnage sur l'ensemble de la Manche Occidentale, de BREST aux Iles Anglo-Normandes. Un suivi côtier, entre les abers et la baie de St-BRIEUC, a été ensuite assuré régulièrement pour observer l'évolution de la pollution.

Cette étude a permis de déterminer les limites géographiques (fig.2) de l'extension de la pollution pétrolière à J + 15 et à J + 30, la diffusion des hydrocarbures dans la colonne d'eau et l'évolution des teneurs en hydrocarbures dans l'eau de mer d'avril à septembre 1978. Les concentrations moyennes observées par spectrofluorométrie figurent dans le tableau II.

Trois conclusions se dégagent au terme du suivi chimique de la pollution par hydrocarbures dans l'eau de mer :

- extension de la pollution : on obtient les mêmes conclusions que celles données par télédétection, à savoir que :

Quinze jours après l'échouage de l'AMOCO CADIZ, la pollution des eaux s'étend jusqu'à la baie de St-BRIEUC comprise. A l'ouest, la limite se situe au niveau du méridien 5° W et au nord, environ au parallèle 49°20' N.

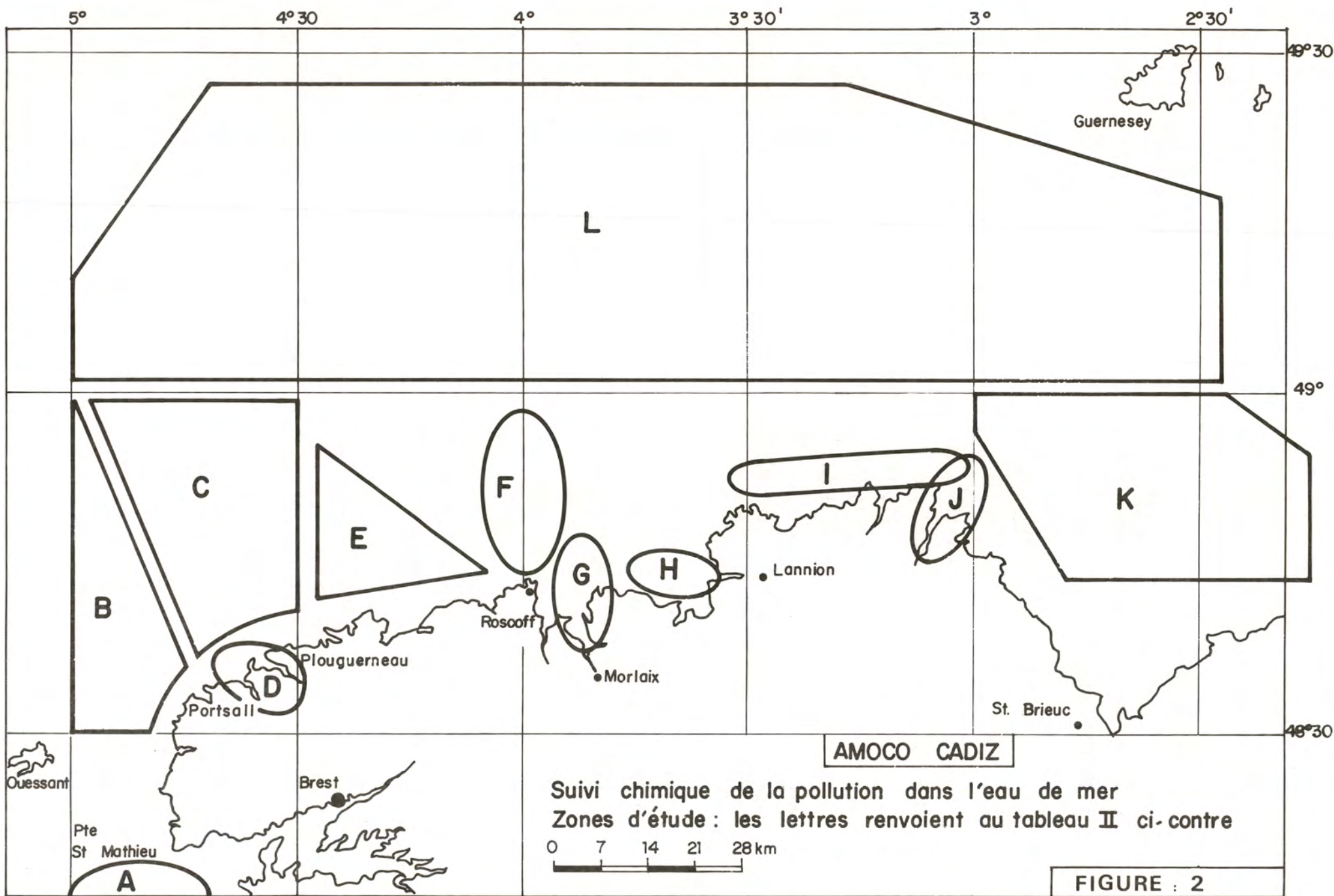


TABLEAU II - EVOLUTION DES TENEURS MOYENNES EN HYDROCARBURES ($\mu\text{g/l}$) DANS L'EAU DE MER DE SURFACE,

EN DIFFERENTS SECTEURS DE LA MANCHE OCCIDENTALE D'AVRIL A SEPTEMBRE 1978

SECTEUR	TENEURS MOYENNES D'HYDROCARBURES ($\mu\text{g/l}$) \pm ECARTS - TYPE					
LOCALISATION	Notation	30 mars-4 avr.	13-18 avril	10-19 mai	12-15 juin	6-9 septembre
Mer d'Iroise	A		$1,8 \pm 0,8$			
A l'Ouest de PORTSALL	B	$0,9 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,9$			
A l'Est de PORTSALL	C	$21,7 \pm 36,3$	$9,1 \pm 8,6$	$1,1 \pm 0,6$		
Zone des abers	D	120 (fin mars)	$38,9 \pm 6,7$	$10,2 \pm 6,6$	$2,2 \pm 1,3$	$5,1 \pm 1,6$
Entre PLOUGUERNEAU et ROSCOFF	E		$15,6 \pm 21,2$			
Radiale N face à ROSCOFF	F	$17,2 \pm 15,3$	$4,8 \pm 2,4$	$8,0 \pm 1,7$		
Baie de MORLAIX	G		$11,5 \pm 5,1$	$5,0 \pm 0,5$	$3,0 \pm 0,6$	$3,6 \pm 0,1$
Baie de LANNION	H		$10,7 \pm 3,0$	$7,3 \pm 4,8$	$2,7 \pm 0,8$	$4,8 \pm 3,9$
Entre les SEPT-ILES et LE TRIEUX	I		$5,2 \pm 0,8$	$1,8 \pm 0,5$	$0,8 \pm 0,5$	$19,9 \pm 7,7$
Zone du TRIEUX	J		$3,9 \pm 0,8$	$1,7 \pm 1,0$	$0,8 \pm 0,8$	$16,3 \pm 13,1$
Baie de St BRIEUC	K	$4,8 \pm 2,5$	$1,0 \pm 0,5$			
Au large, au-delà du 49 ^e parallèle	L	$2,1 \pm 1,2$	$1,6 \pm 0,5$			

Teneurs observées : ($< 1 \mu\text{g/l}$: absence de pollution
 (par spectrofluorométrie) ($1-2 \mu\text{g/l}$: absence ou très faible pollution
 ($> 2 \mu\text{g/l}$: pollution par hydrocarbures

(Ces résultats représentent les analyses de 190 échantillons d'eau de mer de surface)

Un mois après le 15 avril, la baie de St BRIEUC ne présente plus de pollution significative. La limite Est peut être fixée au niveau du Sillon de TALBERT. Par contre, une légère augmentation des teneurs en hydrocarbures est enregistrée à l'ouest de PORTSALL et des traces de pollution sont observées en mer d'Iroise. Le 49^e parallèle N. constitue schématiquement la limite nord. Les plus fortes teneurs sont observées dans la région des abers et dans les baies de MORLAIX et de LANNION.

- diffusion des hydrocarbures dans la colonne d'eau

Toutes les analyses sur les échantillons d'eau de mer prélevés à différentes profondeurs indiquent que l'ensemble de la colonne d'eau, de la surface au fond, a été contaminée par les hydrocarbures. Cette diffusion verticale laisse présager dès cette époque une possibilité de pollution des fonds marins dans les secteurs atteints par la dérive des nappes. Ce phénomène de diffusion semble avoir été très rapide car on constate une homogénéité verticale des teneurs observées pour chaque masse d'eau d'un site de prélèvement à un autre.

- évolution de la pollution de mars à septembre 1978

Une décroissance systématique, généralement rapide, des teneurs en hydrocarbures dans l'eau de mer de surface, est observée d'avril à juin 1978. Une exception apparaît à la mi-mai, en face de ROSCOFF.

La pollution des eaux de surface semble persister en juin essentiellement dans le secteur des abers et des baies de MORLAIX et de LANNION.

En septembre, phénomène dont on ignore la réelle causalité, il apparaît une augmentation des teneurs sur l'ensemble de la zone côtière et particulièrement à l'est de la baie de LANNION, entre les SEPT-ILES et l'embouchure de la rivière du TRIEUX. Cette augmentation peut être provoquée, soit par la remise en suspension dans la masse d'eau de pétrole piégé à la côte, soit par un déballastage frauduleux en mer.

2) biodégradation des hydrocarbures dans l'eau de mer

Parallèlement au suivi chimique de la présence des hydrocarbures dans l'eau de mer, la répercussion de la pollution sur la qualité du milieu marin a été observée par l'analyse de plusieurs paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques : salinité, température, oxygène dissous, sels nutritifs, chlorophylle et phaéopigments.

Deux anomalies significatives ont été observées, à la fin mars, dans un secteur de 20 à 30 km de diamètre au voisinage de PLOUGUERNEAU : d'une part, une désoxygénation de l'eau, d'autre part un déficit en azote et phosphore. Les analyses de silicium et de chlorophylle montrent, par ailleurs, que ces anomalies ne peuvent être en aucun cas imputables au phytoplancton essentiellement constitué, à cette époque de l'année, de diatomées à carcasse siliceuse.

Ce phénomène, localisé au nord de PLOUGUERNEAU, s'est poursuivi jusqu'à la mi-avril. Il est attribué à une bio-dégradation des hydrocarbures dans l'eau de mer par action des micro-organismes, consommant en même temps de l'oxygène et des sels nutritifs.

Quantitativement, cette dégradation biologique a été plus forte près de la côte, plus faible au large ; en outre elle décroît lorsque la profondeur augmente. En surface et près de la côte, où les apports d'hydrocarbures ont été les plus importants pendant les deux semaines qui ont suivi le naufrage, les valeurs maximales étaient de l'ordre de 0,4 mg/l de pétrole dégradé ; au fond, de 0,2 mg/l.

L'estimation de la quantité d'hydrocarbures biologiquement dégradés en pleine mer en deux semaines a représenté une masse non négligeable d'environ 6 000 à 12 000 tonnes de pétrole.

III. POLLUTION DE LA COTE

La pollution de la côte est très variable d'un point à un autre. Indépendamment de l'effort considérable de nettoyage qui a été fourni, le degré de pollution est fonction du type de côte et de son orientation par rapport aux vents et aux courants. Du point de vue géomorphologique, le littoral breton peut être classé schématiquement selon les types suivants : côtes rocheuses, plages, marais et abers. Chacune de ces catégories de côtes a réagi très différemment non seulement à la pollution mais aussi à la dépollution.

1) côtes rocheuses

Les côtes rocheuses, orientées aux vents de secteur ouest ont été très polluées dès les premiers jours après l'échouage de l'AMOCO CADIZ. Mais ces zones, battues par les vagues ont été très rapidement nettoyées. Par contre les secteurs de la côte tournés à l'est ont été pollués à partir du 2 avril, lorsque les vents ont changé de direction : compte-tenu de leur orientation, à l'abri des vents dominants, ces zones n'ont pas été auto-nettoyées. Les hydrocarbures restent piégés aussi dans les anfractuosités des rochers et dans la partie supérieure de l'estran, rarement atteints par les vagues. Malgré le grand nombre de kilomètres de côtes polluées, de nombreux secteurs ont retrouvé un aspect propre grâce au nettoyage intensif dont ils ont fait l'objet, soit du fait de l'action des éléments, soit du fait de l'homme.

2) plages

L'accident de l'AMOCO CADIZ est arrivé à une époque correspondant à une accumulation naturelle de sable sur les plages par suite des variations saisonnières dans les conditions hydrodynamiques. Ce phénomène a eu comme conséquence de provoquer l'interstratification de couches d'hydrocarbures dans le sable. (fig.3). Ces dépôts peuvent avoir quelques centimètres d'épaisseur et être enfouis jusqu'à 1 mètre de profondeur.

Les plages se comportent donc comme un piège naturel pour les hydrocarbures et, par voie de conséquence, comme une source de pollution secondaire (fig.3). Pour lutter contre ce type de pollution, différents procédés ont été utilisés pour labourer les plages et favoriser ainsi la remise en suspension des hydrocarbures dans l'eau de mer. Malgré cela, les plages restent souvent polluées en profondeur sous deux formes :

- irrisations à la surface de l'eau qui apparaît quand on creuse un trou,
- accumulation sous forme de minces couches qui étaient trop profondes pour pouvoir être atteintes par des moyens mécaniques de nettoyage.

On peut espérer que ce nettoyage en profondeur est en cours actuellement du fait du processus d'amaigrissement des plages, conséquence du plus grand nombre de tempêtes pendant l'hiver. C'est donc seulement en avril ou mai qu'un bilan pourra être fait sur l'état de pollution en profondeur des plages.

En ce qui concerne la surface des plages, la plupart sont propres.

3) marais et abers

Ces zones sont, en général, bien abritées des vents et des courants et, en cas de pollution, l'auto-nettoyage par des processus naturels est très faible. Or de telles zones de la côte bretonne ont été très sévèrement polluées, (ABER-BENOIT, ABER-WRACH, Marais de l'ILE GRANDE), d'autant que cette pollution s'est produite lors d'une grande marée et a donc atteint des zones qui ne sont que rarement recouvertes par la mer.

Des efforts considérables ont été faits pour nettoyer ces zones, tout en essayant de préserver le milieu naturel. A l'ILE GRANDE, sur 7 000 tonnes de pétrole qui avaient atteint ces marais, plus de 4 000 tonnes avaient été enlevées à la fin du mois d'avril. Malgré cela, cette région reste toujours polluée et ceci pour de nombreuses années.

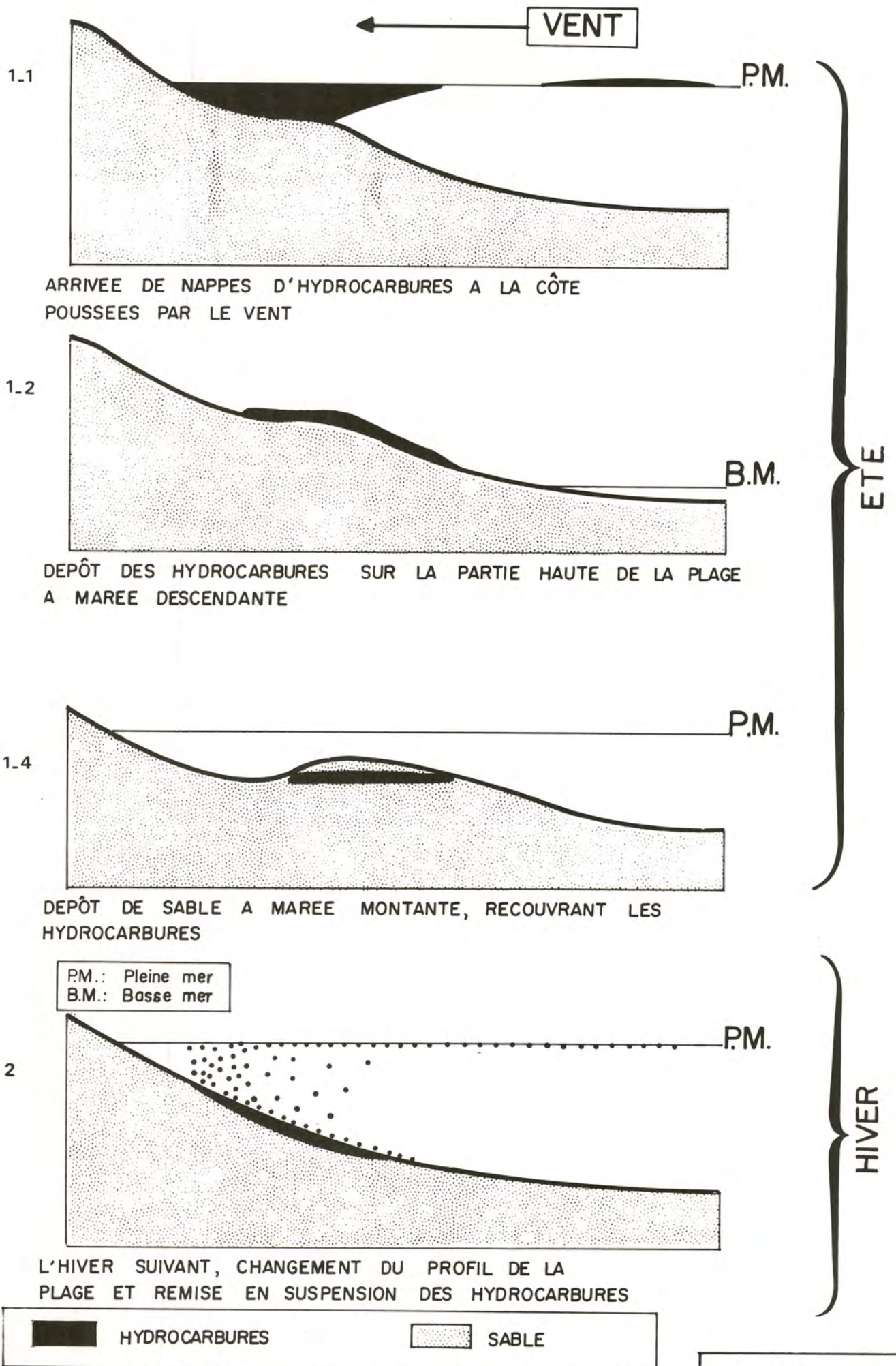


FIGURE : 3

4) situation actuelle (fig.5)

A l'entrée de l'hiver, avant les grandes tempêtes qui devraient contribuer au nettoyage, les principaux secteurs encore pollués sont :

- 1) PORTSALL, embouchure des abers, presque île Ste-MARGUERITE,
- 2) Côte Sud de l'île de BATZ,
- 3) Pointe de PRIMEL,
- 4) Pointe de l'ILE GRANDE.

Le tableau ci-dessous met en évidence le nettoyage de la côte.

TABLEAU III - EVOLUTION DE LA POLLUTION DU LITTORAL ENTRE St-MATHIEU ET LE TALBERT

Date	Quantité de pétrole à la côte (estimée) en tonnes	Etat de pollution du littoral (fraction par rapport à la longueur totale)		
		Très fort %	Moyen %	Propre %
Fin mars (état maxi)	64 000	48	43	9
26 mai	11 000	30	34	36
14 nov.	Trop faible pour être estimé	15	43	42

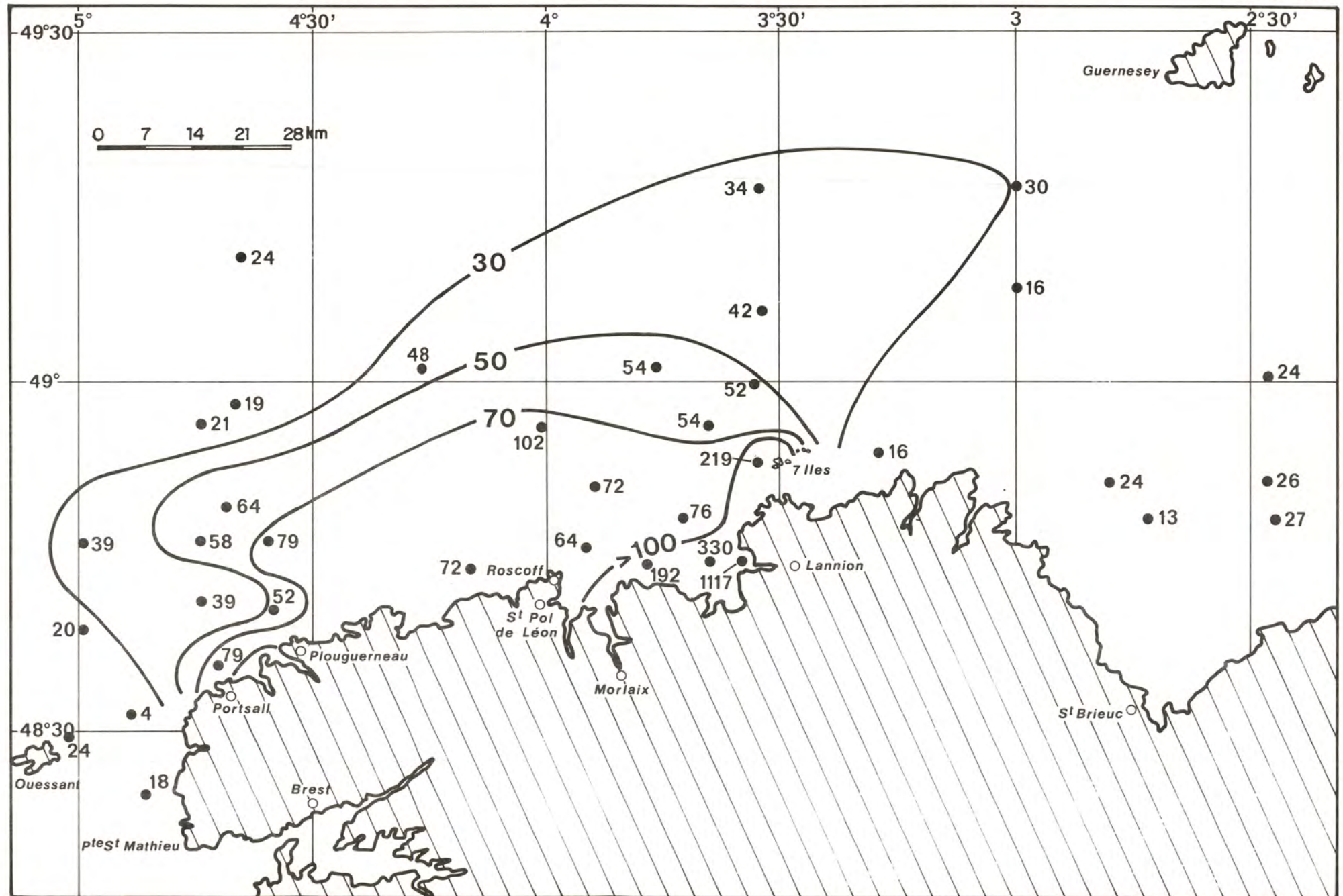
IV. POLLUTION DES FONDS MARINS

La dispersion des hydrocarbures sur une très large zone, leur diffusion en profondeur laissaient présager, dès le premier mois, une pollution des fonds sédimentaires et rocheux dans les secteurs touchés par la dérive des nappes. Par ailleurs, la décroissance généralement rapide des

POLLUTION DES FONDS MARINS (AVRIL 1978)
 TENEURS EN HYDROCARBURES (p.p.m) DANS LES SEDIMENTS

FIG: 4

CNEXO-COB



teneurs en hydrocarbures dans l'eau de mer de surface montre que celle-ci a joué un rôle de transfert de la pollution de la surface vers le fond.

Il était essentiel de contrôler l'état de pollution des fonds marins et d'en suivre l'évolution dans le temps.

L'effort a consisté dans un premier temps en une large couverture d'échantillonnage en MANCHE occidentale, identique à celle réalisée pour les échantillons d'eau de mer, dans un second temps à un suivi régulier dans les zones les plus fortement polluées, essentiellement les deux abers : ABER-BENOIT, ABER-WRACH, et les baies de MORLAIX et de LANNION.

Les éléments analytiques dont nous disposons actuellement concernent essentiellement les dosages d'hydrocarbures totaux dans le sédiment. Ces résultats ne permettent pas de cerner pleinement l'importance et la nature de la pollution sédimentaire, compte-tenu du fait que les sédiments contiennent eux-mêmes des hydrocarbures naturels et que ce taux naturel varie avec la nature du substrat sédimentaire (sable, vase...). Des analyses chimiques plus détaillées, actuellement en cours, compléteront les premiers éléments d'information.

1) pollution des fonds marins en avril 1978 (fig.4)

Les sédiments prélevés en MANCHE occidentale à la mi-avril contiennent de 10 à 1 100 ppm (1) d'hydrocarbures (mg/kg de sédiment). Les résultats obtenus indiquent une pollution du milieu sédimentaire jusqu'à des fonds supérieurs à 50 m, sur une zone que l'on peut limiter au nord par le 49^e parallèle, à l'ouest par une radiale face à PORTSALL et à l'est par celle face aux SEPT-ILES. Cette zone est sensiblement la même que celle correspondant à la pollution des eaux de surface. Les teneurs observées reflètent assez bien le sens de progression des nappes d'hydrocarbures. Devant PERROS-GUIRREC, un gradient est observé de la côte vers le large (213 ppm, 52 ppm, 42 ppm, 34 ppm). Au niveau du 49^e parallèle, d'ouest en est, on observe un gradient croissant et décroissant : 21 ppm (face à PORTSALL), 48 ppm, 102 ppm (face à ROSCOFF), 54 ppm, 52 ppm (face aux SEPT-ILES), 24 (face à la baie de St-BRIEUC). Les plus fortes teneurs sont observées dans les baies de MORLAIX et de LANNION (64 à 1 100 ppm).
.../...

(1) En matière de pollution, pour exprimer des concentrations, il est courant d'utiliser des termes de dilution : ppm (partie par million - 10^6) ; ppb (partie par milliard - 10^9).

2) pollution et évolution des zones les plus gravement touchées

2.1 les abers

L'ABER-BENOIT et l'ABER-WRACH constituent de véritables petits systèmes estuariens, de 10 à 15 km de long, de 1 km de large au maximum, comprenant des zones de sable et des zones de vase. Les deux abers représentent des sites privilégiés en tant que zones d'exploitation conchylicole et à potentiel aquacole. Dès les premiers jours qui suivirent le naufrage de l'AMOCO CADIZ des quantités très importantes de pétrole pénétrèrent dans les deux abers.

Dans l'ABER-BENOIT et l'ABER-WRACH, les dosages d'hydrocarbures dans l'eau montrèrent une homogénéité relative sur toute la tranche d'eau et sur toute la longueur de l'estuaire. Le piégeage des hydrocarbures dans les sédiments de vase et de sable était confirmé par analyses chimiques. Les teneurs observées étaient, fin mars, toujours supérieures à 100 ppm, dépassaient 1 000 ppm, parfois 10 000 ppm sur certains échantillons. Des dépôts importants étaient observés jusqu'au fond des deux abers. L'analyse de carottes fait ressortir une percolation du pétrole dans le sédiment, au moins jusqu'à 30 cm (longueur des carottes). Les analyses ultérieures ne montrent pas d'évolution significative et il est vraisemblable que le pétrole restera présent très longtemps dans ces zones protégées et de basse énergie. L'absence ou la faiblesse du processus de décontamination naturelle du pétrole piégé dans les fonds sableux ou vaseux indique que les deux abers représentent actuellement et pour un futur non déterminé, la zone la plus atteinte par la pollution de l'AMOCO CADIZ. La persistance de cette pollution maintiendra un déséquilibre au niveau des communautés naturelles vivant dans cette zone, notamment les nurseries de poissons plats.

2.2 baies de MORLAIX et de LANNION

Dès le début avril, les premières observations chimiques montraient que les sédiments des baies de MORLAIX et de LANNION étaient pollués, parfois par plus de 30 m de profondeur. En mai, ces données préliminaires étaient confirmées visuellement par télévision sous-marine : il était

observé dans la baie de MORLAIX des dépôts discontinus noirs formés d'un mélange d'hydrocarbures et de fines particules de sédiment pouvant se déplacer sous l'effet des courants de fonds. Les prélèvements effectués par plongeurs et analysés donnaient des teneurs allant jusqu'à 6 à 7 g d'hydrocarbures par kg de sédiment (6 à 7 000 ppm).

Une cartographie de la pollution des fonds sédimentaires des baies de MORLAIX et de LANNION montrait, en été 78, quatre zones d'accumulation : en baie de MORLAIX, le chenal de la rivière de PENZE, le chenal de la rivière de MORLAIX et au nord de PRIMEL ; en baie de LANNION, schématiquement le fond de la baie limité par une ligne joignant la pointe BEG AN FRY et le marais de l'ILE GRANDE. Dans cette dernière zone, les plus fortes teneurs étaient observées dans le banc de maërl de la baie de TREBEURDEN. Les concentrations d'hydrocarbures relevées dans ces 4 zones étaient généralement supérieures à 50 ppm et 100 ppm et pouvaient dépasser 500 ppm sur certains échantillons.

En novembre 78, un processus de décontamination est observé en baie de MORLAIX. Il est très nettement perçu au nord de PRIMEL. Une diminution significative des teneurs en hydrocarbures dans les sédiments est notée en PENZE et en rivière de MORLAIX. Par contre, même si l'on observe une amorce de décontamination, le fond de la baie de LANNION reste largement pollué à la fin de l'année 78.

Les mesures de courant effectuées dans ce secteur côtier fournissent un premier élément explicatif de cette évolution plus rapide en baie de MORLAIX qu'en baie de LANNION. Elles montrent en effet un renouvellement des eaux de la baie de MORLAIX assez rapide, ceci grâce à une dérive côtière générale, d'ouest en est qui fait converger les eaux vers le fond de la baie de LANNION.

POLLUTION DES FONDS MARINS

Zone géographique	Date d'observation	Secteurs pollués	Teneurs observées (en ppm)	Evolution durant 1978
<u>Cadre général :</u> MANCHE Occidentale	Avril 1978	Limite ouest : face à PORTSALL Limite est : face aux SEPT_ILES Limite nord : 49 ^e parallèle	m : 97 ± 80 ppm	Décontamination au large et à la côte des zones de haute énergie Persistance en zones côtières d'accumula- tion
<u>Zones côtières d'accumulation</u> 1. ABER BENOIT, ABER WRACH	Mars-mai 78	Sites abrités de faible énergie, très gravement pollués	Toujours > 100 ppm Souvent > 1000 ppm Parfois > 10000 ppm	Absence de processus de décontamination notable
2. Baie de MORLAIX	Juillet-août 78	- Chenal de la rivière PENZE - Chenal de la rivière de MORLAIX - Nord de PRIMEL	De plus de 50 ppm à plus de 100 ppm Parfois > 500 ppm	Processus de déconta- mination en cours Décontamination très prononcée
3. Baie de LANNION	Juillet-août 78	Fond de la baie limi- té par une ligne BEG AN FRY Marais de l'ILE-GRANDE	Idem que baie de Morlaix	Décontamination très faible - Persistance d'une pollution sédi- mentaire

V. CONCLUSIONS

Au terme de l'ensemble des observations réalisées en 1978 pour suivre l'état et l'évolution de la pollution du milieu marin à la suite du naufrage de l'AMOCO CADIZ, 6 conclusions générales peuvent se dégager en ce début de l'année 1979.

1 - La nature du pétrole déversé a favorisé une intense évaporation des fractions légères dans l'atmosphère (de 60 000 à 90 000 tonnes) et un mélange rapide des hydrocarbures dans la masse d'eau par dissolution et formation d'émulsions.

2 - L'évolution spatiale de la pollution a été essentiellement contrôlée par les vents. L'extension de la pollution des eaux a couvert, dans le premier mois, un très large secteur de la Manche Occidentale limité schématiquement d'ouest en est par OUESSANT et la baie de St-BRIEUC, au nord par le 49^e parallèle. Les teneurs en hydrocarbures dans l'eau de mer ont très rapidement diminué pour revenir à la normale 3 mois après le naufrage de l'AMOCO CADIZ, à l'exception toutefois de certaines zones côtières notamment celle des deux abers et de l'ensemble constitué par les baies de MORLAIX et de LANNION.

3 - La diffusion des hydrocarbures dans la tranche d'eau et l'évolution des teneurs montrent que l'eau de mer a joué un rôle d'agent de transfert de la pollution vers les fonds marins. Au cours de ce transfert, une quantité notable de pétrole a été dégradée biologiquement, le phénomène a été directement observé durant les quinze premiers jours au Nord de PLOUGUERNEAU et la quantité d'hydrocarbures biodégradés a été estimée dans ce secteur comme étant de l'ordre de 6 000 à 12 000 tonnes.

4 - Ce transfert en profondeur a pollué les fonds sédimentaires de la côte et du large dans les zones touchées par la dérive des nappes. Les zones de forte accumulation ont été localisées dans le secteur côtier, dans les deux abers (ABER-BENOIT, ABER-WRACH) et dans l'ensemble constitué par la baie de MORLAIX et la baie de LANNION.

5 - la décontamination des fonds marins a évolué favorablement dans les zones de haute énergie. Les sédiments de la baie de MORLAIX se décontaminent progressivement, le chenal de la rivière de MORLAIX et celui de la PENZE restent encore pollués. La décontamination des sédiments du fond de la baie de LANNION est, par contre, beaucoup plus lente. Le piégeage très important des hydrocarbures dans le sédiment, sableux et vaseux des deux abers (ABER-BENOIT - ABER-WRACH) n'a peu ou pas évolué ; La contamination de ce secteur représente à l'heure actuelle l'un des problèmes majeurs à long terme de la pollution de l'AMOCO CADIZ.

6 - à la côte, les secteurs rocheux exposés ont retrouvé un aspect généralement propre, à l'exception toutefois de poches résiduelles dans les anfractuosités des rochers et dans la partie supérieure de l'estran, rarement atteint par les vagues.

De nombreuses plages sont encore polluées, en profondeur. On peut espérer que le processus d'amaigrissement en hiver favorisera l'auto-nettoyage en profondeur.

Les abers et les marais maritimes (SANTEC, ILE GRANDE), secteurs bien abrités où l'auto-nettoyage est par conséquent très faible, restent toujours très pollués.

7 - bilan massique. Il est très difficile d'évaluer quantitativement la dispersion des hydrocarbures dans l'environnement, car un grand nombre de paramètres physiques, géochimiques et biologiques sont intervenus à partir du moment où le pétrole a commencé à se répandre en mer. Par ailleurs, de nombreuses inconnues subsistent. Par exemple, si la pollution des fonds marins est mise en évidence, on ignore actuellement sur quelle profondeur le pétrole a pénétré dans les sédiments, et quelle est la part de l'activité des micro-organismes et la part de la dispersion physique dans le processus de décontamination.

Les chiffres présentés dans la figure 5 correspondent à des ordres de grandeur. Ils sont donnés dans l'hypothèse la plus favorable, c'est-à-dire à un taux maximum d'évaporation dans l'atmosphère (90 000 tonnes). Par rapport aux 223 000 tonnes de la cargaison de l'AMOCO CADIZ, 69 000 tonnes d'hydrocarbures ont été dispersées dans le milieu marin et 64 000 tonnes ont atteint la côte durant les quinze premiers jours. Fin avril, il ne restait à la côte que 11 000 tonnes. Compte-tenu de la quantité de pétrole récupéré, de l'ordre de 20 000 tonnes, les processus d'auto-nettoyage (vagues, marées) ont remis en suspension dans le milieu marin 33 000 tonnes.

Si l'on admet qu'environ 10 000 tonnes de pétrole ont été dégradés biologiquement dans la masse d'eau pendant le premier mois, il apparaît un total de 92 000 tonnes de pétrole dispersé dans le milieu marin et piégé dans les fonds sédimentaires à la fin avril.

Rappelons que toutes les valeurs résultent d'estimations qui peuvent s'éloigner sensiblement de la réalité.

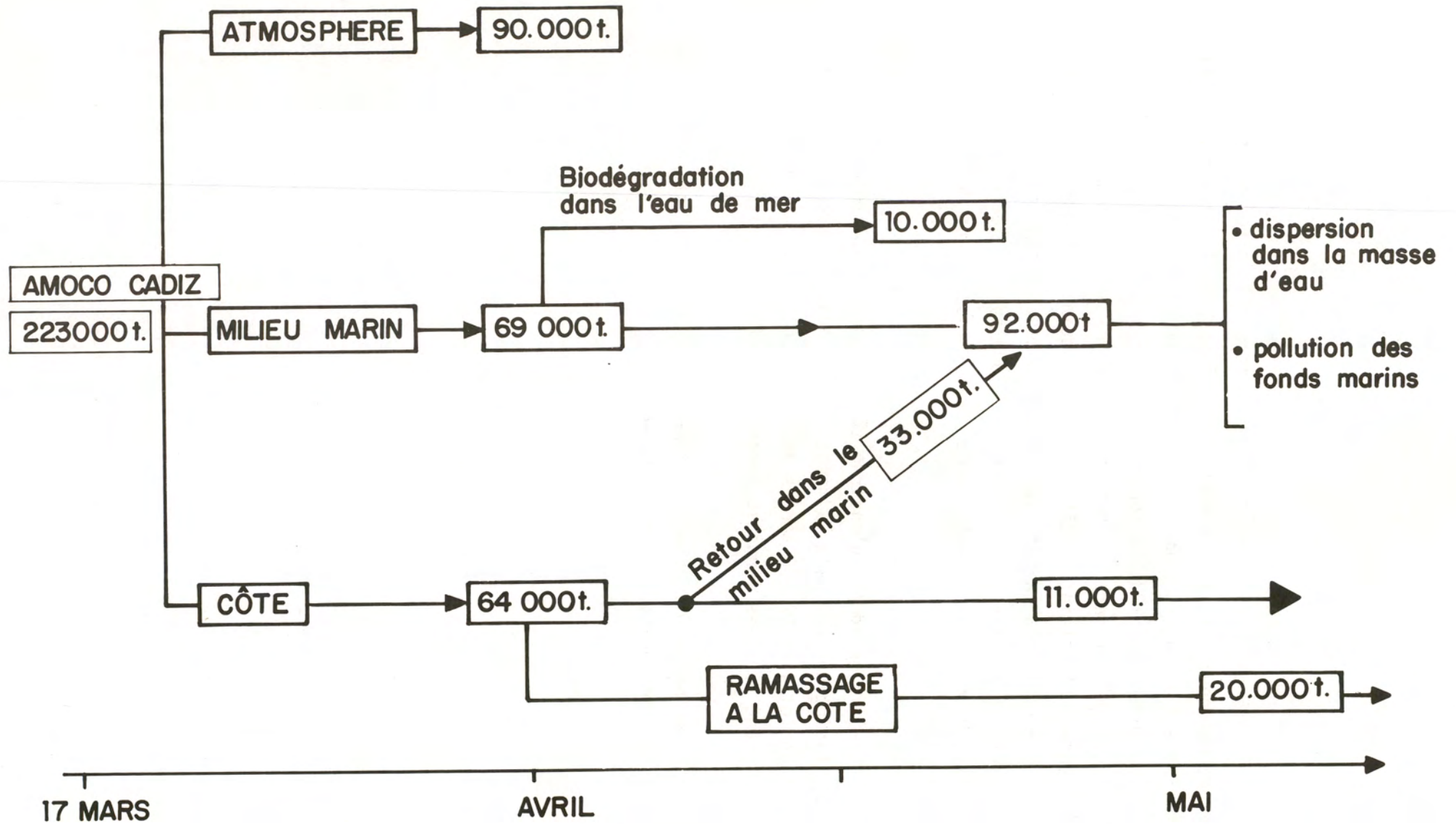


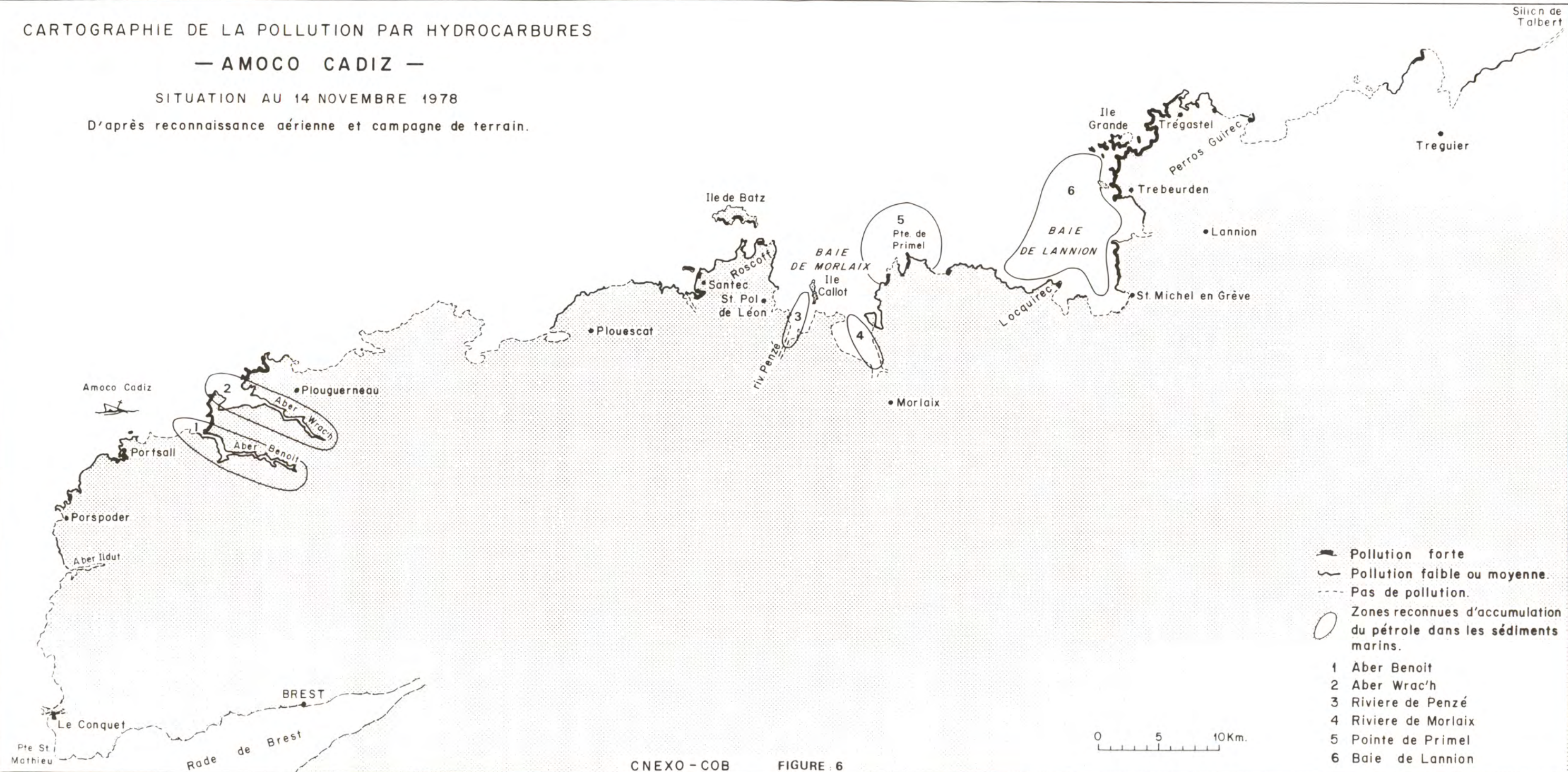
Fig: 5

CARTOGRAPHIE DE LA POLLUTION PAR HYDROCARBURES

— AMOCO CADIZ —

SITUATION AU 14 NOVEMBRE 1978

D'après reconnaissance aérienne et campagne de terrain.



2è PARTIE - IMPACT SUR LES COMMUNAUTES NATURELLES

Les études ont porté sur trois domaines : la faune des oiseaux, la faune et la flore de la masse d'eau (plancton et poissons de pleine eau), celle des fonds marins.

I. LA FAUNE DES OISEAUX MARINS

Les nappes d'hydrocarbures se sont répandues autour de la réserve des SEPT-ILES où nichent un grand nombre d'espèces d'oiseaux marins. Plus de 4 500 oiseaux englués ont été ramenés sur les plages du nord-ouest de la FRANCE et sur les côtes des Iles Anglo-Normandes en mars 1978. Les macareux ont été les plus sévèrement touchés par la pollution (1 391 cadavres ont été dénombrés), viennent ensuite les petits pingouins (978 cadavres), les guillemots (731 cadavres), les plongeurs (126 cadavres). 33 espèces d'oiseaux marins et terrestres ont été atteintes.

Les mortalités se sont poursuivies au-delà du mois de mars ; on estime qu'un minimum de 3 450 oiseaux ont péri après cette date pour le seul département du FINISTERE. D'une manière générale il semble que la mortalité calculée à partir des collectes de cadavres soit fortement sous-évaluée. Une expérience de lâcher de cadavres marqués a prouvé qu'environ 1/3 seulement des oiseaux morts en mer étaient susceptibles d'être retrouvés échoués sur les plages et répertoriés.

Il semble que ce ne soit pas seulement les individus nichant sur nos côtes qui aient été atteints par la pollution ; ainsi nombre de macareux, petits pingouins et guillemots morts avaient été marqués en GRANDE-BRETAGNE et en IRLANDE. On pense qu'il s'agissait en grande partie d'oiseaux de passage en période de mue, donc ne pouvant voler. La plupart des cormorans et plongeurs par contre appartenaient à des populations autochtones.

Il semble qu'il y ait eu une réaction de fuite de certaines espèces, en particulier des voiliers : mouettes, goélands, fous de bassan ; ceci explique le nombre relativement faible de cadavres de ces oiseaux (186 et 76 respectivement) trouvés sur les plages.

Les efforts déployés par la Société pour l'Etude et la Protection de la Nature en BRETAGNE et la Ligue pour la Protection des Oiseaux ont été considérables. Ils ont permis d'évaluer avec une grande exactitude l'importance des effets des pollutions. Un très faible pourcentage des oiseaux traités dans les centres d'accueil a survécu une fois relâchés en dépit des soins prodigués.

L'impact a été toutefois relativement moins important que pour le TORREY CANYON ; on estime qu'environ 0,1 oiseau par tonne de pétrole a péri après le naufrage de l'AMOCO CADIZ, alors que ce chiffre était de 0,7 pour le TORREY CANYON.

II. LA FAUNE ET LA FLORE DE LA MASSE D'EAU

Les effets des hydrocarbures sur les organismes du plancton sont particulièrement difficiles à évaluer. Le milieu de la masse d'eau est naturellement très variable, au cours des années et au cours des saisons de sorte qu'il faudrait faire référence à de longues séries d'observations au cours du temps pour décider si les anomalies observées sont directement imputables aux pollutions.

En ce qui concerne le plancton végétal, les analyses de la chlorophylle et de ses produits de dégradation dans l'eau de mer n'ont pas permis de déceler de perturbations très notables entre 2 et 4 semaines après l'échouage. Des niveaux anormalement bas d'oxygène dissous dans l'eau de mer ont par contre été mis en évidence et sont susceptibles d'avoir affecté le plancton animal. Il semble qu'il y ait eu un retard dans la poussée printanière de plancton animal ; des chutes de production ont été observées surtout à l'ouest, dans les fonds de baie (LANNION) et à proximité de l'épave dans les abers. Dans les abers un déficit en biomasse (poids d'individus par unité de volume) s'accompagnait d'un niveau d'activité physiologique faible.

Des traces d'hydrocarbures non négligeables ont été décelées jusqu'en avril dans les échantillons de plancton animal collectés à proximité des côtes ; ces quantités diminuaient vers le large. Le milieu planctonique a vraisemblablement été l'un de ceux les moins affectés en raison du renouvellement important des masses d'eau par les dérives générales dans cette partie de la MANCHE.

Les poissons de pleine eau, tels les maquereaux ne semblent pas avoir été atteints : aucun des spécimens étudiés par l'I.S.T.P.M. ne présentait de fortes concentrations en hydrocarbures. Les poissons adultes ne sont pas très sensibles au pétrole brut, par ailleurs aucun des spécimens échantillonnés ne paraissait avoir été en contact direct avec des doses massives de pétrole. Les mortalités constatées pendant les premiers jours concernaient surtout des poissons de fond, elles se sont arrêtées avant que l'épave n'ait relâché toute sa cargaison. On est amené à penser que les poissons adultes ont fui très tôt la zone contaminée.

Il convient toutefois d'être réservé quant à l'avenir car on ne connaît pas encore quel a été l'impact de l'accident sur les oeufs, larves et très jeunes stades qui peuvent avoir une sensibilité 100 fois plus forte que les adultes aux produits pétroliers.

III. LA FAUNE ET LA FLORE DES FONDS MARINS

Il convient de distinguer la faune et la flore de l'estran (grèves et zones rocheuses, couvrantes et découvrantes), qui s'est trouvée directement en contact avec les nappes d'hydrocarbures, et celles des fonds marins non découvrants qui a été en contact avec les hydrocarbures dissous ou émulsionnés dans l'eau de mer. Rappelons sur ce point que des quantités importantes d'hydrocarbures dans les sédiments superficiels ont été détectées jusqu'à des profondeurs de 70 m.

1) la faune et la flore de l'estran

1.1 les zones rocheuses couvrantes et découvrantes

Les algues et les roches ont été huilées sur 375 km de rivage, de la baie des TREPASSES à BREHAT sur une surface totale de 100 km². Ce sont les secteurs abrités, où le pétrole s'est échoué en nappes, qui restent englués. Les algues sont cependant partout vivantes. Des tests de photosynthèse (synthèse de matière vivante par les plantes à partir de l'énergie de la lumière) effectués dès le mois d'avril ont montré que cette activité de base pour l'élaboration de la vie n'était pas significativement plus faible dans le secteur pollué. La croissance des algues après un léger ralentissement observé dans certaines zones a rapidement repris. Des fructifications parfaitement normales ont été observées dans tous les cas.

Une prolifération d'algues vertes a parfois été signalée. Il s'agit en fait d'un phénomène périodique déjà décrit plusieurs fois depuis le début du siècle, et rien ne permet d'affirmer qu'il ait été déclenché par les hydrocarbures dans le cas présent. Dans la zone supérieure des marées, seul le lichen jaune s'est montré très sensible, les autres espèces de lichen n'ont pas été affectées.

Les animaux des rochers ont subi des pertes très variables. Les moules et autres animaux fixés sur des rochers fortement battus par les vagues n'ont pas été affectés. La mortalité des bigorneaux carnassiers (pourpres) ou herbivores (bigorneaux comestibles entre-autres) est, par contre, forte en moyenne de 50 %, surtout dans les hauts niveaux de marée. Les patelles ou berniques ont également subi des mortalités de l'ordre de 30 %. Les éponges, anémones de mer, oursins, étoiles de mer et gros crustacés ont peu souffert. Par contre les amphipodes (petits crustacés souvent appelés "puces de mer") ont fortement régressé. Ce sont les animaux vivant à la face inférieure des blocs qui ont été les plus touchés : petits crustacés en particulier. Par contre, depuis juillet, on observe une prolifération anormale de copépodes harpacticoïdes (crustacés inférieurs) qui vivent à la surface des algues et sont jusqu'à 30 fois plus nombreux que la normale ; cette pullulation est liée au fort développement des bactéries et algues unicellulaires qui leur servent de nourriture sur les goémons pollués.

Des proliférations de crevettes roses ont été décrites dans la presse. Les individus pêchés, s'ils étaient nombreux, étaient en fait souvent âgés de plus de deux ans ; on ne peut donc parler de multiplication mais plutôt d'attraction plus importante de cette espèce dans les zones littorales.

1.2 les plages

Sur les plages, plusieurs espèces de coquillages comestibles ont été sévèrement touchées alors que d'autres ont très bien résisté. La mortalité a été très forte pour les coques, les couteaux, les mactres, les palourdes. Seuls quelques individus de ces espèces subsistent encore et l'on ne sait si leur reproduction sera affectée. Les vers de sable utilisés pour la pêche ont subi une mortalité plus faible. Les petits animaux vivant entre les grains de sable ont été très affectés, de même que les petits crustacés tels les puces de sable. Ces dernières ont un rôle écologique important de brouillage des algues d'épave et détritiques divers dans les conditions normales. Les algues d'épave risquent en certains points de s'accumuler en leur absence ; en retour, la décomposition de ces algues entraîne un déficit en oxygène dans le sédiment, retardant ainsi la dégradation des hydrocarbures qui, sous forme dissoute dans l'eau de mer, imprègnent encore le sable humide. Il sera peut-être nécessaire de procéder au déblayage des algues d'épave en certains points de la côte.

Autour de l'épave sur cinq kilomètres de côte et dans les premiers jours, toutes les espèces des plages, y compris celles les plus résistantes, ont été foudroyées ; les mortalités ont été plus discrètes hors de cette zone. Paradoxalement, les animaux morts échoués sur les plages provenaient, pour une grande part, de la zone ne découvrant pas à marée basse.

C'est ainsi qu'à Saint-Efflam (Baie de Lannion), on a pu dénombrer le 6 avril, échoués dans les laisses de mer, 10 millions d'oursins de sable morts, 3,5 millions de couteaux, 7,5 millions de coques et 7 millions d'autres coquillages pour la plupart provenant de la zone ne découvrant pas à marée basse.

1.3 les estuaires

Les estuaires (dont les abers), les vasières, les prés salés côtiers (dont les marais de l'Ile Grande) sont parmi les milieux les plus touchés. Ce sont des milieux à sédiments fins contenant un taux élevé de matières organiques qui produisent des hydrocarbures (hydrocarbures biogéniques) en faible quantité dans les conditions naturelles. Le pétrole en nappe s'étant accumulé en masses noirâtres à la surface du sédiment dans la végétation des prés salés ou ayant pénétré par percolation, sous forme dissoute, à l'intérieur des sédiments, demandera vraisemblablement des années avant d'être complètement éliminé. Plusieurs espèces de coquillages ont accusé de fortes mortalités, une espèce de mysidacés (petites crevettes du plancton de fond servant de nourriture aux jeunes poissons plats) semble avoir pratiquement disparu, au même titre que les petits crustacés fouisseurs ("puces de sable"). On observe par contre une abondance de crabes verts, adultes, déjà âgés de plusieurs années, il s'agit donc de concentration d'individus plutôt que de reproduction accrue.

Ce sont dans les zones d'estuaire (rivière de MORLAIX, abers), que se trouvent les parcs à huîtres après l'échouage de l'AMOCO CADIZ, tous les secteurs ostréicoles de BRETAGNE NORD et du CONTENTIN ont été prospectés régulièrement. On pouvait ainsi constater que tous les centres d'ostréiculture situés à l'Est du Sillon de Talbert étaient indemnes. Les répercussions de la pollution se localisaient sur les parcs de l'ABER BENOIT et de l'ABER WRAC'H et ceux de la baie de MORLAIX, en rivière de PENZE et en rivière de MORLAIX.

Les observations réalisées ont porté sur l'huître plate Ostrea edulis et l'huître creuse Crassostrea gigas. Des mortalités étaient constatées essentiellement dans l'ABER BENOIT et affectaient les huîtres recouvertes d'une épaisse couche de mazout. Ailleurs, les mortalités étaient normales, malgré les quantités importantes d'hydrocarbures relevées à l'analyse.

Les teneurs en hydrocarbures totaux -ramenés en poids frais- considérées comme "normales" jusqu'à 60 ppm (1) par l'ISTPM, dépassaient 400 ppm dans l'ABER_BENOIT et 600 ppm dans l'ABER_WRAC'H sur des huîtres prélevées deux mois après l'accident. Le processus de décontamination s'est amorcé depuis le mois de juin, mais les pourcentages d'hydrocarbures restent encore très élevés à l'heure actuelle, de l'ordre de 200 ppm. Ceci s'explique par la pollution des vasières des deux abers où des quantités importantes d'hydrocarbures restent piégés et représentent une source de pollution rémanente du milieu.

En rivière de MORLAIX, les teneurs initiales en hydrocarbures totaux dépassaient 400 ppm ; en rivière de PENZE, elles avoisinaient 200 ppm.

La décontamination s'est effectuée de façon à peu près régulière depuis le mois d'août et actuellement les teneurs moyennes sont sensiblement revenues à la "normale", elles sont en-deçà du seuil de tolérance fixé à 80 ppm.

Une cinétique de décontamination d'huîtres très contaminées prélevées dans les abers et en rivière de MORLAIX, et transférées dans un site salubre du MORBIHAN, était étudiée. L'expérience montrait que les teneurs initiales (entre 200 et 300 ppm) revenaient à la normale (entre 50 et 70 ppm) au bout d'un mois. Ceci confirme le rôle du milieu environnant dans le processus d'épuration naturelle des huîtres restées sur les parcs touchés par la pollution.

2) faune et flore de la zone située en-dessous des plus basses mers

Les hydrocarbures ont pénétré profondément dans la zone située au-dessous des plus basses mers soit sous forme dissoute, soit sous forme de fines gouttelettes émulsionnées à l'occasion des tempêtes. Ils ont ensuite pénétré dans les sédiments. Des traces non négligeables ont été décelées dans les sédiments superficiels jusqu'à une profondeur de 70 m. La faune et la

(1) Les ppm représentent ici des milligrammes d'hydrocarbures par kilogramme de poids de chair humide.

de cette zone a parfois subi de fortes mortalités en raison de la plus grande sensibilité des espèces adaptées à un milieu relativement plus stable que celui des grèves et des zones couvrantes et découvrantes.

La faune des fonds rocheux est difficile à étudier de manière quantitative, il existe peu d'informations sur l'effet des pollutions sur ce milieu. La flore des fonds rocheux comprend les laminaires (entre 0 et 25 m), grandes algues brunes qui sont exploitées commercialement. Malgré les premières inquiétudes, aucun effet significatif de la pollution n'a pu être décelé sur ces algues, bien qu'un court arrêt de croissance ait pu exister en certaines zones (PLOUGUERNEAU).

Il existe par contre des exemples précis d'effet des hydrocarbures sur la faune des sables. Des mortalités massives d'oursins de sable ont été enregistrées. Des espèces de petits crustacés ("puces de sable") qui peuvent représenter dans les sables fins plus de 50 % du poids des organismes vivant des sables, ont entièrement disparu dans certaines zones de la Baie de MORLAIX notamment. Ces petits crustacés constituent normalement une source de nourriture importante pour de nombreux poissons. La faune interstitielle des sables a été très affectée. Certains bivalves (coques, couteaux) ont été fortement détruits en baie de LANNION. Par contre, il n'a pas été possible de mettre en évidence d'atteinte très importante pour les populations de coquilles Saint-Jacques et de pétoncles.

En ce qui concerne les poissons de fond et les gros crustacés, une mortalité très visible a été constatée sur dix kilomètres autour de l'épave durant la première semaine ; ailleurs, elle est négligeable. Dans cette zone, les lançons ont été particulièrement atteints, de même que les vieilles ou labres, les lieux jaunes et tacauds. Tous les groupes de poissons étaient représentés dans les échouages, mais avec des abondances très faibles pour les soles, plies, flets, turbots, muges ou mullets, raies, bars, St-Pierre, congres, anguilles, baudroie. L'échouage est évalué à quelques

10 000 individus de toutes tailles. Les échouages ont livré des crustacés divers : tourteaux (1 000), étrilles, crevettes, galathées, crabes verts, par contre les araignées de mer qui sont migratrices n'étaient pas encore arrivées à la côte. Globalement, on peut cependant considérer que la mortalité immédiate des crustacés, comme celle des poissons est très faible et très localisée. Par contre, la reproduction de ces espèces a vraisemblablement été perturbée, il faudra attendre un cycle d'au moins deux années pour pouvoir évaluer les effets des pollutions sur le recrutement c'est-à-dire sur la reproduction et l'arrivée des nouvelles classes d'âge de jeunes individus.

Si dans l'ensemble les crustacés et poissons ont bien survécu, ils ont cependant été contaminés. Parmi les échantillons prélevés de poissons de fond, certaines raies, chiens de mer, roussettes, tacauds, grondins, tourteaux et araignées présentaient des taux d'hydrocarbures supérieurs à la normale et un goût désagréable. Les faibles teneurs en hydrocarbures (entre 24 et 85 mg/kg) ne semblent pas liées directement au goût observé, les tissus graisseux accumulant les hydrocarbures beaucoup plus que les muscles. Dès la fin avril, la dilution des hydrocarbures 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.

Des ulcérations et amaigrissements ont été décrits chez certains poissons depuis le mois d'avril, en particulier les muges ou mulets, à proximité des abers. Ces poissons se nourrissent de la faune des très petits animaux. Certains bars, lieux, congres et vieilles présentent des symptômes voisins. Des poissons plats (plies et turbots) ont les nageoires abîmées bien que l'on ne puisse déceler d'anomalies physiologiques ou de symptômes de dénutrition apparents.

IV - CONCLUSIONS

Après les mortalités foudroyantes de la première semaine observées sur les cinq kilomètres de côtes proches de l'épave, l'action des hydrocarbures a été beaucoup plus discrète. Il n'y a pas de changements "physiologiques" importants sur les rochers tels que ceux observés sur les côtes de CORNOUAILLE après le naufrage du TORREY CANYON. Les causes évoquées pour cet impact apparemment modéré, toutes proportions gardées, sont : la haute turbulence de la zone d'échouage qui assure une intense dispersion dans toute la masse d'eau, l'emploi des dispersants des nouvelles générations, 500 à 1 000 fois moins toxiques que ceux utilisés pour le pétrole du TORREY-CANYON, dans de strictes conditions (fonds de plus de 50 mètres, quantités limitées : 2 000 tonnes), le prompt et intense ramassage de l'émulsion échouée, par les militaires et les volontaires.

Toutefois, les effets sur les communautés naturelles, s'ils ne sont pas toujours immédiatement décelables, sont importants et durables ; des populations de coquillages et de petits crustacés, maillons importants dans les chaînes alimentaires, ont entièrement disparu sur les plages et sur les fonds de sable, la faune des dessous de rochers est partiellement détruite, les populations d'herbivores des rochers ont survécu à 50 % seulement, des poissons littoraux de plusieurs espèces portent des traces de nécrose ou des signes de dénutrition. Si la première phase du suivi écologique concernant l'impact immédiat est achevée ou sérieusement entamée, de nombreuses incertitudes demeurent en ce qui concerne les possibilités de recolonisation des milieux perturbés. Beaucoup des espèces marines se reproduisent au printemps, on ne sait encore rien de la fécondité des animaux qui ont survécu ni des possibilités de fixation des larves sur des substrats souvent encore imprégnés à faibles doses d'hydrocarbures à l'état dissous (on sait que les larves sont de 500 à 1 000 fois plus sensibles que les adultes aux pollutions).

Par ailleurs, l'équilibre originel des communautés naturelles, lorsqu'il est perturbé est très long à se rétablir, des espèces marines instables se succèdent avant que l'environnement d'origine ne se reconstitue, de la même manière que la faune et la flore d'un terrain vague évoluent très lentement avant que ne se reconstituent les conditions d'origine.

L'équilibre des populations animales et végétales dépend d'un retour à une structure d'âge stable.

Il apparaît indispensable de soutenir l'effort scientifique qui a été jusqu'ici déployé, durant une période d'au moins deux ans. Après la phase d'évaluation des dégâts causés par les pollutions il convient maintenant d'évaluer le temps qui sera nécessaire pour que ceux-ci s'effacent et dans la mesure du possible d'aider à la reconstitution de l'état d'origine de l'une des régions maritimes côtières françaises les plus riches en faune et en flore.

3e PARTIE - IMPACT SUR LES RESSOURCES EXPLOITABLES

Trois types de ressources exploitables ont été affectées :

Les algues brunes et rouges utilisées pour l'industrie chimique et alimentaire, les poissons et crustacés de fond chalutables ou capturables au filet et surtout les huîtres plates ou creuses des zones d'estuaires.

I. ALGUES

La région contaminée par les hydrocarbures est, du point de vue de l'industrie goémonière, la plus riche du littoral français. L'algue brune Laminaria digitata est utilisée pour la production d'alginate, elle alimente le travail de quelques cent soixante goémoniers dont cinquante-quatre sont équipés de bateaux mécanisés à haut rendement. La récolte moyenne est de 3 600 tonnes de produit sec soit les deux tiers de la production française.

Les peuplements d'algues rouges Chondrus crispus sont les plus luxuriants d'Europe, 1 000 à 2 000 récoltants en prélèvent de mai à octobre au moment des marées de basse vive-eau, près de 1 300 tonnes. La production nationale est de 2 000 tonnes. Ces algues sont utilisées pour l'extraction de carraghénanes.

Les algues brunes Fucus et Ascophyllum ont une production de 2 300 tonnes, la totalité de la production française. Elles sont utilisées pour les engrais et les farines d'alimentation animales.

Les hydrocarbures libérés par l'AMOCO CADIZ ne semblent pas avoir eu jusqu'à présent d'effets biologiques importants sur les peuplements algaux exploités. On a toutefois noté quelques nécroses et l'on ne sait encore si la mortalité d'hiver sera normale. Certains retards de croissance

observés en avril ont peut-être été dûs aux conditions climatiques. En revanche, le succès de la reproduction et son devenir ne sont pas encore entièrement connus. Les éléments reproducteurs des laminaires sont viables au laboratoire. Dans le milieu naturel, contaminés ou non, les spores ont donné naissance à des plantules qui en janvier 1979 constituaient les 43 à 50 % des populations de laminaires ; ceci correspond à une situation normale.

L'exploitation des algues dans son ensemble, si l'on excepte les Fucus et Ascophyllum rendus impropres à la consommation animale, n'a pas été, pour l'instant, bouleversée autant qu'on aurait pu le craindre. La production de laminaires a été normale et même bonne par rapport aux moyennes des années antérieures. Cela ne veut pas dire pour autant qu'elle supporterait aisément d'autres accidents de la même ampleur.

II - CRUSTACES ET POISSONS

Les crustacés et poissons de la zone directement affectée par les pollutions sont exploités à partir de petites embarcations artisanales de sorte qu'il est difficile d'évaluer l'impact des pollutions sur les rendements commerciaux. Aucun marché organisé n'existe dans cette zone. Il a fallu recourir à des enquêtes et fiches de pêche dont la collecte et le dépouillement ne sont pas encore terminés. Les observations obtenues à partir de chalutages expérimentaux permettent déjà de présenter certaines conclusions.

Durant la phase aigüe de la pollution, l'activité de pêche a été très ralentie, du fait de la présence des nappes de pétrole. Lors de la reprise, les ressources se sont trouvées diminuées, certaines espèces ayant disparu de la zone côtière (gadidés, crevette grise), soit par mortalité, soit par fuite. Au cours de l'été et de l'automne, les pêches ont été peu rentables. Le poisson était rare, parfois maigre (mulets) et présentait des altérations.

Des effets à long terme sont à attendre. Si l'on peut espérer une restauration de certains stocks dans la mesure où ils ont été atteints (gadidés, poissons de pleine eau, chinchards, daurades), par "contagion" à partir des zones périphériques non polluées, il n'en est pas de même pour les espèces strictement de fond et dépendant de la qualité physico-chimique et biologique des fonds côtiers. Le cycle normal de la vie des poissons plats (sole, plie, limande) passe obligatoirement par les nurseries littorales. La reproduction de ces espèces en 1978 a été perturbée en Baie de Lannion. En 1979, le recrutement ne se fera qu'en fonction de l'amélioration de la qualité du milieu qui semble être la cause des altérations physiques observées. Un manque à pêcher risque de se manifester dans ce secteur durant les trois à cinq ans à venir.

Le déficit causé au niveau de plusieurs espèces se comblera au cours des années si le milieu n'est pas à nouveau pollué. Il est tentant de vouloir remédier à cet état de fait en procédant à des repeuplements par introduction de larves ou juvéniles de crustacés, poissons plats et bivalves produits en éclosérie. Cependant, il est indispensable de tenir compte du fait que le support alimentaire (invertébrés des fonds marins) constitue un facteur limitant dont l'équilibre ne peut être rétabli artificiellement. Il paraît illusoire, pour de nombreuses espèces, de procéder à des repeuplements massifs en adultes ou juvéniles sans procéder à l'évaluation préalable de la rentabilité de telles opérations, à partir de données économiques et biologiques. Une étude expérimentale de ce type par modélisation sur ordinateur est en cours pour les nurseries de poissons plats des abers. Dans tous les cas, il serait utile que le suivi de l'évolution des stocks halieutiques soit effectué jusqu'en 1983.

III. HUITRES

Il est important de signaler que l'impact des pollutions sur l'aquaculture a été faible ou nul. Les quelques installations situées dans la région n'ont pas été touchées. Les ormeaux de l'écloserie expérimentale d'ARGENTON ont parfaitement résisté, les installations situées en rade de BREST (saumon, coquillages) n'ont pas souffert. Toutefois, les viviers à crustacés ont été inutilisables durant quatre mois. Certaines installations, à Roscoff, ont été définitivement contaminées et ont dû être détruites pour être ensuite reconstruites. Les viviers non contaminés ont dû fonctionner en circuit fermé durant quatre mois, à partir d'eau de mer pompée en des secteurs non pollués et ensuite transférée en camions citerne.

Il a fallu par contre procéder à la destruction des stocks importants d'huîtres contaminées ou à leur transfert :

Destruction des stocks : la forte pollution des deux abers a conduit à la destruction totale des stocks en place : 871 tonnes d'huîtres creuses, 138 tonnes d'huîtres plates et 51 tonnes de moules. En Baie de MORLAIX, une première destruction était opérée en mai sur 563 tonnes d'huîtres creuses correspondant au reliquat du stock 77. Les teneurs en hydrocarbures jugées encore trop importantes en juillet et en août amenaient une seconde destruction plus importante d'huîtres creuses (4 600 tonnes), soit une destruction globale de 75 % du stock présent en Baie de MORLAIX.

Transfert : l'expérience concluante de cinétique de décontamination d'huîtres polluées placées en eaux propres conduisait l'ISTPM à permettre (arrêté de la Marine Marchande du 28 août 1978) le transfert d'au moins 1 400 tonnes d'huîtres creuses et plates de la Baie de MORLAIX vers des centres ostréicoles salubres de BINIC, BREST et la TRINITE, avec comme condition, un mois de reparcage avant commercialisation.

Réutilisation des parcs : l'amorce régulière du processus d'auto-épuration depuis le mois d'août, en Baie de MORLAIX a permis la réouverture de la vente des huîtres plates dont les teneurs en hydrocarbures durant la saison de commercialisation en fin d'année étaient considérées comme normales, (arrêté de la Marine Marchande du 27 octobre 1978).

Réutilisation des bassins dégorgeoirs : confirmant la décroissance des teneurs en hydrocarbures dans l'eau de mer, des huîtres saines d'AURAY immergées en juillet dans un bassin insubmersible de l'ABER BENOIT, gardaient des taux d'hydrocarbures normaux. Cette expérience permettait la réutilisation des bassins dégorgeoirs insubmersibles des centres d'exploitation ostréicoles des abers et de la Baie de MORLAIX (arrêté de la Marine Marchande du 5 septembre 1978), pour des huîtres venant de l'extérieur.

Réensemencement des parcs : compte-tenu de l'évolution du processus de décontamination naturelle des huîtres, le réensemencement des parcs de la Baie de MORLAIX, en rivièrre de PENZE et en rivièrre de MORLAIX, est envisageable pour l'année 1979. En ce qui concerne les deux abers, le réensemencement n'est pas possible actuellement du fait de la pollution encore trop importante des sols. Des travaux de nettoyage des parcs et des zones environnantes (vasières) pourraient accélérer la décontamination du milieu et conditionner la réutilisation des parcs ostréicoles des deux abers.

O S T R E I C U L T U R E

PARCS OSTREICOLES	EVOLUTION DE LA POLLUTION			CONSEQUENCES ECONOMIQUES
	Teneurs * initiales (avril- mai 78)	Décontami- nation na- turelle	Teneurs * actuelles (décembre 78)	
<p><u>ABERS</u></p> <p>ABER BENOIT</p> <p>ABER WRACH</p>	<p>> 400 ppm</p> <p>> 600 ppm</p>	<p>(depuis juin décontamination ≈ 200 ppm faible : pollution des sols)</p>	<p>Teneurs * actuelles (décembre 78)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Destruction totale</u> : 871 t d'huîtres creuses 138 t d'huîtres plates 51 t de moules - <u>Réutilisation des bassins insubmersibles</u> d'expédition depuis septembre - <u>Ré-ensemencement</u> en 79 : non envisagé, conditionné par des travaux de nettoyage des sols
<p><u>BAIE DE MORLAIX</u></p> <p>Rivière de PENZE</p> <p>Rivière de MORLAIX</p>	<p>≈ 200 ppm</p> <p>> 400 ppm</p>	<p>(régulière depuis août)</p>	<p>Normales (≈ 60 ppm</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Destruction</u> : 5163 tonnes d'huîtres creuses - <u>Transfert</u> : 1400 tonnes d'huîtres creuses et plates vers d'autres centres ostréicoles - <u>Commercialisation autorisée</u> pour l'huître plate depuis le 28 octobre - <u>Réutilisation des bassins insubmersibles</u> d'expédition depuis septembre - <u>Réensemencement en 79</u> : envisageable

* NB : les teneurs "normales" généralement admises sont de 30 à 60 ppm. 80 ppm sont considérés comme la valeur maximale admissible.

CONCLUSION

Plusieurs faits essentiels se dégagent au terme de l'ensemble des travaux réalisés en 1978.

1. Le premier mois qui suit le naufrage de l'AMOCO CADIZ est caractérisé par la progression maximale de la pollution pétrolière dans le milieu marin et par la phase d'impact écologique immédiat et spectaculaire sur les communautés naturelles.

L'évolution spatiale de la pollution est essentiellement contrôlée par les vents. L'extension de la pollution des eaux couvre un très large secteur de la MANCHE occidentale limité d'ouest en est par OUESSANT et la baie de ST-BRIEUC, au large par le 49e parallèle. L'eau de mer joue le rôle d'agent de transfert de la pollution vers les fonds marins. Ce transfert pollue les fonds sédimentaires de la côte et du large dans les zones touchées par la dérive des nappes. Les zones de forte accumulation se localisent au secteur côtier dans les deux abers : ABER-BENOIT, ABER-WRACH, et dans les baies de MORLAIX et de LANNION. Environ 350 km de plages de sable et de côtes rocheuses sont plus ou moins polluées de PORSPORDER au Sillon de TALBERT.

Durant cette période, des mortalités foudroyantes sont observées à la côte, en des secteurs localisés parfois éloignés du point d'échouage. Elles concernent les animaux des rochers comme les bigorneaux, les patelles, les amphipodes. Sur les plages, plusieurs espèces de coquillages sont sévèrement touchées, comme les coques, les couteaux, les mactres, les palourdes. Par contre, les vers de sable subissent une mortalité plus faible. La meiofaune qui correspond aux petits animaux vivant entre les grains de sable est très affectée, ainsi que les petits crustacés comme les puces de sable. Les poissons de pleine eau, tels les maquereaux ne semblent pas avoir été atteints, les mortalités constatées concernent surtout des poissons de fond et de roche.

Toutefois, si l'on se réfère aux dommages causés par le naufrage du TORREY CANYON, l'impact écologique immédiat de la pollution de l'AMOCO CADIZ est apparemment modéré. Les causes évoquées sont la haute turbulence de la zone d'échange qui a favorisé la dispersion des hydrocarbures dans la masse d'eau, l'emploi contrôlé de dispersants beaucoup moins toxiques que ceux utilisés pour le pétrole du TORREY CANYON et les activités de nettoyage et de ramassage des résidus de pétrole à la côte.

Les activités maricoles liées aux ressources exploitables de la mer sont directement touchées par la pollution. Les centres ostréicoles du FINISTERE nord qui se situent dans les deux abers et la baie de MORLAIX sont très gravement pollués et il s'est avéré nécessaire de procéder à la destruction de stocks importants d'huîtres contaminées par les hydrocarbures. L'activité de pêche est stoppée ou très ralentie du fait de la présence des nappes de pétrole. Si l'on observe certains retards de croissance chez les algues, peut-être dus d'ailleurs aux conditions climatiques et non aux hydrocarbures, la phase aigue de la pollution n'entraînera pas par la suite un préjudice particulier pour les activités goémonières en 1978.

2. La phase de décontamination débute dès le mois de mai. Les teneurs en hydrocarbures dans l'eau de mer diminuent très rapidement et la décontamination des fonds marins évolue favorablement dans les zones battues. Par contre les zones d'accumulation d'hydrocarbures dans les sédiments de certains secteurs côtiers tels les abers, la baie de MORLAIX (rivières de PENZE et de MORLAIX) et le fond de la baie de LANNION, sont toujours observées. A la côte, de nombreuses plages restent polluées en profondeur. Les abers et les marais maritimes (SANTEC, ILE-GRANDE), secteurs bien abrités où l'auto-nettoyage est très faible, sont toujours très pollués.

Après la phase aiguë de la pollution, l'action des hydrocarbures est beaucoup plus discrète. Toutefois on ignore actuellement quels seront les effets à long terme de la disparition totale ou partielle de plusieurs populations sur l'équilibre originel des communautés naturelles. Certaines de ces populations comme les coquillages et petits crustacés des plages et des fonds ensablés représentent des maillons importants dans les chaînes alimentaires. Des traces de nécrose ou des signes de dénutrition sont observés chez plusieurs espèces de poissons littoraux. On ne sait encore rien sur la fécondité des animaux qui ont survécu et sur les possibilités de fixation des larves sur les substrats souvent encore imprégnés d'hydrocarbures. Il faudra attendre le printemps car la plupart des espèces marines se reproduisent à cette époque.

L'exploitation des algues dans son ensemble n'est pas bouleversée autant qu'on aurait pu le craindre initialement. La production des laminaires est bonne par rapport aux moyennes des années antérieures. Par contre la question de la reproduction n'est pas encore éclaircie. Les activités de pêche reprennent mais les ressources se trouvent diminuées. En été et en automne les pêches sont peu rentables. Le poisson est rare, parfois maigre et présente chez quelques prises des altérations. La persistance de la pollution dans les abers rend toujours inutilisable les parcs ostréicoles. En baie de MORLAIX la phase de décontamination permet en fin d'année l'exploitation des huîtres plates. Le réensemencement n'est envisageable à l'heure actuelle que dans la baie de MORLAIX.

3. Début 1979, dix mois après le naufrage de l'AMOCO CADIZ, de nombreux problèmes persistent et il est indispensable de soutenir l'effort scientifique qui a été jusqu'ici déployé pour évaluer les conséquences écologiques de cette pollution pétrolière.

Les études à long terme nécessitent un suivi chimique et géomorphologique de la pollution dans les secteurs les plus touchés : les abers, les marais maritimes, les plages et les fonds marins des baies de MORLAIX et de LANNION. Les études de microbiologie sont indispensables pour suivre les processus de dégradation des hydrocarbures par les micro-organismes.

Le suivi écologique s'oriente à présent sur la restauration de l'équilibre originel des communautés naturelles. Cet équilibre, lorsqu'il est perturbé, est très long à se rétablir. Parmi les nombreuses incertitudes qui demeurent, il est nécessaire d'évaluer les possibilités de recolonisation du milieu atteint, et de suivre les phases de reproduction des algues et des poissons qui conditionnent deux activités économiques importantes de la côte bretonne. En ce qui concerne les activités ostréicoles, le problème à long terme de la réutilisation des parcs à huîtres des deux abers reste entier.

4. Ce document dresse un premier bilan écologique provisoire de la pollution de l'AMOCO CADIZ. Il montre la nécessité de poursuivre l'effort scientifique durant une période d'au moins deux ans. Dans les mois qui suivent de nouvelles données scientifiques compléteront ce premier bilan. A cet égard, le CNEXO prévoit d'organiser en automne prochain, au Centre Océanologique de Brest, un colloque scientifique international sur les conséquences écologiques de la pollution de l'AMOCO CADIZ, qui regroupera l'ensemble des scientifiques français et étrangers directement engagés dans l'étude de cette pollution pétrolière.

A N N E X E I

PARTICIPATION AU PROGRAMME DE SUIVI ECOLOGIQUE
DE LA POLLUTION DE L'AMOCO CADIZ

Participation des organismes de recherche français (sur programmes engagés au titre du Ministère de l'Environnement et de la Culture et de la coopération franco-américaine)

<u>Organisme de recherche</u>	<u>Programme</u>
Université de Bretagne Occidentale (BREST) - Institut d'Etudes Marines - Faculté de Médecine	Inventaire des espèces touchées et des mortalités Ecologie pélagique (plancton) Ecologie des peuplements de fonds rocheux et de fonds meuble Poissons plats Chimie des hydrocarbures dans l'eau Huîtres : chimie et histo-pathologie
Station Biologique de Roscoff (avec Université de CAEN)	Ecologie pélagique (phytoplancton) Ecologie benthique Chimie des sédiments Sédimentologie
Centre Océanologique de Bretagne (CNEXO) - BREST	Télédétection Chimie : eau, sédiment, huîtres Ecologie pélagique (zooplancton) Ecologie benthique Poissons plats
Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (NANTES)	Ressources exploitables : algues, poissons, coquillages, crustacés, huîtres
Institut français du Pétrole (RUEIL-MALMAISON)	Télédétection Biodégradation des hydrocarbures Assistance analytique (chimie)
Institut Géographique National (PARIS)	Télédétection
Muséum National d'Histoire Naturelle (PARIS)	Ecologie des communautés naturelles
Station Marine d'Endoume (MARSEILLE)	Microbiologie, phytobenthos
Université de RENNES	Phanérogames halophytes
Institut Européen d'Ecologie	Végétation des Prés Salés

Participation étrangère

ETATS-UNIS : - National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA)
- Environmental Protection Agency (EPA)

CANADA : - Bedford Institute of Oceanography



C.N.E.X.O.

AMOCO CADIZ

BIBLIOGRAPHIE

I) L'ÉVÈNEMENT

Le 16 mars, entre 22 et 23 heures, le pétrolier libérien AMOCO CADIZ s'échoue face à PORTSALL dans le Finistère Nord, à quelques kilomètres de la côte.

Le point sur l'évènement.

- "RAPPORT DE LA COMMISSION D'ENQUÊTE DU SENAT"

A. COLIN et al.

no. 486 - 1978 - Diffusé actuellement par HACHETTE

- "RAPPORT DE LA COMMISSION D'ENQUÊTE DE L'ASSEMBLÉE NATIONALE"

H. BAUDOÛIN

no. 665 - 1978

- "LES ENSEIGNEMENTS DE LA CATASTROPHE DE L'AMOCO CADIZ"

M. MARTRAY

Rapport présenté au Comité Economique et Social de Bretagne - 24 avril 1978

Publié dans la "Lettre de la Mer" no. 31 - mai 1978 - pp. 2-16

- NUMÉROS SPÉCIAUX DE LA "LETTRE DE LA MER"

no. 31 - 10 mai 1978

no. 32 - 20 juin 1978

II) IMPACT ECOLOGIQUE ET ECONOMIQUE : LES RAPPORTS SCIENTIFIQUES

- RAPPORT PRELIMINAIRE

publié par la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) et l'EPA (Environmental Protection Agency)

Washington D.C. 20402, US Government Printing Office, avril 1978.

"THE AMOCO CADIZ OIL SPILL. A PRELIMINARY SCIENTIFIC REPORT" Edited by WILMOT N. HESS

- "MAREE NOIRE DE L'AMOCO CADIZ. TROISIEME ETUDE DE SURVEILLANCE ET SUIVI DE L'IMPACT DU PETROLE SUR LA COTE" juillet 1978

"THE AMOCO CADIZ OIL SPILL. THIRD FOLLOW-UP SURVEY OF THE OIL IMPACT ON THE SHORELINE" July 1978

Rapport du Research Planning Institute, Columbia, S.C., USA pour la NOAA
publié en septembre 1978

E.R.GUNDLACH et M.D. HAYES

- "AMOCO CADIZ. PREMIERES OBSERVATIONS SUR LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES. BREST, FRANCE. 7 JUIN 1978"

publié par le Centre National pour l'Exploitation des Océans

Série : "Actes de Colloques" no. 6 - 1978.

- RAPPORT DU CONSEIL INTERNATIONAL POUR L'EXPLORATION DE LA MER (C.I.E.M.) COPENHAGUE (DK)

. 1978 E : 20

Résultats préliminaires de recherches sur une marée noire récente : le naufrage de l'Amoco Cadiz.

Preliminary results of recent oil spill investigation. The wreck of the Amoco Cadiz.

. 1978 E : 49

Amoco Cadiz : Etat actuel de la contamination des huîtres.

P. MICHEL et al.

. 1978 E : 50

Observations sur l'effet de l'échouement de l'Amoco Cadiz sur les ressources vivantes et exploitables.

C. MAURIN.

- "AMOCO CADIZ. TELEDETECTION DES POLLUTIONS PAR HYDROCARBURES. RAPPORT PRELIMINAIRE. CHRONOLOGIE ET MOYENS DE L'INTERVENTION"

Rapport publié par le Centre National pour l'Exploitation des Océans, l'Institut Français du Pétrole et l'Institut Géographique National. (1978)

- "CATASTROPHE DE L'AMOCO CADIZ. RESULTATS PRELIMINAIRES DES TRAVAUX ENTREPRIS PAR L'I.E.M."

Rapport publié par l'Institut d'Etudes Marines Université de Bretagne Occidentale, Brest - mai 1978 .

- "BILAN ECOLOGIQUE PROVISOIRE DE L'IMPACT DE L'ECHOUAGE DE L'AMOCO CADIZ. INVENTAIRE ET EVALUATION DE LA MORTALITE DES ESPECES TOUCHEES"

C. CHASSE

Rapport de l'Institut d'Etudes Marines (Université de Bretagne Occidentale, Brest) et de la Société pour l'Etude et la Protection de la Nature en Bretagne. octobre 1978 - Contrats 78/5705 et 78/5706 du Centre National pour l'Exploitation des Océans .

- "CONSEQUENCES DE L'ECHOUEMENT DU PETROLIER AMOCO CADIZ. OBSERVATIONS FAITES PAR L'I.S.T.P.M."
C. MAURIN
"La Pêche Maritime" no. 1206 - septembre 1978 - pp. 508-513.
- "L'ACCIDENT DE L'AMOCO CADIZ. PREMIERS RESULTATS DES OBSERVATIONS FAITES PAR L'I.S.T.P.M."
Numéro Spécial de "Science et Pêche" no. 283-284 publié en septembre-octobre 1978.
- "LA MAREE NOIRE DE L'AMOCO CADIZ" "THE AMOCO CADIZ OIL SPILL"
A.J. O'SULLIVAN
"Marine Pollution Bulletin" no. 9(5) publié en mai 1978.
- NUMERO SPECIAL DU "MARINE POLLUTION BULLETIN" "AMOCO CADIZ OIL SPILL"
no. 9(11) publié en novembre 1978.
- "TOURISME ET QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT : DEUX APPROCHES POUR ESTIMER LE COUT SOCIAL DU NAUFRAGE DE L'AMOCO CADIZ EN BRETAGNE"
R. CONGAR
Rapport interne. Faculté des Lettres et Sciences Sociales - Université de Bretagne Occidentale, Brest - publié en septembre 1978.
- "CONSEQUENCES MEDICALES DU NAUFRAGE DE L'AMOCO CADIZ SUR LA POPULATION COTIERE ET LES VOLONTAIRES CIVILS" (Bilan du 17 mars 1978 au 31 décembre 1978)
Faculté de Médecine de Brest.
- "EFFETS DE LA POLLUTION CONSECUTIVE A L'ECHOUAGE DE L'AMOCO CADIZ. ETAT DES RESSOURCES CHALUTABLES. BAIES DE MORLAIX ET DE LANNION"
P. BEILLOIS - Y. DESAUNAY - D. DOREL - M. LEMOINE
I.S.T.P.M. - janvier 1979.
- "LA MAREE NOIRE DE L'AMOCO CADIZ"
"Penn ar Bed" no. 93 - juin 1978. (Société d'Etude et de Protection de la Nature en Bretagne)
Un second numéro est à paraître dans le n° 94 - septembre 1978.
- "INCIDENCES ECONOMIQUES DE LA CATASTROPHE DE L'AMOCO CADIZ"
Rapports du C.O.D.D.A.F. - juin-décembre 1978. Préfecture de QUIMPER

La bibliographie des articles scientifiques sur l'AMOCO CADIZ est suivie par la Section Documentation du Centre Océanologique de Bretagne et des mises à jour périodiques sont publiées. De même, plus largement, l'ensemble des publications sur la pollution marine par les hydrocarbures est analysée.

III) LUTTE CONTRE LA MAREE NOIRE

- "LA LUTTE CONTRE LES POLLUTIONS PAR HYDROCARBURES. RAPPORT PROVISOIRE"
Direction des Ports et de la Navigation Maritimes - 1978.
- "LUTTE CONTRE LES POLLUTIONS MARINES ACCIDENTELLES PAR LES HYDROCARBURES. L'expérience de l'Amoco Cadiz, mars-septembre 1978"
Direction des Ports et de la Navigation Maritimes - 1979.
- "UN MODELE DE PREVISION DE DEPLACEMENT DE NAPPES D'HYDROCARBURES UTILISE LORS DE L'ECHOUEMENT DE L'AMOCO CADIZ"
J.P. PETIT - B. MANOHA - M. DARRAS
E.D.F., Direction des Etudes et Recherches, Laboratoire National d'Hydraulique.

IV) LOIS ET REGLEMENTS

L'accident a provoqué un train de mesures réglementaires parues au "Journal Officiel" sur la circulation maritime des pétroliers et la lutte contre la pollution marine.

AU NIVEAU NATIONAL

- LE NOUVEAU PLAN POLMAR

Circulaire du 12 octobre 1978 - J.O. du 14 octobre 1978.

- REGLES DE CIRCULATION MARITIME : obligations, peines encourues

Décret no. 78.421 du 24 mars 1978 - J.O. du 26 mars 1978.

Loi no. 79.1 du 2 janvier 1979 - J.O. du 3 janvier 1979.

Loi no. 79.5 du 2 janvier 1979 J.O. du 3 janvier 1979.

AU NIVEAU INTERNATIONAL

- CONVENTION DE PARIS - juin 1974

Décret no. 78.605 du 3 mai 1978 - J.O. du 24 mai 1978.

- CONVENTION DE BRUXELLES - décembre 1971

Décret no. 78.1186 du 18 décembre 1978.

- O.M.C.I. SEANCE DU 17 AU 22 AVRIL 1978 "NOUVELLES REGLES DE NAVIGATION"

repoussant le rail en Manche (Ouessant-Cotentin) à 5 milles des côtes.

Cf. : "Le Marin" no. 1609 - avril 1978.

- O.M.C.I. SEANCE DU 22 SEPTEMBRE 1978- LEG XXXVII/2

Examen des questions juridiques découlant de la catastrophe de l'Amoco Cadiz.
Protection des états côtiers contre les grandes catastrophes maritimes.

QUELQUES ARTICLES

- "LA CATASTROPHE DE L'AMOCO CADIZ"
P. PHILIPONEAU
"La Revue Maritime" no. 338 - 1978 - pp. 2099-2106.
- "AMOCO CADIZ : L'ASSASSIN D'UN PARADIS ?"
G. MASSART
Revue "Glénans Informations et Documents" no. 94 - 1978.
- "MAREE NOIRE : BILAN ECOLOGIQUE POUR FAIRE DE LA ZONE POLLUEE UNE ZONE EXEMPLAIRE DE DEPOLLUTION"
Article publié par l'Union Fédérale des Consommateurs dans sa revue "Que Choisir"
no. 129 - mai 1978 - pp. 10-12.
- "LA MAREE NOIRE"
"Science et Avenir" no. 375 - mai 1978.
- "LA POLLUTION PETROLIERE DES OCEANS"
P. NOUNOU
"La Recherche" no. 97 - février 1978 - pp. 147-156.
- "L'ACCIDENT DE L'AMOCO CADIZ MET L'ACCENT SUR LES BUTS OBSCURS DE LA SECURITE DES PETROLIERS"
"AMOCO CADIZ INCIDENT POINTS UP THE ELUSIVE GOAL OF TANKER SAFETY"
L.J. CARTER
"Science" no. 200(5) - 1978 - pp. 514-516.
- "LA VIE DANS LES MERS ET L'AMOCO CADIZ"
"MARINE LIFE AND THE AMOCO CADIZ"
A. SOUTHWARD
"New Scientist" - 20 juillet 1978 - pp. 174-176.
- "LA SAISON HOTELIERE EN BRETAGNE, ETE 1978"
"Octant" no. 1 - février 1979.

LES PREMIERS LIVRES

- "LES DENTS DU PROGRES"

F. de BEAULIEU
Ed. LE SYCOMORE - 1978.

DOSSIER DE PRESSE



Sitôt après le naufrage, un dossier de presse a été constitué à la Documentation du Centre Océanologique de Bretagne.

Ce dossier est constitué d'articles pris dans les publications suivantes :

- LES GRANDS QUOTIDIENS
- LA PRESSE SPECIALISEE

Les documents sont classés selon l'ordre suivant :

- LES EVENEMENTS
- LA LUTTE CONTRE LA MAREE NOIRE
- IMPACT ECOLOGIQUE ET ECONOMIQUE
- ASPECTS JURIDIQUES - LA CIRCULATION MARITIME
- LES PRISES DE POSITIONS OFFICIELLES
- LES REACTIONS DE L'OPINION PUBLIQUE

- LES COMPTES RENDUS QUOTIDIENS DU P.C. PLAN POLMAR

Imprimé par
INSTAPRINT - Tours

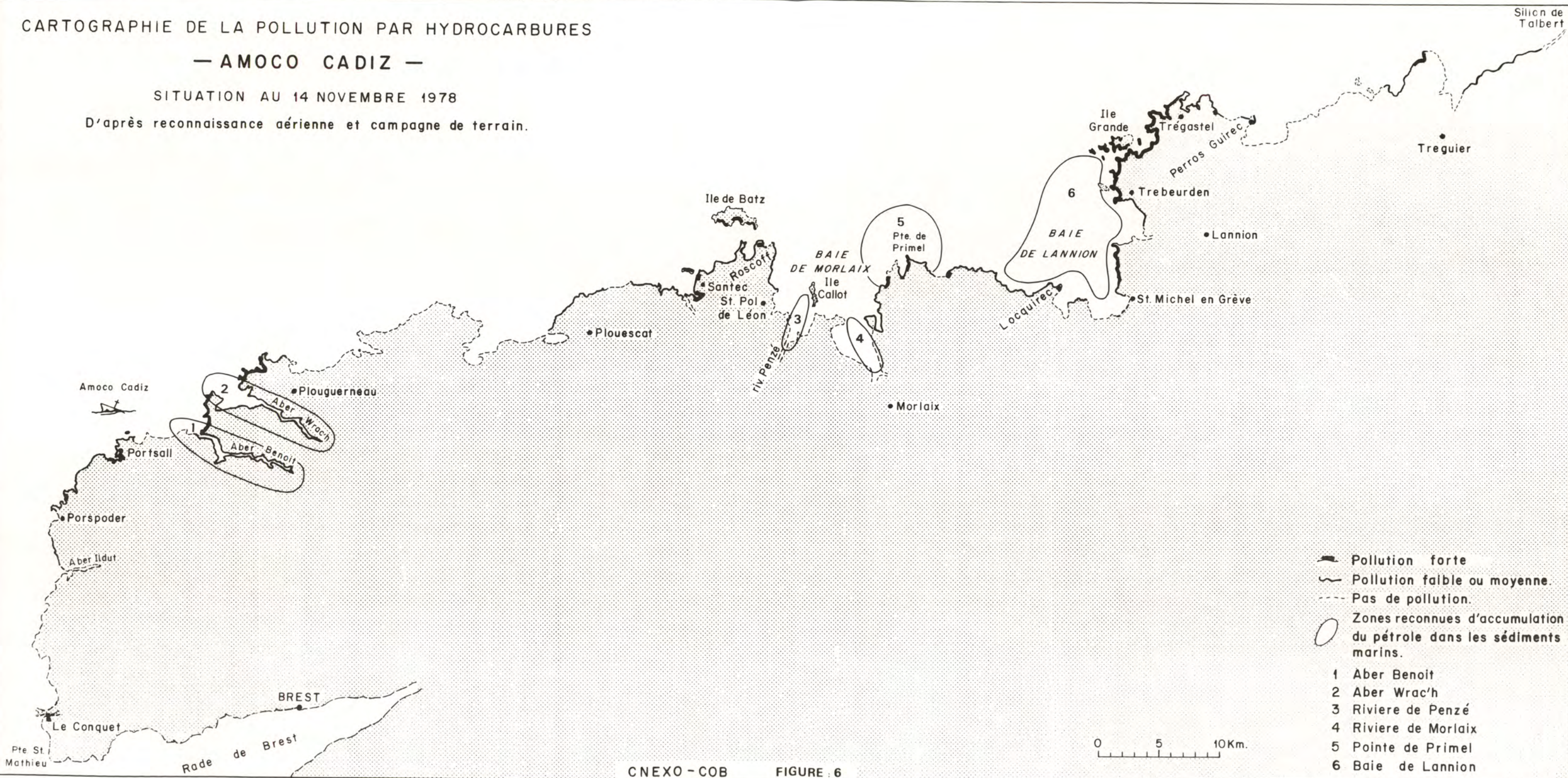
ISSN 0339 - 2899

CARTOGRAPHIE DE LA POLLUTION PAR HYDROCARBURES

— AMOCO CADIZ —

SITUATION AU 14 NOVEMBRE 1978

D'après reconnaissance aérienne et campagne de terrain.



CNEXO - COB FIGURE 6

- Pollution forte
- Pollution faible ou moyenne.
- Pas de pollution.
- Zones reconnues d'accumulation du pétrole dans les sédiments marins.
- 1 Aber Benoit
- 2 Aber Wrac'h
- 3 Riviere de Penzé
- 4 Riviere de Morlaix
- 5 Pointe de Primel
- 6 Baie de Lannion

