

Centre Océanologique de Bretagne - BREST

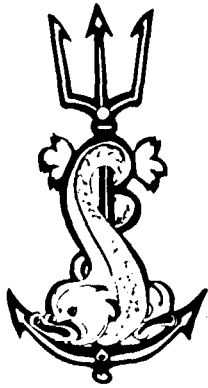
19 au 22 novembre 1979

## AMOCO CADIZ :

Conséquences d'une pollution  
accidentelle par les hydrocarbures

*Fates and effects of the oil spill*

# RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS



Centre Océanologique de Bretagne - BREST

19 au 22 novembre 1979

## AMOCO CADIZ :

Conséquences d'une pollution  
accidentelle par les hydrocarbures

*Fates and effects of the oil spill*

### RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS

# **SESSION 1**

## **POLLUTION DU MILIEU MARIN *POLLUTION OF MARINE ENVIRONMENT***

### **Thème 1**

**Distribution des hydrocarbures dans l'environnement  
*Distribution of hydrocarbons in the environment***

GC-MS ANALYSIS OF VOLATILE ORGANICS FROM ATMOSPHERES IMPACTED  
BY THE AMOCO CADIZ OIL SPILL

Betty J. Dowty, Jean W. Brown, Frank N. Stone, James Lake  
and John L. Laseter

Center for Bio-Organic Studies  
University of New Orleans  
New Orleans, Louisiana 70122

Gas chromatographic-mass spectrometric methods were used to characterize volatile organics from atmospheric samples. Samples were collected in duplicate at four separate locations in Brittany, France. Two of the sampling locations were heavily impacted by the oil spill resulting from the March 16, 1978 grounding of the Amoco Cadiz. A rural site in northern France well inland from the spill area and an urban site subjected to heavy auto emissions were also sampled for comparison.

Capillary columns wall coated with SF-96 were used to resolve the components trapped on the Tenax-filled cartridges. Approximately 130 organic components were resolved in several of these samples and detected in concentrations as low as 0.01 ug/m<sup>3</sup> of air. Approximately 67 different components were identified by mass spectrometry including saturated, unsaturated, branched and straight chain hydrocarbons, halocarbons, alkyl benzenes, alkyl naphthalanes and a few oxygenated compounds. The chromatographic profiles of the different sampling sites are compared on a qualitative and quantitative basis. Gaussian distributions of petroleum-related hydrocarbons in the undecane to pentadecane sample are evident in the chromatograms from the two oil spill impacted

atmospheres. Alkyl benzenes, constituents of gasoline, were present in higher concentrations in the urban site, when compared to the rural locations. Methyl and C<sub>2</sub> naphthalenes were detected in samples from the oil spill locations.

# SUIVI CHIMIQUE DE LA POLLUTION DE L'AMOCO CADIZ

## DANS L'EAU DE MER ET LES SEDIMENTS MARINS

par

M. MARCHAND et M.P. CAPRAIS (1)

La pollution pétrolière résultant de l'échouage du pétrolier "AMOCO CADIZ" sur la côte bretonne du Finistère Nord, le 16 mars 1978, a affecté un très large secteur de la Manche Occidentale.

Un suivi chimique a été réalisé pour évaluer l'étendue et l'importance de la pollution par hydrocarbures dans l'eau de mer, en surface et en profondeur, et dans les sédiments marins. L'évolution de la pollution de l'eau de mer a été observée durant une année, dans la zone côtière entre les Abers (Aber Benoît et Aber Wrac'h) et la Baie de Saint-Brieuc. L'évolution de la pollution des fonds marins a été suivie dans les deux abers et dans l'ensemble semi-fermé constitué par les baies de Morlaix et de Lannion.

Deux techniques de mesure ont été utilisées : la spectrofluorométrie pour les échantillons d'eau de mer, la spectrophotométrie I.R. pour les sédiments marins.

Les plus fortes teneurs d'hydrocarbure dans l'eau de mer ont été enregistrées dans la région des Abers et dans les Baies de Morlaix et de Lannion. Les analyses effectuées sur des échantillons d'eau de mer prélevés à différentes profondeurs ont montré que l'ensemble de la colonne d'eau a été contaminée par les hydrocarbures. En mars 1979, les taux d'hydrocarbures dans l'eau de mer sont revenus dans leur ensemble à la "normale", à l'exception toutefois des abers et du fond de la Baie de Lannion où de légers taux résiduels sont toujours observés.

La pollution des fonds marins est observée en avril 1978 en Manche Occidentale dans les zones côtières et du large atteintes par la dérive des nappes de pétrole. Les zones côtières les plus gravement touchées ont été les deux Abers et l'ensemble des baies de Morlaix et de Lannion. Le suivi de la pollution montre que le processus naturel de décontamination est étroitement lié à la nature du sédiment et au caractère abrité ou battu du secteur considéré.

## EVOLUTION DE LA POLLUTION DU LITTORAL BRETON PAR LES HYDROCARBURES

---

DE L'AMOCO CADIZ ENTRE MARS 1978 ET OCTOBRE 1979

---

L. d'OZOUVILLE (1), S. BERNE (2), E.R. GUNDLACH (3), et M.O. HAYES (3)

Très rapidement après l'accident de l'Amoco Cadiz, des études sur le terrain et par reconnaissance aérienne ont été entreprises pour suivre et comprendre l'évolution de la pollution du littoral breton. 23 stations, implantées entre Portsall et le sillon de Talbert, ont fait l'objet de descriptions précises et renouvelées dans le temps ( mars, avril, juillet et novembre 1978, mars et novembre 1979 ). Des observations visuelles et plus rapides ont été réalisées à 147 autres stations.

Dès la fin du mois de mars 1978, on pouvait estimer que 72 Kms de côte avaient été pollués par 64.000 tonnes d'hydrocarbures. Le changement de direction du vent à partir du 2 avril provoqua la pollution de nombreux secteurs qui avaient été protégés auparavant. A la fin avril, 363 Kms de côte étaient touchés, marquant la fin de la phase d'extension. La distribution de la pollution durant cette période de contamination a été contrôlée d'une part par la direction des vents et l'amplitude des marées et d'autre part par la géomorphologie du littoral. La phase de décontamination a réellement commencé en mai 1978. Indépendamment de toute intervention humaine de nettoyage, c'est la nature géomorphologique des zones atteintes qui aura contrôlé la vitesse de cette décontamination: dans les zones rocheuses battues par les vagues, l'autonettoyage aura été très rapide, de l'ordre de quelques semaines. Sur les plages, les hydrocarbures subissent une évolution plus complexe, associant des phénomènes d'interstratification et de percolation en relation avec la granulométrie du sédiment. L'interstratification des hydrocarbures provoquée par l'engraissement des plages pendant les périodes printanières et estivales a été suivie d'une remise en suspension dans l'eau de mer au cours de l'hiver 78-79, pendant la phase cyclique d'amaigrissement. Les estuaires et les marais, zones à faible énergie, ont été gravement touchés par la pollution et leur vitesse de décontamination est très lente. L'accident du pétrolier ARROW dans la baie de Chebadocto montre que, dix ans après, les marais sont toujours pollués.

.../...

- (1) Centre Océanologique de Bretagne. B.P. 337, 29273 BREST CEDEX
- (2) Service Hydrographique et Océanographique de la Marine ( établissement principal ) B.P. 426, 29275 BREST CEDEX
- (3) Geology Department, University of South Carolina, Columbia, South Carolina 29208

Il est donc possible de prévoir le comportement des hydrocarbures dans un environnement géomorphologique et d'évaluer le degré de vulnérabilité de cet environnement.

Il apparaît d'autre part que les techniques de nettoyage doivent être adaptées aux différents types de côte en intégrant la connaissance des paramètres tels que la granulométrie du sédiment, la portance du sol, la nature du substratum, la dynamique sédimentaire ( plages en phase d'érosion, d'accrétion ou alors ayant un profil d'équilibre ).

Compte tenu de la rapidité avec laquelle se produit une contamination accidentelle, il paraît indispensable d'acquérir à titre préventif une connaissance détaillée de ces paramètres pour les secteurs côtiers soumis à la menace potentielle d'une nouvelle marée noire. ( Ports pétroliers, rails maritimes ... )



MIGRATION PROCESSES OF STRANDED OIL WITHIN SANDY BEACHES :

WATER TABLE CONTAMINATION

B.F.N. LONG (1), J.H. VANDERMEULEN (2), D.E. BUCKLEY (2)

The fate of buried stranded AMOCO CADIZ within sandy beaches has been investigated with respect to its migration and distribution within the beach structure and the underlying water table.

Initially, it was hypothesized that such stranded oil buried during the beach constructional phase would be removed during the subsequent winter erosional phase (VANDERMEULEN et al, 1979).

Instead, observations at a number of sandy North Brittany beaches suggest that buried oil may migrate downward into the lower layers of the beach structure. In some beaches such migrated oil appears to have become stabilized on the surface of the beach water table.

We suggest that this vertical migration of stranded oil is a function of water table movement through the beach sediments during the tidal cycles. The primary factor affecting this process is the grain size of the sediments. In some beaches with an underlying impermeable sediment layer (E.G. Centre Héliomarin), this process is further modified with final movement of the migrating buried oil parallel to the bedding plane, and with eventual emergence of the oil in the lower intertidal and subtidal sediments at the foot of the beach. These observations are presented in the form of a general model for migration of buried oil within sandy sediments.

(1) Université de Québec, Rimouski, Québec, Canada.

(2) Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, NS CANADA B2Y4A2.

LA POLLUTION DU SUBLITTORAL AU NORD DE LA BRETAGNE PAR  
LES HYDROCARBURES DE L'"AMOCO CADIZ" : DISTRIBUTION ET EVOLUTION

Par

A. BESLIER<sup>\*\*</sup>, J.L. BIRRIEN<sup>\*\*\*</sup>, L. CABICCH<sup>\*\*\*</sup>, J.L. DOUVILLE<sup>\*\*\*</sup>, C. LARSONNEUR<sup>\*\*</sup>  
et L. LE BORGNE<sup>\*\*\*</sup>

\*\* Laboratoire de Géologie marine, Université de Caen

\*\*\* Laboratoire de Biologie marine, Roscoff

L'important programme de recherches mis en oeuvre après l'échouement de l'"Amoco Cadiz" a permis de déterminer en août 1978 la répartition des hydrocarbures en domaine subtidal, au nord de la Bretagne, principalement dans les baies de Morlaix et de Lannion. Un suivi trimestriel a été réalisé, complété en août 1979 d'un contrôle général des fonds dans la région affectée. Parallèlement, une étude hydrosédimentaire de la rivière de Morlaix a été entreprise pour connaître le fonctionnement de ce couloir estuarien et par conséquent les modalités de la pollution accidentelle de mars 1978 atteignant le domaine des parcs à huitres.

Dans un premier temps, le déversement massif de pétrole coïncidant avec une période de forte agitation de la mer a entraîné la pollution brutale de l'environnement marin, notamment du domaine subtidal occupé par des dépôts de nature très variée. Le transport en suspension des particules, principalement sous l'action des courants de marée, a provoqué la contamination préférentielle des sédiments fins concentrés dans les baies et les estuaires. Par la suite, les hydrocarbures ont subi des phénomènes de dégradation et de remaniement. Pendant la longue période de calmes estivaux, jusqu'en novembre 1978, la tendance générale a été à la décontamination sous l'action de la biodégradation et de la dispersion par les courants de marée; les fonds soumis à l'agitation la plus forte évoluant le plus rapidement. Pendant la période des tempêtes hivernales et printanières, jusqu'en mai 1979, les fortes houles ont provoqué le brassage des sédiments côtiers, nettoyé la majeure partie du littoral et libéré de nouvelles charges d'hydrocarbures plus ou moins dégradés. Remis en suspension, ce matériel a été dispersé par les courants pour aller s'accumuler dans les zones de basse énergie occupées par des sablons et des sédiments vaseux ou s'incorporer à certains dépôts hétérogènes envasés. La campagne du mois d'août 1979 a montré une diminution nette des teneurs, les restes de pollution étant concentrés dans les sédiments fins. Compte tenu des

cycles météorologiques saisonniers, les phénomènes observés au cours de la première année sont susceptibles de se reproduire en s'atténuant progressivement.

Les études hydrosédimentaires de la rivière de Morlaix révèlent une stratification des eaux particulièrement apparente en aval du confluent du Dourduff, en crue et en mortes-eaux. Les eaux marines circulent préférentiellement près du fond et, lors de la catastrophe de l'"Amoco Cadiz", la pollution de ce domaine estuarien protégé par des barrages de surface peut être attribuée à l'introduction vers l'amont de particules oléo-sédimentaires transportées en suspension près du fond.

EVOLUTION DES HYDROCARBURES DE  
L'AMOCO-CADIZ DANS L'EAU ET LE SEDIMENT DE L'ABER-BENOIT

G. MOREL et P. COURTOT

Laboratoire d'Océanographie Chimique - Institut d'Etudes Marines,  
Université de Bretagne Occidentale, 6, Avenue le Gorgeu, 29283 BREST-France

Un an et demi après l'accident de l'Amoco-Cadiz, l'Aber-Benoit demeure une zone fortement perturbée. Afin d'évaluer l'évolution quantitative et qualitative de cette pollution, nous avons effectué régulièrement divers prélèvements de sédiment, d'eau interstitielle, d'eau de mer et d'eau de rivière.

Les prélèvements de sédiment et d'eau interstitielle ont été effectués :

- mensuellement à l'intérieur d'un quadrat défini par les benthologues de l'Institut d'Etudes Marines de Brest, sur chacune des deux plages situées à l'entrée de l'aber : Brouennou et Corn ar Gazel,
- trimestriellement, sur le cours de l'aber.

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans le cadre des mesures hydrodynamiques menées par l'Unité Littoral du Centre Océanologique de Bretagne. Notre étude a porté sur les effets de localisation (amont, aval) et sur les effets de marée (flot, jusant). Pour cela nous avons prélevé de l'eau de fond, demi-fond et surface :

- au cours d'un cycle de marée en 2 points choisis pour leur intérêt hydrodynamique (entrée de l'aber, bouchon vaseux)
- trimestriellement le long d'une radiale portant sur la totalité de l'aber.

Diverses techniques ont été employées dans les mesures de concentration et d'identification des hydrocarbures : spectrométrie infra-rouge (I.R), résonance magnétique nucléaire (RMN) du proton et du carbone-13, analyse du carbone et de l'azote particulaires, chromatographie en phase gazeuse (CPG) sur colonne capillaire.

#### Sédiments

Les mesures de concentration par IR dans les sédiments mettent en valeur une décontamination partielle de l'entrée de l'aber, du chenal, des zones sableuses et du fond de l'aber. Par contre les zones vaseuses (Loc Majan, Coum), semblent accumuler une partie des rejets provenant des zones en voie d'épuration.

A l'aide de la RMN et de la CPG nous avons tenté de déterminer la distribution des hydrocarbures afin d'examiner leurs origines et leurs modes de dégradation dans divers échantillons. Il apparaît que les paraffines linéaires des zones battues sont dégradées dès janvier 1979 à plus de 60 %.

### Eau interstitielle

L'étude de l'eau interstitielle à Brouennou et Corn ar Gazel montre le caractère irrégulier de la remise en solution à partir des sédiments. Depuis novembre 1978, on peut noter sur ces deux sites une amélioration sensible, bien qu'à Brouennou, les teneurs demeurent élevées en juin 1979. On remarque pour les deux plages une forte dépollution en février et mars 79, qui pourrait être due aux grandes marées d'équinoxe de cette saison. L'empreinte des composés saturés établie par CPG est complètement différente de celle du pétrole d'origine dès mars 1979.

### Eau

Les teneurs trouvées par IR le long de la radiale d'amont en aval, ne mettent pas en évidence de diminution des concentrations en hydrocarbures totaux de novembre 78 à mars 79. En juillet 79, les teneurs sont en général moins élevées à pleine mer et plus élevées à basse mer. Ceci peut résulter du débit plus faible des rivières et de l'agitation moindre de la mer à cette époque. On note, quelle que soit la saison, de plus fortes concentrations en amont qu'en aval, et à basse mer qu'à pleine mer.

Il nous a paru intéressant de séparer la fraction hydrocarbonée de la totalité des matières organiques extractibles par le tétrachlorure de carbone (MOEt). En effet, en milieu océanique, la purification préliminaire des échantillons ne semble pas toujours nécessaire, étant donné l'homogénéité des masses d'eau considérées, alors qu'en milieu estuarien interviennent de nombreux apports organiques d'origine terrigène. Afin de mieux cerner les problèmes d'autoépuration de l'aber par voie dynamique, nous avons effectué, en collaboration avec l'Unité Littoral du COB, une étude en parallèle des hydrocarbures et des matières en suspension. Une corrélation significative à mieux que 99 % des teneurs en hydrocarbures avec les particules en suspension fut établie.

L'analyse spectrale par CPG sur colonne capillaire, a permis de confirmer la présence d'hydrocarbures adsorbés sur les particules. Elle a de même mis en évidence dans l'eau de salinité inférieure à 29 ‰ de l'Aber-Benoit, à marée descendante, une biodégradation prononcée des paraffines linéaires, qui n'apparaît pas dans l'eau entrant, de salinité supérieure à 32 ‰. La présence d'une population bactérienne bien adaptée à ce métabolisme à l'intérieur de l'aber pourrait expliquer ces constatations. Par contre la mesure des rapports C/N particulières ne donne pas de valeurs significatives faisant apparaître la présence d'hydrocarbures adsorbés sur les particules.

Nous avons, pour interpréter l'ensemble de ces résultats, enfin tenté d'établir un bilan de l'évacuation hors de l'aber des hydrocarbures pétroliers par voie hydrodynamique.

SUIVI DE LA RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE DE SEDIMENTS LITTORAUX  
SABLO-VASEUX DE LA MANCHE OCCIDENTALE EN RELATION AVEC  
LA POLLUTION DE L'AMOCO CADIZ

-----

P. GUEGUENIAT      Laboratoire de Radioécologie Marine  
                         CEA - B.P. 270 - 50107 CHERBOURG

J.P. AUFFRET        Laboratoire de Géologie Marine  
                         Université de Caen - 14032 CAEN

M. KHALANSKI        E.D.F. Direction Etudes et Recherches  
                         78400 CHATOU

S. ROUDESLI         Laboratoire de Chimie Macromoléculaire  
                         Faculté des Sciences de ROUEN

J.C. PELTIER         Laboratoire d'Ecophysiologie  
                         Faculté des Sciences de ROUEN

-----

Les émetteurs gamma  $^{144}\text{Ce}$  et  $^{106}\text{Ru}$  constituent l'essentiel de la radioactivité artificielle introduite ces dernières années dans le milieu marin ; ils ont une double origine : retombées atmosphériques consécutives aux récents tests nucléaires chinois dans l'atmosphère, rejets industriels des usines de traitement de combustibles irradiés. Le présent travail traite des effets du naufrage de l'Amoco Cadiz sur la distribution de ces deux radio-nucléides dans des sédiments littoraux sablo-vaseux recueillis entre l'Aber Benoit et la baie de Saint Briec. L'état de référence, établi un an auparavant, montre que cette zone se découpe sur le plan radioactivité en trois secteurs :

1) de Brest à la baie de Morlaix un secteur (A) soumis uniquement à la contribution des retombées atmosphériques

2) de la Jaudy à la baie de Saint Briec un secteur B - qui se rattache au golfe Normand-Breton situé plus à l'est - soumis au double impact des retombées atmosphériques et des rejets de l'usine de traitement de La Hague implantée dans le nord-ouest du Cotentin

3) un secteur intermédiaire B se rattachant selon les circonstances à l'un ou l'autre des secteurs limitrophes A et C.

Entre février 1977 et juillet 1978, soit 11 mois avant et trois mois après l'échouage de l'Amoco Cadiz, on observe dans les régions les plus gravement polluées par hydrocarbures (abers et baie de Morlaix) une nette augmentation des teneurs en  $^{144}\text{Ce}$  que l'on peut résumer en se référant à l'aber Vrach.

<u>Activité des sédiments</u>	<u>Répartition par classe (%)</u>	
	<u>février 1977</u>	<u>juillet 1978</u>
3 à 4 pCi/g	0	5
2 à 3	0	50
1 à 2	0	25
0,5 à 1	10	10
0,2 - 0,5		
valeurs peu significatives (50-100 % d'erreur)	40	5
non mesurable	50	5

TABLEAU 1 - Répartition par classe des activités en  $^{144}\text{Ce}$  des sédiments de l'aber Vrach (%)

Cette évolution dans le taux de radioactivité, replacée dans le contexte général des investigations menées sur l'ensemble du littoral français, présente les caractéristiques suivantes :

- elle ne semble pas devoir être explicable par les effets de l'explosion chinoise de mars 1978
- elle se déroule en sens inverse de l'évolution des rejets industriels dans lesquels la teneur en  $^{144}\text{Ce}$  diminue progressivement par suite de l'amélioration des rendements de décontamination avant rejet.

Ainsi dans les sédiments du golfe normand-breton les rapports  $^{106}\text{Ru}/^{144}\text{Ce}$  qui étaient de 1,5 en février 1977 sont passés à 2 en juillet 1978 puis à 3 en février 1979 et sont à l'heure actuelle de 5 (juillet-août 1979). Ces mêmes rapports en juillet 1978 et février 1979, dans les abers, sont restés sensiblement constants de l'ordre de 0,3 à 0,45 ce qui correspond à ce que l'on observe sur le littoral de Nantes à Brest non affecté par des rejets industriels. Par conséquent il ne peut y avoir eu extension de la limite de l'influence des rejets industriels sous l'effet des mouvements

de va-et-vient de la nappe d'hydrocarbures

c) elle est essentiellement imputable aux hydrocarbures. On relève en effet une corrélation très nette entre les taux de  $^{144}\text{Ce}$  et les teneurs en hydrocarbures des sédiments recueillis en juillet 1978 et février 1979.

Pour expliquer ce phénomène, en tenant compte de la nature particulière du  $^{144}\text{Ce}$ , nous avons émis l'hypothèse d'une récupération par la nappe d'hydrocarbures en surface et en profondeur des particules en suspension présentes dans l'énorme masse d'eau polluée, suivie d'un dépôt plus ou moins rapide sur le littoral.



# **SESSION 1**

**Thème 2 :**

**Processus d'évolution chimique des hydrocarbures**  
*Chemical evolution of hydrocarbons*

VIEILLISSEMENT DU BRUT ARABIAN LIGHT EN MER  
EVOLUTION DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES SUR SIX MOIS

J.C. ROUSSEL (INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE)

R. GAUTIER (PORT AUTONOME DU HAVRE)

R E S U M E

La cargaison de l'AMOCO-CADIZ était constituée d'un mélange d'Arabian light et d'Iranian light. Nous avons choisi le premier d'entre eux afin de suivre l'évolution de ses caractères physico-chimiques sur un cycle d'une année. Nous donnerons ici les résultats obtenus pendant les six premiers mois.

1 - Implantation

Afin de se placer le plus près possible des conditions naturelles, nous avons choisi un site où le brut serait soumis au vent, à l'action du soleil, au mouvement des vagues et des marées, ceci à la surface d'une eau dont la qualité ne risquait pas d'ajouter une pollution secondaire à celle que nous provoquions.

Le lieu choisi : l'avant-port d'Antifer répondait à ces différents critères. Quatre cents litres de pétrole brut "Arabian light" ont été déversés le 22 Mars 1979 dans une enceinte flottante de 25 m<sup>2</sup> ancrée à une trentaine de mètres du bord du bassin (bassin en principe interdit au public et réservé aux services portuaires). L'eau de mer avant l'épandage contenait 25 ppb ( $\mu\text{g/l}$ ) d'hydrocarbures. Le dosage a été réalisé par spectrométrie infrarouge après passage de l'extrait sur Florisil.

2 - Prélèvements et traitement des échantillons

Des échantillons :

- . du pétrole (ou de l'émulsion)
- . de l'eau située immédiatement sous la nappe
- . de l'eau située à proximité de l'enceinte

ont été prélevés à fréquence décroissante (1h, 24h, 1 semaine, 2 semaines, puis tous les mois).

Pour les eaux nous avons simplement dosé la quantité d'hydrocarbures dissous ou émulsionnés.

L'émulsion (eau/pétrole) a été séparée en 3 fractions : eau, fraction de distillation point initial - 340 °C et résidu au-dessus de 340 °C.

Les distillats sont analysés par chromatographie gazeuse (distillation simulée, rapport pristane/heptadécane et phytane/octadécane).

Les résidus, après dosage du Ni, Vanadium et du soufre sont séparés en 4 fractions : hydrocarbures saturés, hydrocarbures aromatiques, résines et asphaltènes. Dans chaque fraction on s'est efforcé de mesurer les paramètres qui nous paraissent les plus intéressants : on aboutit ainsi à 38 déterminations par prélèvement.

3 - Résultats

- Hydrocarbures dans l'eau : la concentration en hydrocarbures passe par un maximum (prélèvement après une semaine) et redescend très rapidement à une valeur stable ( $50 \mu\text{g/l}$ ), une légère remontée de la concentration ( $75 \mu\text{g/l}$ ) correspond à une plus grande agitation (tempêtes de la première semaine d'Août).

- Emulsions : elles contiennent 10 % d'eau après 24 heures, 76 % au bout d'une semaine et elles gardent cette teneur.

- Distillat : il représente 49 % en poids dans le brut initial, 28 % après une semaine et se stabilise vers le mois de Juin à 12-13 %. Les rapports isoprénoïdes/paraffines normales ne varient pas.

- Résidu 340<sup>+</sup> : aucun des paramètres (30) déterminés jusqu'à présent ne subit de variation significative après six mois de séjour à la surface de l'eau.

#### 4 - Conclusion

Cette étude semble montrer qu'en eau libre les seules variations que nous avons pu constater étaient les effets classiques dûs à l'évaporation et à la dissolution des constituants légers. Aucune action oxydante ou biologique évidente n'est apparue dans les échantillons recueillis en surface. Faut-il en conclure que rien ne se passe concernant ces constituants et qu'ils sont tôt ou tard rejetés à la côte ? ou doit-on remettre en question le choix du site qui ne possède peut être pas une population bactérienne suffisante ? Passé le cycle d'un an nous projetons de charger l'eau en éléments susceptibles d'accroître les populations bactériennes et de continuer à suivre cette évolution. Notons, au point de vue de l'identification d'une pollution, que le spectre infrarouge du résidu 340<sup>+</sup> après six mois est le même que celui du produit d'origine.

YEAR STUDY OF WEATHERING PROCESSES  
ACTING ON THE AMOCO CADIZ OIL SPILL

CALDER J.A. and BOEIM P.D.

The AMOCO CADIZ cargo was converted to a water-in-oil emulsion (mousse) almost immediately after release from the vessel or even prior to release due to tide and wave-induced mixing with water entering the bottom of the rupture tanks. Floating mousse adjacent to the ship contained 40-60% water, while beached mousse contained up to 75 % water. The fresh mousse (no authentic cargo oil was obtained) contained alkanes from nC-8 to greater than nC-30, with nC-11 being the most abundant. The ratios of nC-17 to pristane and nC-18 to phytane were 3.3 and 2.3, respectively. The predominant aromatic hydrocarbons were naphthalene and the C1, C2 and C3 isomers. Dibenzothiophene and its C1, C2 and C3 isomers were also prominent. A series of incoming mousse was collected at the shoreline for a distance of 100 MI from the wreck site. The effects of weathering processes became more obvious with greater distance. Calculated residence times for various components of the mousse ranged from 2 days (tetramethylbenzene, naphthalene, alkanes with fewer than 12 carbon atoms). The proportion of polar material in the mousse did not vary consistently with time. The relative constancy of alkane to isoprenoid ratios in the mousse samples indicates that microbial degradation was not a major factor. Microbial degradation was an important process in the weathering of oil emulsified in the water column.

A series of sediment samples collected in the Aber Wrac'h over a several-month period following the wreck were analyzed to observe longer-term weathering. On April 6, hydrocarbons in the sediment resembled those emulsified in the water column in the Aber Wrac'h.

Lital extractable material and individual hydrocarbons in the sediment decreased rapidly during the first 3 months to a low level (about 200 ppm extractable material) which remained relatively constant for the next 9 months. Microbial degradation appeared to be a major loss mechanism. In March 1979, the remaining aromatic hydrocarbons were primarily alkylated phenanthrenes and dibenzothiophenes.

COMPARATIVE WEATHERING PATTERNS OF HYDROCARBONS  
FROM THE AMOCO CADIZ OIL SPILL  
OBSERVED AT A VARIETY OF COASTAL ENVIRONMENTS

P.D. BOEIM and D.L. FIEST

Oil spilled from the AMOCO CADIZ wreck was eventually distributed along a 320 km length of shoreline along the Brittany coast. Surface sediment and sediment core samples, obtained in the 15 months after the spill from a variety of coastal environments (e.g., beaches, coastal embayments, offshore benthic sites, salt marshes) along the impacted coast have been analyzed in detail by glass capillary gas chromatography and combined gas chromatographic mass spectrometry to determine the detailed aliphatic and aromatic hydrocarbon composition and concentrations of the residual AMOCO CADIZ oil.

As a general rule, oil is long-lived in the sediments but weathered rapidly with the components most resistant to physical, chemical and biochemical weathering being the alkylated organosulphur compounds (Dibenzothiophenes, the naphtho-aromatics, the naphthenic compounds and the polycyclic aliphatics (e.g., pentacyclic triterpaneshopanes). All of these compound classes may serve as long term markers of the persistence of the AMOCO CADIZ oil.

Weathering patterns and rates of weathering varied from location to location. The long term (March 1978 - August 1979) changes in the hydrocarbon concentrations and compositions at different sites along the coast including Portsall (AMC -4), Aber Wrac'h, Aber Benoît, Bay of Lannion, Bay of Morlaix, and Ile Grande marsh, are compared giving a detailed comprehensive long-term account of the fate of oil in the benthic environment at each location. Changes in weathering patterns are compared in terms of shoreline energy, sediment oxidation state, distance from wreck site, and extent of oiling, etc. The vertical penetration and residence of spilled oil within the sediment column (0-30 cm) are presented.

## EVOLUTION DES HYDROCARBURES PRESENTS

DANS LES SEDIMENTS DE L'ABER WRAC'H, D'AVRIL 1978 à FEVRIER 1979

J. DUCREUX (INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE)

M. MARCHAND (C.O.B.)

### R E S U M E

L'évolution des caractères physico-chimiques du brut piégé dans les sédiments à la suite du naufrage de l'AMOCO-CADIZ, a été étudiée sur une période d'un an.

Quatre campagnes de prélèvements ont été effectuées par le C.O.B.

A la fin du mois de Mars 1978, les teneurs observées (de 770 mg/kg de sédiments à plus de 12000) montrent que l'ensemble de l'ABER WRAC'H est pollué, qu'en Février 1979, l'Aber reste très pollué (1200 à 2700 mg/kg de sédiment). La décontamination n'est observée qu'à l'embouchure de l'Aber dans une zone de sable fin (110 mg/kg de sédiment).

L'analyse des paramètres physico-chimiques du brut est faite, par comparaison avec un prélèvement effectué à PORTSALL en Mars 1978.

La teneur en métaux (nickel, vanadium) semble peu altérée. En ce qui concerne le soufre, on observe une relative constance de la concentration pour les stations à caractère maritime (2,5 à 3 % poids).

Pour les stations à caractère continental, la concentration croît entre les deux premiers prélèvements et retrouve une teneur moyenne de 2,5 % pour les prélèvements suivants. Comme pour les métaux, ces variations peuvent s'expliquer par des variations de concentrations relatives dans le mélange des deux bruts (Arabian light, Iranian light).

Par rapport au prélèvement de PORTSALL (Mars 1978), la répartition en familles (saturés, aromatiques, résines, asphaltènes) a évolué entre l'échouement et le premier prélèvement (31 Mars 1978) : accroissement de la teneur en hydrocarbures aromatiques, résines et asphaltènes. Cette évolution, à l'exception de la biodégradation des n-alcanes, semble ensuite beaucoup moins marquée.

Sur certaines stations, l'analyse chromatographique des fractions saturées montre, en superposition au profil de pollution, la présence d'hydrocarbures biogéniques (prédominance de n-alcanes à nombre impair de carbones).

L'étude par spectrométrie de masse des fractions saturées met en évidence une augmentation relative des naphthènes supérieurs à deux noyaux, au détriment des paraffines.

L'analyse des hydrocarbures aromatiques par chromatographie gazeuse, avec un détecteur spécifique du soufre, permet de remarquer une similitude des profils et d'identifier la pollution.

La spectrométrie infrarouge montre une évolution du taux d'oxydation confirmée par l'analyse élémentaire (formation d'acides).

En conclusion, un an après l'accident, le niveau de pollution de l'ABER WRAC'H reste élevé, principalement dans les zones vaseuses et l'évolution du brut

piégé semble être limitée à la disparition des n-alcanes et à une oxydation partielle. Les prélèvements devront donc être poursuivis régulièrement pour suivre l'état de la pollution.

# **SESSION 1**

**Thème 3 :**

**Processus de biodégradation des hydrocarbures**

***Degradation processes of hydrocarbons  
by microorganisms.***



MISE EN EVIDENCE ET ESTIMATION QUANTITATIVE  
DE LA BIODEGRADATION IN SITU  
DES HYDROCARBURES DE L'AMOCO CADIZ

Par  
Alain AMINOT \*

\* CNEXO-COB, Département Environnement Littoral et Gestion du Milieu Marin,  
BP 337, 29273 BREST CEDEX

Résumé :

Outre les moyens mis en oeuvre par l'homme pour se débarrasser des hydrocarbures déversés lors d'une marée noire, un certain nombre de phénomènes naturels concourent à cette élimination. Parmi ces derniers, la biodégradation joue un rôle quantitativement difficile à déterminer si l'on se réfère aux valeurs très variables données dans la littérature.

En nous appuyant sur les nombreuses mesures hydrologiques et biologiques réalisées après l'échouage, nous avons tenté d'effectuer une approche indirecte du phénomène de biodégradation.

C'est essentiellement par l'observation de déficits en oxygène que l'on a pu mettre en évidence le phénomène. L'association de déficits en azote et en phosphore à ces déficits en oxygène ont confirmé les hypothèses et ont permis une estimation quantitative.

Les nombreuses variables entrant en jeu en milieu côtier ont été prises en compte pour éliminer au mieux les effets dus à des causes extérieures : salinité, phytoplancton, zooplancton.

Les résultats obtenus montrent que la vitesse de dégradation se situe dans les valeurs les plus basses trouvées dans la littérature ( $\approx 10 \text{ g/m}^3$  par an).

En déterminant approximativement la zone où cette biodégradation a pu être mise en évidence, l'ordre de grandeur de la quantité dégradée en deux semaines a été estimé à 10 000 tonnes.

HYDROCARBON - UTILIZING MICROBIAL ACTIVITY IN MARSH,  
MUDFLAT AND SANDY SEDIMENTS FROM NORTH BRITTANY.

JH VANDERMEULEN (1) RW TRAXLER (2)

Of interest are the role of Hydrocarbon - Utilizing bacteria in the degradation of stranded Amoco Cadiz oil and the extent to which microbial activity is distributed in various North Brittany shorelines.

Sediments were obtained from an oiled mudflat (Aber-Benoit), oiled saltmarsh (Ile Grande) and oiled sandy beaches (centre Héliomarin and presqu'ile Sainte Marguerite).

Microbial activity was assayed both for cell viability in the presence of bunker C as compared to standard OZR medium, and for the ability to mineralize a representative N-Alkane (Hexadecane) and aromatic hydrocarbon (Naphtalene). Rates of aliphatic hydrocarbon utilization were generally lower than that of hydrocarbon in all three sediment types. Aromatic hydrocarbons (naphtalene) utilized per hour ranged from 6  $\phi$  NG/HR for buried oil in sand to 27  $\phi$  NG/HR for oiled marsh sediments, while controls were 2 NG/HR for sand and 37 NG/HR for unoiled marsh sediments.

It appears that all sediments analyzed possessed representative hydrocarbon-utilizing bacteria with petroleum degradative potential.

N-Alkane utilization appeared to occur more readily than aromatic degradation.

- (1) Marine Ecology Laboratory, Bedford Institute of Oceanography DARTMOUTH, NOVA SCOTIA, CANADA B2Y 4A2
- (2) Dept of Plant Pathology-Entomology, University of Rhode Island KINGSTONE RI USA 02881

## MICROBIAL HYDROCARBON DEGRADATION WITHIN INTERTIDAL ZONES

---

### IMPACTED BY THE AMOCO CADIZ OIL SPILLAGE

---

By RONALD M. ATLAS AND ANNE BRONNER

This study examined the response of intertidal microbial populations to the influx of hydrocarbons from the Amoco Cadiz oil spillage. Elevated populations of hydrocarbon utilizing microorganisms indicated a biologically detectable response to the presence of polluting hydrocarbons one year following the spillage: impact was apparent from the vicinity of the wreck site near Portsall to the salt marsh at Ile Grande. The microbial hydrocarbon biodegradation potentials indicated preferential utilization of n-alkanes and cometabolic degradation of aromatic hydrocarbons: potential rates of microbial hydrocarbon degradation were estimated at 0.5 Kg petroleum hydrocarbon degraded/hectare/day.

Keywords: microbial hydrocarbon biodegradation, Amoco Cadiz, microbial populations

Department of biology, University of Louisville, KENTUCKY USA

The effect of the Amoco Cadiz oil spill on predominant  
anaerobic processes in coastal sediments

M. R. Winfrey and D. M. Ward  
Department of Microbiology  
Montana State University  
Bozeman, MT 59717 U.S.A.

Sediment water chemistry, sulfate reduction and methanogenesis were examined in beach, marsh and estuary sediments along the Brittany coast impacted by the Amoco Cadiz oil spill. A heavily oiled site and an unoiled or lightly oiled site was sampled from each sediment type. Sulfate was abundant in all core sections (0-30 cm) indicating that samples were above the sulfate depletion zone. Sulfate reduction and methane production rates were higher at or near surface sediments than in deeper core sections. This variance with depth was less pronounced in sandy beach sites than in the muddy estuary and marsh sites. Radioactive tracer experiments using 2-<sup>14</sup>C-acetate, an important substrate for methanogenic and sulfate-reducing bacteria, revealed that 2-<sup>14</sup>C-acetate was metabolized primarily to <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> and not <sup>14</sup>CH<sub>4</sub> in most samples. These results suggest the predominance of sulfate reduction in the sediments studied, although concomitant methanogenesis occurs, as evidenced by the slow, but definitive rates and significant conversion of H<sup>14</sup>CO<sub>3</sub> to <sup>14</sup>CH<sub>4</sub> during early incubations. Variations between oiled and control sites were minimal, although at Ile Grande lower sulfate reduction rates were observed in the oiled site than at the control site. Conversion of 2-<sup>14</sup>C acetate to <sup>14</sup>CH<sub>4</sub> and increased conversion of <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> to <sup>14</sup>CH<sub>4</sub> was observed only at the Ile Grande oiled site. These results suggest the possible alteration of normal anaerobic sediment processes in this heavily impacted salt marsh sediment.

## ÉCOLOGIE MICROBIENNE DE QUELQUES SÉDIMENTS LITTORAUX POLLUÉS PAR L'AMOCO CADIZ

BALLERINI Daniel<sup>\*</sup>, KAISER Paul<sup>\*\*</sup>, RIVIERE Jacques<sup>\*\*</sup>,

\* Direction Environnement et Biologie Pétrolière  
Institut Français du Pétrole  
4, avenue de Bois Préau, 92506 Rueil

\*\* Laboratoire de Microbiologie, I.N.A. P-G.  
9, rue de l'Arbalète, 75231 Paris cédex 05

### RESUME

Les auteurs ont réalisé une étude aussi complète que possible de l'écologie microbienne de 3 sédiments littoraux. Les prélèvements ont été faits à Saint-Michel en Grève (sable imprégné de pétrole) et à l'Aber Benoit (vase et humus imprégnés de pétrole), à 3 reprises au cours de l'année 1979, en janvier, juin et septembre.

On a dénombré, en fonction du temps écoulé, les divers types microbiens, un certain nombre de groupes fonctionnels du cycle de l'azote, du cycle du carbone, et du cycle du soufre.

On a ensuite identifié une centaine de souches et calculé leur répartition en pourcentage dans les trois prélèvements.

Les premiers résultats mettent en évidence que les microorganismes sont beaucoup plus nombreux dans l'humus que dans le sable ou dans la vase imprégnés. Il s'agit surtout de bactéries aérobies dont le plus grand pourcentage est constitué de bâtonnets Gram négatifs appartenant à divers genres (*Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Pseudomonas*) et anaérobies facultatives (*Aeromonas*, *Enterobacteriaceae*).

Les trois échantillons contiennent également des bactéries dégradant les hydrocarbures. Les bactéries anaérobies strictes, dont celles du cycle du soufre, paraissent jouer un rôle, car il y a une quantité notable de bactéries sulfato-réductrices et de bactéries du genre *Desulfuromonas*. Ces dernières sont capables d'oxyder l'acétate en réduisant le soufre en sulfures.

A partir de ces données, nous avons tenté d'établir un schéma hypothétique de la chaîne de biodégradation des hydrocarbures et du rôle du cycle du soufre dans cette chaîne.

## SIMULATION EN LABORATOIRE DE LA DÉGRADATION MICROBIOLOGIQUE DU PÉTROLE EN MILIEU MARIN.

D. BALLERINI\*, J. RIVIERE\*\* et J.P. VANDECASTEELE\*

\* Direction Environnement et Biologie Pétrolière  
Institut Français du Pétrole  
4, avenue de Bois Préau, 92506 Rueil

\*\* Laboratoire de Microbiologie, I.N.A. P-G.  
9, rue de l'Arbalète, 75231 Paris Cédex 05

### RESUME

On présentera les résultats préliminaires d'un travail entrepris dans le cadre d'un contrat NOAA-CNEXO.

Ce travail a pour objet de déterminer la proportion de pétrole brut qui est microbiologiquement dégradable dans des conditions optimales, compatibles avec l'environnement marin.

Le travail est effectué en fermenteurs de laboratoire contenant un milieu salin (eau de mer artificielle) à température contrôlée (20°C) et à pH réglé à 8,1 (pH voisin de celui de l'eau de mer).

Le substrat à dégrader est un pétrole brut Arabian Light qui a été étêté à 240°C dans le but de se rapprocher le plus possible des conditions rencontrées en mer. En effet, une grande partie des fractions légères sont, dans les premiers jours, suivant le déversement du brut en mer, éliminées par évaporation.

Par des cultures d'enrichissement successifs obtenus à partir d'échantillons de sédiments littoraux pollués par le brut de l'Amoco Cadiz, nous avons sélectionné une culture mixte de bactéries bien adaptées à la dégradation des hydrocarbures.

Par ailleurs, il a été nécessaire de mettre au point des techniques analytiques adaptées aux conditions particulières de cette étude, pour suivre la croissance des microorganismes, et pour la détermination des hydrocarbures.

Les cultures ont été effectuées d'abord en fermenteur "batch" puis en continu. Les résultats actuels mettent en évidence une bonne dispersion du brut dans le fermenteur, une bonne croissance et un taux de dégradation important pour les hydrocarbures saturés (plus de 50 %) et aromatiques (environ 40 %).

L'étude de la microflore présente dans ces cultures a été abordée. Les bactéries responsables ont été dénombrées après dilution et ensemencement dans un milieu liquide et isolées après passages successifs sur milieu gélosé, le pétrole ayant été apporté sous forme de papier filtre imprégné. Les souches ont été identifiées d'après les caractères donnés dans la 8ème édition du "Bergey's Manual of Determinative Bacteriology". Il s'agit de bâtonnets gram-négatifs appartenant aux genres Pseudomonas, Flavobacterium, Acinetobacter, Moraxella.

## **SESSION 2**

### **IMPACT ÉCOLOGIQUE *ECOLOGICAL IMPACT***

#### **Thème 1 :**

**Impact écologique dans le domaine intertidal  
*Ecological intertidal impact***



IMPACT DE LA POLLUTION PAR HYDROCARBURES  
SUR UNE POPULATION DE CRUSTACES ISOPODES D'ESTRANS MEUBLES INTERTIDaux

M. BLANCHARD

Résumé.

Cette étude est le bilan de prélèvements mensuels, réalisés depuis 16 mois sur la plage de Tréompan (face au lieu d'échouage du pétrolier "Amoco Cadiz").

Nous y avons suivi une population d'isopode du genre *Eurydice*, hôtes permanents des estrans meubles, et qui ont donc affronté pendant plusieurs mois un milieu rendu hostile. Des comparaisons ont été réalisées avec d'autres estrans non pollués.

Des expériences in vitro ont été réalisées pour suivre le comportement des individus dans le pétrole.

Après une disparition brutale et un déficit constant jusqu'à nos jours, la population montre une structure en rééquilibre.

Une étude comparée de la croissance a été réalisée sur les deux espèces *Eurydice affinis* et *Eurydice pulchra*.

ETUDE DES POPULATIONS DE LA MACROFAUNE ET LEURS JUVENILES  
SUR LES PLAGES DES ABERS BENOIT ET WRAC'H

par  
Y. LE MOAL et M. QUILLIEN-MONOT

*Laboratoire d'Océanographie Biologique  
Faculté des Sciences et Techniques  
29233 BREST Cedex*

RESUME :

Après la marée noire de l'"AMOCO CADIZ", un suivi écologique du peuplement intertidal meuble, aux embouchures des Abers, est assuré depuis novembre 78.

Sur quatre plages, nous suivons le devenir des populations de la macrofaune (retenue sur tamis de maille carrée d'1 mm).

A partir de données obtenues dans ce secteur, avant l'arrivée des hydrocarbures, nous avons mis en évidence un peuplement de sable fin à moyen caractérisé par deux Polychètes ; *Spio martinensis* et *Scoloplos armiger*.

La distribution des populations dessinait un écocline le long d'un gradient hydrodynamique.

Les perturbations subies par le peuplement se traduisent par un déséquilibre qualitatif et quantitatif de la composition faunistique.

Certaines populations n'ont pas réapparu ; ainsi, parmi les quatre espèces principales de l'étage médiolittoral, trois ne se sont toujours pas réinstallées en juillet 79 (*Scoloplos armiger*, *Notomastus latericeus*, *Bathyporeia sarsi*).

Par contre, elles sont remplacées par de petits Polychètes (Capitellidae et Cirratulidae), présents à l'état latent dans l'ancien peuplement. Témoins d'une surcharge en matière organique, ceux ci se développent particulièrement dans les sites abrités.

Au sein même, de cette faune à caractère opportuniste s'amorcent des phénomènes de succession, dont l'observation doit être poursuivie.

Pour compléter cette étude classique de la macrofaune, des prélèvements mensuels, de surface plus petite, et triés sur un tamis de 200  $\mu$  de maille, sont réalisés sur deux des plages (Corn ar Gazel, Brouënnou).

Ces prélèvements permettent d'échantillonner :

- d'une part, les formes juvéniles de la macrofaune (mixobenthos) ;
- d'autre part, les organismes qui, à l'état adulte, ont une taille limite entre la méiofaune vraie et la macrofaune (Syllidae, Oligochètes, Tanaidacés, Cumacés).

Des prélèvements du 17 mars 1978, avant l'arrivée de la marée noire, servent d'état de référence pour l'une des deux plages. La variation des densités des différents groupes est présentée dans cette étude. L'absence de juvéniles de certaines espèces de la macrofaune est confirmée ainsi que la prolifération en milieu abrité (Brouënnou) des juvéniles de Capitellidae. Des densités élevées des groupes de petite taille (Syllidae) sont observées régulièrement sur la plage de Brouënnou.

Ainsi, l'étude simultanée des juvéniles et des adultes des populations macrobenthiques met en évidence le déséquilibre créé au sein du peuplement par la marée noire de l'"AMOCO CADIZ".

EVOLUTION TEMPORELLE DU MEIOBENTHOS ET DU MICROPHYTOBENTHOS  
SUR QUELQUES PLAGES TOUCHEES PAR LA MAREE NOIRE DE L'"AMOCO CADIZ"

par

Ph. BODIN et D. BOUCHER

*Laboratoire d'Océanographie Biologique  
Faculté des Sciences et Techniques  
29223 BREST Cedex*

RESUME :

Dans le cadre du suivi écologique de la côte nord-Finistère touchée par la marée noire de l'"AMOCO CADIZ", les variations temporelles du microphytobenthos et de la méiofaune sont étudiées sur deux plages situées à l'entrée de l'Aber Benoit. Des prélèvements mensuels sont effectués depuis novembre 1978, au niveau de l'étage médiolittoral, sur une plage de sable fin à moyen propre (Corn ar Gazel) et sur une plage de granulométrie semblable mais plus riche en débris algaux (Brouënnou). De plus, la méiofaune est suivie mensuellement depuis le 17 mars 1978 sur une troisième plage, au sédiment plus grossier, située près de Portsail (Kersaint).

La biomasse du microphytobenthos est évaluée par la teneur en pigments du sédiment (chlorophylle a et phéophytine). Il est tenu compte de la répartition verticale de ces pigments au sein de la couche superficielle du sédiment.

Quantitativement, à Corn ar Gazel, la teneur en chlorophylle a des douze premiers centimètres de sédiment ne montre pas de variations temporelles, mais la répartition en profondeur permet de distinguer deux périodes : une période hivernale (décembre 1978 à mars 1979) au cours de laquelle la sous-couche intermédiaire (4 à 8 cm) est sensiblement la plus riche, et une période estivale (mai à septembre 1979) caractérisée par une diminution faible, mais régulière, du pigment en profondeur.

A Brouënnou, l'essentiel des pigments est situé dans les tous premiers millimètres du sédiment, et l'on observe des fluctuations temporelles, avec deux maxima au printemps et en été 1979 et un minimum en décembre 1978.

Les différences dans la répartition de la chlorophylle a observées sur ces deux plages peuvent être reliées à leur mode.

La méiofaune des trois stations prospectées présente des densités plus faibles que celles habituellement rencontrées dans la zone intertidale. On observe des variations saisonnières à Brouënnou et Corn ar Gazel, alors que la plage de Kersaint est caractérisée par un pic élevé en juin 1978, pic qui ne s'est reproduit que beaucoup plus faiblement en juin 1979.

A Brouënnou, l'essentiel du méiobenthos est constitué par les Nématodes ; les Harpacticoïdes représentent rarement plus de 5 % de la population. A Corn ar Gazel, les Harpacticoïdes ne sont pas plus abondants, mais certains autres groupes (Turbellariés, Gastrotriches, Tardigrades, etc...) figurent parfois avec des pourcentages importants à côté des Nématodes. A Kersaint, les Harpacticoïdes étaient, à l'origine, plus nombreux que les Nématodes. Ces proportions se sont inversées graduellement à partir de mai 1978.

Du point de vue qualitatif, la composition de la faunule harpacticoïdienne est très différente d'une plage à l'autre. Corn ar Gazel, de mode semi-battu, est caractérisée par un faible nombre d'espèces dominantes, sabulicoles. Brouënnou, de mode plus abrité, plus riche en débris algaux probablement en raison de l'absence d'herbivores et du caractère réducteur du milieu, présente une plus grande quantité d'espèces dominantes, essentiellement phytophiles, eurytopes ou vasicoles plus ou moins tolérantes. La granulométrie plus grossière de la plage de Kersaint permet l'installation d'une faune typiquement interstitielle.

Cette étude permet donc d'avancer l'hypothèse d'une action indirecte de la pollution par les hydrocarbures de l'"AMOCO CADIZ" en milieu abrité, où s'accroît le caractère réducteur du biotope, avec accumulation des débris algaux et développement des Entéromorphes, ce qui favoriserait l'installation des espèces phytophiles ou eurytopes. Mais, en l'absence d'états de référence, cette hypothèse ne pourra être vérifiée qu'en prolongeant l'étude sur une ou plusieurs années.

Effets de la pollution des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz sur la densité et la croissance de bivalves de la plage de St Eflam (Tellina tenuis, Tellina fabula et Donax vittatus).

Par le Groupe d'Etudes Ecologiques de St Eflam.

Des échantillonnages quantitatifs des populations de tellines et de donax de la plage de St Eflam ont été prélevés régulièrement tous les mois. Les prélèvements sont effectués à l'aide d'une benne à main spécialement conçue, les positions sont déterminées au cercle hydrographique. Une cartographie des densités des populations de tellines et de donax a été établie pour l'ensemble de la plage. Cette cartographie est comparée à celle établie 10 années plutôt par Chassé.

L'évolution des densités (recrutement et mortalités) des trois espèces a été suivie au cours du temps, des conclusions sont données sur l'impact des hydrocarbures sur la mortalité. La mortalité des Donax et des Tellina fabula a été très élevée, par contre la mortalité des Tellina tenuis est comparable à celle observée au cours d'années sans pollution.

La croissance moyenne des Tellina tenuis est étudiée par analyse des distributions de fréquences de taille et lecture des stries d'accroissement observables macroscopiquement.

Une étude fine de la croissance individuelle est effectuée par lecture de microstries à partir de préparations microscopiques photographiées. Un montage de clichés est analysé sur table de digi-

talisation, la distance entre microstries est mesurée au dixième de millimètre près. Il apparaît que les stries soient déposées journalièrement, une courbe de croissance fine est obtenue pour chaque individu (à partir de 1000 à 2000 stries pour les Tellines et 500 à 1000 pour les Donax). Il est alors possible de déceler et de dater les accidents de croissance tels que rythmes saisonniers, pontes ou traumatismes. Des conclusions sont données sur les effets des pollutions par hydrocarbures.

LES DIMENSIONS SPATIALES ET TEMPORELLES DE LA PERTURBATION  
DE L'ÉCOSYSTÈME LITTORAL PAR LE PÉTROLE DE L'AMOCO-CADIZ.

- LEÇONS ET PROPOSITIONS -

Claude CHASSÉ

*Institut d'Etudes Marines, Institut de Géoarchitecture  
Université de Bretagne Occidentale*

Un bilan écologique ne se réduit pas à un bilan nécrologique immédiat, même s'il comporte en poids brut plus de 100 000 tonnes de cadavres. Il s'exprime essentiellement en terme de pathologie au long cours des écosystèmes perturbés. Dans une même station et pour une même intensité, les différentes composantes du peuplement sont altérées de manière très sélective et le tissu de leurs interrelations est déformé de manière significative. Il importe néanmoins de prendre la mesure la plus exacte possible du stress infligé à l'écosystème côtier, son étendue et son intensité initiales sur les 350 km de littoral atteint, correction faite des fluctuations saisonnières intervenues entre l'accident et nos premiers travaux échelonnés sur 6 mois.

Dans ces travaux nous avons montré que, dans les mêmes localités et les mêmes biotopes, la survie animale et végétale est très différente selon les espèces. Celle des Gastropodes Herbivores Operculés est de valeur moyenne, d'où son intérêt : hors pollution, leur biomasse moyenne printanière 1978 en poids brut était de 200 gr/m<sup>2</sup> dans les zones abritées, de 100 gr dans les zones exposées, en cas de pollution elle diminuait jusqu'à n'être plus que de quelques grammes dans les zones les plus agressées par le pétrole. La valeur locale du pourcentage de survie, exprimée en biomasse des Gastropodes Herbivores Operculés des rochers (GHOR)

sert d'indice pour repérer la survie relative locale de toutes les autres espèces : c'est l'indice de survie BIGHORN. Etabli initialement en une seule fois en 50 localités (4 m<sup>2</sup>), complété de 160 localités (étudiées sur 1 m<sup>2</sup>) visitées d'avril à octobre 1978, il a été suivi depuis dans le temps en 40 localités (4 passages).

Nous avons établi préalablement la qualité statistique de "l'indice survie BIGHORN" (écart standard  $\leq$  10% le plus souvent,  $<$  20% dans les peuplements les plus diminués). Nous précisons l'évolution saisonnière sur un an de la biomasse des GHOR, hors pollution et pour les différents grades de pollution, ce qui permet de dresser une nouvelle carte générale de l'indice de survie BIGHORN corrigé, rapporté à l'époque même de l'accident.

Un milieu naturel abondamment représenté en Bretagne est constitué par les champs de blocs qui couvrent 60 à 80% des surfaces rocheuses. Les blocs amoncelés, couverts d'algues sur le dessus, sont habités sur toutes leurs faces. Les dessous de blocs sont richement peuplés d'organismes sessiles - Eponges, Bryozoaires, Ascidies - et d'organismes vagiles - Vers, Poissons et surtout Crustacés - . Les jeunes des espèces commerciales y sont spécialement abondants. En 20 localités de pollution différente, des prélèvements de 4 à 6 m<sup>2</sup> nous ont été donné des biomasses moyennes de Crustacés Décapodes évoluant comme celles des GHOR des dessus de roches.

Indice de survie B.I.G.H.O.R.N.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
% de survie des Crustacés décapodes de dessous de blocs	0	13.45	24.6	35	45	54.63	64.04	73.24	82.27	91.16	100

La prise en compte de l'évolution saisonnière des peuplements de GHOR sur l'ensemble du littoral, et de manière plus détaillée sur la "Mer de Roscoff" et les abords de l'île de Batz, nous permettent de mesurer la reconstitution des peuplements depuis un an. Dans les sédiments, la mortalité initiale s'est aggravée parfois très lourdement pour certaines espèces et certaines localités (*Tellina fabula*).

Certaines populations d'espèces très raréfiées initialement se sont reconstituées, les unes à partir de jeunes en provenance de secteurs non pollués, les autres à partir d'adultes réfugiés dans des "sanctuaires préservés" (cas des Amphipodes de rochers).

Les échouages d'algues en épaves se sont accentués en relation partielle avec les destructions de populations d'herbivores et de détritivores. Cette surabondance de matières organiques a amené des phénomènes d'anoxie sédimentaire dans les zones abritées. A partir de l'ensemble de nos prélèvements quantitatifs, nous avons procédé à une évaluation de la production algale sur l'ensemble du littoral pollué, soit une production de 3 462 000 tonnes d'algues fraîches. L'anoxie, liée à une telle masse de matières organiques, a bouleversé l'écologie des milieux sédimentaires abrités. Beaucoup d'espèces qui avaient survécu à la marée noire disparaissent progressivement par asphyxie.

Les hydrocarbures piégés dans les sédiments et dont les quantités ont très peu évolué depuis le printemps de l'accident, semblent gêner le recrutement de beaucoup d'espèces (en milieu anoxique, il n'y a pas de dégradation d'hydrocarbures). Le nombre des recrues des années 1978 et même 1979 est très restreint. Par contre, les espèces caractéristiques des milieux de pollution, cantonnées habituellement en des points très limités de la côte, ont étendu largement leurs aires de peuplement. Les petites espèces de Capitellidae et de Cirratulidae ont proliféré. Les grandes espèces très longévives n'ont pas encore suivi (*Audouinia tentaculata*).

La distribution géographique des intensités de mortalité révèle le fait extrêmement important que les destructions biologiques par le pétrole n'est pas essentiellement le fait des nappes de surface pilotées par le vent, qui ont retenu toute l'attention de la lutte anti-marée noire, mais bien plutôt celui de la fine émulsion d'huile dans l'eau, véhiculée au grés des courants : cela est également confirmé par l'examen de l'état physiologique et de la provenance bathymétrique des cadavres.

Il faut en tirer les conséquences en matière de lutte antipollution.



IMPACT DU PETROLE DE L'AMOCO-CADIZ SUR LES ALGUES DE PORTSALL :  
SUIVI ECOLOGIQUE DANS UNE ANSE TRES POLLUEE

par

J.Y. FLOC'H et M. DIOURIS

Faculté des Sciences, Institut d'Etudes Marines  
6, avenue Le Gorgeu - 29283 BREST Cédex

RESUME

L'étude de l'action du pétrole de l'Amoco-Cadiz sur les Algues benthiques, réalisée essentiellement à partir de photographies répétées des mêmes rochers à différents niveaux de la zone intertidale, a montré que :

1 - La détérioration des Algues a été progressive : faible au cours des premières semaines, plus accusée après 2 mois, elle s'est prolongée jusqu'à au moins 8 mois après le début de la pollution. D'une manière générale, l'étendue (restreinte) des dommages constatés est fonction non pas de la sensibilité spécifique des Algues (*Rhodothamniella*, *Catenella*, *Dumontia*, *Chaetomorpha*, *Cladophora*, *Antithamnion*, *Lomentaria*, *Ceramium* et *Laminaria ochroleuca* étant les premières affectées), mais de leur durée de contact avec le mazout (*Pelvetia canaliculata* et *Fucus spiralis* des rochers abrités, ainsi que les Lichens de l'étage supralittoral étant, à terme, les plus détériorés).

2 - Les signes de détérioration sont variables selon les groupes d'Algues : le plus souvent un verdissement du thalle (Algues brunes), ou un blanchissement (Algues vertes), ou un virage à l'orange (Algues rouges) sont les signes classiques les plus visibles de la mort des tissus. A défaut de manifestations visibles, l'affaiblissement de la fixation du thalle paraît un test significatif préluant à sa disparition. La reprise de croissance constatée notamment à l'extrémité des thalles englués des Fucales, ne paraît pas un signe infailible de leur pérennité.

3 - Aucune influence notable n'a été constatée sur les *Ascophyllum* et *Fucus serratus*, ni sur la macroflore estivale (*Chorda*). *Himanthalia* et *Palmaria* ont conservé une croissance rapide. Aucune modification importante de la zonation des Algues n'est apparue au cours de cette première année, sauf une extension sensible de la ceinture à *Fucus vesiculosus* vers sa limite inférieure.

-----

EFFECTS OF THE AMOCO CADIZ OIL SPILL ON THE FUCOID  
MACROALGAE ONE YEAR AFTER THE INITIAL SPILL

J. Topinka and L. Tucker

Bigelow Laboratory for Ocean Sciences  
West Boothbay Harbor, Maine, U.S.A.

Intertidal populations of dominant furoid macroalgae were examined at 9 sites along the coast of Brittany, 14 to 17 months after the initial spill. Much of the open coast intertidal area appeared to be relatively free of large amounts of oil and the dominant macroalgal populations of furoid algae superficially appeared relatively healthy. While macroalgal populations in Aber Benoit and Aber Wrach continued to be exposed to oil leaching from sediments the oil did not appear to remain associated with the algae. Analysis of macroalgal tissue by gas chromatography revealed that *Fucus vesiculosus* a dominant brown alga, was essentially free from petroleum hydrocarbon contamination. Specimens of *F. serratus*, *F. spiralis* and *Ascophyllum nodosum* taken from Aber Benoit and Aber Wrach were also free of oil.

The growth of tagged specimens of *F. vesiculosus* did not disclose apparent growth inhibition due to oil. Gross furoid biomass remained within normal, expected ranges at most locations even at those sites subject to massive exposure to fresh oil as at Portsall and Argenton. Numerous furoid germlings in the vicinity of reproductive plants at all sites suggest that previous exposure to oil or remaining oil does not appear to be preventing introduction of young fucoids. Where clean up activity accompanied oiling, furoid populations have suffered and are in a state of recovery, as at Ile Grande, where furoid biomass is low and cover of rocky substrata is patchy.

RICHARD LALLEMANT

et

CHANTAL DELZENNE-VAN HALUWYN

---

EFFETS DES HYDROCARBURES SUR LES PEUPELEMENTS  
LICHENIQUES MARINS ET PHENOMENES DE  
RECOLONISATION.

---

RESUME :

Les lichens colonisent habituellement les rochers de la zone intercotidale, où ils constituent une zonation tout à fait caractéristique ; ils peuvent être détruits par des polluants divers, et les effets des hydrocarbures ont été étudiés en plusieurs occasions.

Les effets de la pollution par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz sur la flore lichénique intercotidale sont de plusieurs types. Certains lichens recouverts par le pétrole sont morts étouffés. Mais beaucoup de populations qui ont pu d'abord sembler n'être que peu ou pas atteintes sont actuellement en mauvais état : activité photosynthétique réduite, zones de nécrose. Au cours de l'été 1979, donc plus d'un an après le naufrage, a été mise en évidence la disparition de nouvelles populations. En beaucoup de sites il y a donc actuellement encore dépeuplement.

Là où la décolonisation a été totale, les processus de micropédogénèse préluant au repeuplement lichénique sont en cours d'étude ; les modalités de ce repeuplement dépendront pour une part de l'intensité des opérations de nettoyage, et devront être suivies pendant une dizaine d'années.

INFLUENCE DE LA POLLUTION DUE A L'"AMOCO CADIZ"  
SUR LES PEUPELEMENTS BACTERIENS ET MICROPHYTIQUES DES MARAIS MARITIMES  
DE L'ILE GRANDE.

INFLUENCE OF THE "AMOCO CADIZ" OIL SPILL ON BACTERIA  
AND MICROPHYTE COMMUNITIES OF A SALT MARSH (ILE GRANDE - COTES DU NORD).

Le Campion-Alsumard T., Plante-Cuny M.R. et Vacelet E.  
Station Marine d'Endoume. Marseille 13007 - France.

Les huit stations étudiées de décembre 1978 à octobre 1979 dans les marais maritimes de l'île Grande ont été sélectionnées dans deux sites localisés de part et d'autre du pont reliant l'île à la terre.

La partie du marais située au Sud et au Sud-Ouest du pont a été très atteinte par les hydrocarbures.

La partie située au Nord du pont a été protégée par un barrage placé sous le pont.

Elle s'est donc trouvée beaucoup moins atteinte.

A. Etude bactérienne.

L'activité de la flore bactérienne hétérotrophe (nombre de germes, vitesse de croissance et activité enzymatique) est maximum en octobre et minimum en mai. L'ammonification, la sulfato réduction et la dégradation des hydrocarbures évoluent sensiblement de la même façon au cours de l'année.

Ce schéma est plus au moins net selon la hauteur du site par rapport aux hautes mer, son degré de pollution et la profondeur dans le sédiment.

- Dans les *schorres* ; en surface la microflore est numériquement plus importante dans les zones les plus polluées, mais la vitesse de croissance et l'activité enzymatique y sont réduites. L'ammonification seule paraît favorisée par la présence d'hydrocarbures.

: dans la rhizosphère le nombre de germes est comparable dans les zones polluées ou non, sauf si la rhizosphère a été détruite. Dans ce cas le nombre et l'activité de la microflore sont fortement réduits, ainsi que la sulfato-réduction. L'ammonification par contre est nettement favorisée.

- Dans les *chenaux* et la *slikke* : en surface le nombre de germes est plus élevé en présence d'hydrocarbures, mais les maxima de la vitesse de croissance et l'activité enzymatique sont plus faibles. La réponse de la microflore est donc la même que dans les *schorres*, mais l'incidence de la dessalure de certains chenaux se superpose à celle des hydrocarbures (sulfato réduction plus active).

: dans les couches réduites : la très forte activité bactérienne des chenaux peu pollués est vraisemblablement liée à la dessalure. Seule l'ammonification est limitée par ce facteur.

Les germes dégradant les hydrocarbures sont abondants partout en surface, et on en trouve jusqu'à 60 cm de profondeur dans le sédiment. Ils sont moins abondants dans la *slikke* (drainage important) et dans les couches réduites (milieu réducteur). Ces couches réduites qui surmontent des niveaux argileux imperméables paraissent d'autant plus favorables à l'accumulation des hydrocarbures.

## B. Etude microphytique.

Un autre aspect de l'étude de l'île Grande concerne les populations microphytiques de la surface des sédiments : concentrations en pigments chlorophylliens, observations préliminaires sur les espèces présentes.

Les premières conclusions peuvent être résumées comme suit :

Les populations microphytiques des biotopes soumis à l'action des hydrocarbures ont été profondément modifiées.

- Sur le sol des *schorres*, exceptionnellement immergés (vives eaux seulement), les populations microphytiques ont disparu dans les deux stations du site très pollué.

En mars 1979, un an après l'échouage, une réinstallation discrète a été observée, qui s'est accentuée en mai, puis juillet. Dans le site non touché, une variation saisonnière a été observée avec, pour l'instant,

un maximum en juillet (chlorophylle  $a$  : 600 mg.  $m^{-2}$  en décembre, 1300 mg.  $m^{-2}$  en juillet).

- Sur les *vases* des *chenaux* et de la *haute-slikke* (soumis au balancement des marées), une population de cyanophycées et diatomées s'est installée très rapidement à la surface des sédiments très fortement imprégnés d'hydrocarbures, favorisant, semble-t-il, le piégeage des particules d'argile pour former une nouvelle matte algale.

1. En décembre 1978, cette population était déjà florissante (jusqu'à 765 mg de chlorophylle  $a$  .  $m^{-2}$  contre 1128 mg de chlorophylle  $a$  .  $m^{-2}$  en site non touché).

En mars 1979, les concentrations en chlorophylle  $a$  diminuaient pour s'accroître légèrement en mai (370 mg .  $m^{-2}$ ).

En juillet, des valeurs très élevées étaient obtenues (1470 mg .  $m^{-2}$ ).

2. Les populations microphytiques de *chenaux* et de *haute-slikke* pollués sont paucispécifiques. Quelques espèces parmi lesquelles un petit *Phormidium* et une *Nitzschia* dans la *haute-slikke*, un *Phormidium* différent et une *Amphiprora* dans les *chenaux*, se sont développés de façon exubérante.

Les biotopes équivalents non touchés présentent au contraire une grande diversité spécifique de cyanophycées et de diatomées.

3. La compacité du feutrage de filaments semble freiner le nettoyage, par le jeu des marées, des sédiments sous-jacents toujours imprégnés d'hydrocarbures un an et demi après l'échouage.

## EVOLUTION DES PRES SALES NORD-ARMORICAINS SOUS L'IMPACT DE LA MAREE NOIRE

J. et J.-M. GEHU

### RESUME

Tous les prés salés des anses, baies, estuaires des côtes nord-bretonnes, du Conquet à Talbert ont été touchés par la marée noire de l'Amaco Cadiz. Mais la plupart d'entre eux n'ont été que légèrement contaminés par un simple "film" de mazout ou encore par des dépôts épars de plaques d'huile densifiées. Les localités sévèrement atteintes du point de vue des prés salés se centrent autour de l'Ile Grande. Dans la région de Guisseny on note des atteintes moyennes.

Aucune des 76 espèces phanérogamiques de prés salés ni aucune des 37 phytocoenoses halophiles n'a été entièrement détruite sur la côte bretonne qui globalement, garde donc toute sa diversité floristique et phytocoenotique en matière de prés salés. Dans la plupart des sites, dès l'été 1978 le taux d'occupation spatiale de groupements destructurés n'excédait jamais 1%. Il atteignait par contre 15% à Guisseny et jusqu'à 90% à l'Ile Grande.

Cette dernière localité est apparemment la seule qui ait perdu par l'action directe du mazout un certain nombre d'espèces et de groupements végétaux de prairies salées (Le *Spartinetum maritimae* et divers *Salicornietum* notamment) accompagné d'une très importante régression des autres végétaux de la séquence. On notera qu'en automne 1979 plusieurs associations de *Salicornia* sont en voie de reconstitution.

En été 1978 trois plantes apparaissent très résistantes et capables de se développer à travers d'épaisses couches de mazout, le Jonc marin (*Juncus maritimus*), le Statice de mer (*Limonium vulgare*) et le Troscart marin (*Triglochin maritimum*). On observe cependant en 1979 un essoufflement de vitalité des deux dernières dans les zones à croutes de mazout denses.

En 1979 la plupart des prés salés ne portent plus de trace de l'atteinte par la marée noire, mais le site de l'Ile Grande reste très altéré, la recolonisation des zones les plus touchées apparaissant très lente.

La nocivité des traitements, décapages, remblaiements est évidente en ce qui concerne les prés salés, leurs pratiques ont souvent aggravé les destructions inhérentes au seul mazout.

DIVERSITE BIOMORPHOLOGIQUE ET FLORISTIQUE : ROLES DANS LA RESTRUCTURATION D'UN COUVERT VEGETAL DOUBLEMENT ALTERE PAR LES HYDROCARBURES ET PAR LES OPERATIONS SUBSEQUENTES DE NETTOIEMENT. CAS PARTICULIER DE LA FLORE PIANE-ROGAMIQUE DES MARAIS MARITIMES DE L'ILE GRANDE ET SA REGION.

J. LEVASSEUR, M.A. DURAND et M.L. JERY.

La pollution des marais maritimes de l'Ile Grande et les opérations de nettoyage qui l'ont suivie ont entraîné localement une réduction drastique du couvert végétal autochtone en même temps qu'une modification profonde de la nature et de la répartition de certains habitats. La reconstitution de la végétation, actuellement en cours, relève des deux processus classiques de :

1° succession primaire, lorsqu'il y a eu création de remblais ou étrépage des parties basse et moyenne des marais,

2° succession secondaire dans les autres cas.

Celle-ci se développe d'une façon non synchronique dans un contexte mésologique et biologique très hétérogène, à grande échelle.

Nous avons choisi de présenter ici une évaluation du rôle joué, dans les processus en cours, par la composition floristique initiale d'un site, c'est-à-dire par sa richesse spécifique antérieure et par les types biomorphologiques (types biologiques et formes de croissance) des espèces présentes et/ou survivantes dans les différents lieux.

Il apparaît que ce n'est pas tant au niveau des communautés qu'il faille raisonner, mais plutôt au niveau du site, et, dans celui-ci, au niveau des populations. En effet, l'âge et l'extension antérieure de certains clones ont une influence décisive sur la redistribution des dominances actuellement en cours, la première étape de la succession passant par une réoccupation du plan. De ce point de vue, les géophytes à rhizomes sont actuellement avantagées.

Dans les parties moyennes et supérieures des marais, à l'inverse de ce que l'on observe dans la haute-slikke ou le bas-schorre, les chances d'une reprise de la végétation sont liées à la diversité des formes de croissance et à une richesse spécifique plus élevée.



## **SESSION 2**

**Thème 2 :**

**Impact écologique dans les domaines  
subtidaux et pélagiques**

***Subtidal and pelagic ecological impact***

# IMPACT DE L'"AMOCO CADIZ" SUR L'ECOPHYSIOLOGIE DU ZOOPLANCTON

Une nouvelle possibilité de surveillance écologique

J.F. SAMAIN, J. MOAL, J.R. LE COZ, J.Y. DANIEL, A. COUM

---

Un suivi de la physiologie du mesozooplancton a été effectué sur la côte Nord de Bretagne pendant un an après la "marée noire". Deux régions estuariennes : l'une polluée (Aber Benoit), l'autre intacte (Rade de Brest), ont été comparées.

La description des relations trophiques de la population de zooplancton ou de quelques espèces triées, par l'analyse de leur équipement digestif, a été appliquée pour cette étude.

Ces mesures permettent la détermination de groupes de populations possédant des caractéristiques trophiques et faunistiques homogènes, ou des groupes d'espèces ayant des relations trophiques semblables. L'étude de l'apparition de ces groupes au cours du cycle annuel, par la mesure d'analyses biochimiques, fait apparaître les successions de populations et leur adaptation à l'environnement.

Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence des différences marquées dans les secteurs les plus pollués pendant la phase productive du printemps.

D'autres traitements des données faisant apparaître des corrélations inhabituelles entre les enzymes digestives, sont discutés en termes d'effets immédiats sur l'ensemble de la population et sur un copépode vivant dans la couche d'eau superficielle : *Anomalocera patersoni*.

IMPACT DE LA CATASTROPHE DE L'AMOCO-CADIZ  
SUR LES PEUPEMENTS SUBTIDIAUX DES ABERS BENOIT & WRAC'H

Michel GLÉMAREC & Eric HUSSENOT  
Institut d'Etudes Marines - Faculté des Sciences  
Université de Bretagne Occidentale - BREST -

-----

Les prélèvements quantitatifs réalisés à la benne "Aberdeen" permettent de préciser qu'à la différenciation normale des peuplements selon les facteurs édapho-climatiques se surimpose un gradient de dégradation des peuplements généralisable aux deux Abers, et qui comprend trois étapes :

1°/ Zone subnormale :

La présence d'hydrocarbures en faible quantité ne se traduit pas par un déséquilibre qualitatif, mais par une chute de l'ensemble des effectifs.

2°/ Zone intermédiaire ou de transition :

Ici apparaît un premier cortège de petites espèces de Cirratulidés, notamment : *Heterocirrus bioculatus*, *Chaetozone setosa*. Elles témoignent d'un enrichissement du milieu en matériaux organiques plus qu'un réel déséquilibre des peuplements

3°/ Zone polluée :

Les peuplements normaux disparaissent et aux espèces précédentes s'ajoute un nouveau lot d'espèces, de Capitellidés notamment : *Capitellides giardi*, *Capitella capitata*, les Spionidés : *Scolecopsis fuliginosa*, *Polydora antennata* ... Dans ce cas l'enrichissement en matière organique est tel que le déficit en oxygène créé un réel déséquilibre au niveau de l'ensemble du peuplement.

Ce gradient correspond globalement à une succession spatiale de l'aval vers l'amont des Abers, selon l'édaphocline suivante : Sables grossiers, Sables dunaires fins et moyens, Sables fins envasés, Sables hétérogènes et Vases sableuses.

De Novembre 1978 à Août 1979, il est possible de décrire les premières étapes d'une succession temporelle. Les sédiments grossiers ou dunaires de l'extérieur des Abers atteints par la zone sub-normale montre une restitution satisfaisante du milieu avec notamment recrutement des Amphipodes caractéristiques. Par contre, les sédiments dunaires placés en zone intermédiaire s'enrichissent en Cirratulidés comme les Sables fins et les Sables hétérogènes qui recrutent également les espèces types des Sables fins envasés.

La zone polluée intéresse les Vases sableuses dont les peuplements moins diversifiés s'accroissent considérablement en individus. Si la zone polluée ne s'étend pas géographiquement, son peuplement se développe sans qu'apparaisse encore les premiers signes d'une dépollution. Cette dernière n'est visible que dans les stations les plus extérieures. Quant à la zone intermédiaire, si elle ne s'étend pas géographiquement, sa faune de caractère opportuniste et de transition s'est développée considérablement sans que rien n'indique encore le retour à une situation normale.

Compte-tenu des caractéristiques biosédimentaires propres à chaque Aber, les conséquences de cet enrichissement en matières organiques sont comparées au niveau de chaque Aber.

PERTURBATIONS INDUITES DANS LA COMPOSITION ET LE FONCTIONNEMENT  
DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES SUBLITTORAUX, SOUS L'EFFET DES HYDRO-  
CARBURES DE L'"AMOCO CADIZ"

par

L. CABIOCH, J.C. DAUVIN, F. GENTIL,  
C. RETIERE et F. RIVAIN

Les effets des hydrocarbures sur les communautés du macrobenthos sublittoral des fonds meubles ont été observés en divers sites, choisis après que des comparaisons entre l'état des communautés de la région de Roscoff au cours de l'été de 1978 et des états antérieurs à la pollution aient mis en évidence les principaux points d'impact (Cabioch, Dauvin, Mora Bermudez et Rodriguez Babio, 1979). Une étude quantitative et dynamique de peuplements, entreprise un an avant la pollution en baie de Morlaix a guidé l'interprétation de l'ensemble des autres observations postérieures à la marée noire, effectuées soit en une fois (Aber Wrac'h, été 1978) soit en suivi continu, trimestriel (Baie de Lannion). L'essentiel de l'effort de recherche a porté sur les peuplements des sédiments fins, de beaucoup les plus perturbés.

Les résultats obtenus dans l'étude du premier cycle annuel suivant la pollution conduisent aux constatations suivantes :

- Dans tous les secteurs, les fortes mortalités immédiates ont été sélectives, affectant ou éliminant un nombre limité d'espèces, appartenant principalement aux Crustacés, notamment les Amphipodes et aux Mollusques. Il s'y ajoute, surtout en Baie de Lannion, l'Echinoderme *Echinocardium cordatum*:

- La plupart des autres espèces poursuivent un cycle annuel d'allure normale. On note cependant quelques perturbations à moyen ou long terme : non recrutement en 1978 chez certaines espèces, avec ou sans reprise au début de 1979, prolifération passagère ou fortes densités plus durables chez des Polychètes. Le peuplement de sables fins très pollués, en Baie de Lannion montre une instabilité plus grande que celui des sables fins peu pollués.

- Les effets de la pollution ont rapidement évolué dans le temps. Les destructions massives de populations n'ont duré que les premières semaines. Une phase d'évolution lente leur fait suite qui montre dans certains cas un regain du nombre des espèces et de leur densité.

- On remarque une certaine régionalisation des effets, notamment en ce qui concerne le recrutement de jeunes, une même espèce pouvant se comporter différemment à cet égard d'un site à l'autre.

- La perte en biomasse et en production a pu être établie dans le cas des populations d'*Ampelisca* très dominantes des sables fins de la Baie de Morlaix.

Effets de la "marée noire de l'Amoco-Cadix"  
sur le peuplement sublittoral de l'estuaire  
de la Penzé (Nord Finistère).

par B. ELKAIM  
Université de Paris VI  
Laboratoire d'Evolution  
105 Bd Raspail - Paris 75006

Dans le cadre d'une étude générale des peuplements benthiques de l'estuaire de la Penzé (fin 1975 - 1978) plusieurs séries de prélèvements avaient été effectuées dans le chenal principal soit dans des conditions de salinité-température diverses, soit à l'aide d'engins de prélèvements différents (drague Rallier du Baty, Benne Hamon).

En Avril 1978, un mois après l'échouement de l'Amoco-Cadix, il s'est révélé que le chenal de l'estuaire de la Penzé avait été pollué sans qu'il ait été observé de nappes à la surface. Le transfert à distance au niveau du fond de fortes quantités de mazout par des phénomènes de dispersion ou d'adsorption sur des particules sédimentaires a eu pour conséquence le dépôt d'hydrocarbures au sein des sédiments sous-marins, et ce aussi bien dans les sédiments du littoral marin que dans ceux d'écosystèmes abrités (Baie - Estuaire).

Une série de prélèvements à l'aide de la drague Rallier du Baty (volume de prélèvement 30 dm<sup>3</sup>) a été exécutée en Août 1978. Lors des prélèvements il a toujours été pris soin d'effectuer les dragages aux mêmes points et dans des conditions de marée voisine. Les stations prospectées se localisent depuis l'entrée de la Baie de Penzé (radiale du "Figuier") jusqu'au Pont du Chemin de fer (6 km en amont).

Parmi les diverses séries de prélèvements, j'ai traité ici les données de trois d'entre elles (1) :

Août	76	- Salinité et température élevées - 12 stations	16	prélèvements
Février	77	- Dessalure et abaissement thermique - 10 "	14	"
Août	78	- Salinité et température élevée (2) - 10 "	14	"

Pour éviter d'imputer au seul facteur pollution la disparition d'espèces, il a été nécessaire d'établir à partir de l'ensemble des espèces absentes en Février 1977 (c'est à dire en période de dessalure et d'abaissement thermique), les espèces sensibles à une diminution de la salinité et de la température ; il est en effet possible que leur absence en Août 1978 soit la conséquence de l'action de ces facteurs durant la période de "stress hivernal" et que leur réinstallation éventuelle dans l'estuaire ait été plus tardive en période estivale 78. En outre parmi les espèces présentes quelque soit les conditions de salinité et de température mais absentes après pollution (Août 78), on éliminera également les espèces à indice de présence faible (3) et à densité moyenne (Densité totale / Nombre de prélèvements (4)) inférieure ou égale à 1; l'absence de ces espèces "rares" en Août 1978 peut être due à des fluctuations d'échantillonnage (Cas de 3 Mollusques et de 5 Crustacés).

(1) Une analyse factorielle de correspondances traitera de l'ensemble de ces données.

(2) La température du printemps 1978 a été inférieure à celle de 1977.

(3) En admettant que la probabilité d'une espèce trouvée 1 fois sur 16 prélèvements soit effectivement de 1/16 dans l'estuaire, la probabilité de ne pas retrouver cette espèce ( $p(k)=0$ ) est élevée (voir tables de distribution binomiale).

(4) Dans le cas présent "ces espèces rares" avaient un indice de présence égale à 1 ou un indice de présence égale à 2 - 3 associé à une densité totale inférieure à 0,6 individus pour les 16 prélèvements (Dm  $\leftarrow$  1).

Les effets de la pollution peuvent se résumer ainsi.

1- Effet sélectif sur la richesse spécifique et sur la représentation des unités zoologiques.

- pour les 14 prélèvements communs effectués dans 10 stations identiques la richesse spécifique passe de 78 espèces pour 2389 individus (Août 76) à 62 espèces pour 1503 individus (Août 78) ; 31 espèces ont disparu du peuplement primitif tandis que 15 espèces, représentées par un seul individu, ont été nouvellement recrutées en Août 78 ;
- à partir des conditions énoncées tenant compte du cycle de présence et des fluctuations d'échantillonnage, on ne retiendra que 7 Crustacés : les Décapodes Galathea squamifera, Portunus pusillus, les Péracarides Ampelisca tenuicornis, Ampelisca spl., Urothoe grimaldi, Bathyporeia pilosa, Apseudes latreilli (densité maximale voisine de  $500/30 \text{ dm}^3$  soit environ pour une drague travaillant sur 5 cm,  $4800 \text{ individus/m}^2$ ) ; à cette liste pourrait s'ajouter 2 autres Crustacés Porcellana longicornis et Phtisica marina.
- d'une manière générale la richesse spécifique présente pour l'ensemble des valeurs d'Août 78, une réduction significative au risque 0,05 (Test de rang de Wilcoxon et test du chi-2) ; les Crustacés fortement représentés (30 espèces) diminuent de près de  $2/3$  (11 espèces) tandis que les Polychètes deviennent l'unité zoologique la mieux représentée : (29 espèces pour 22 en Août 76), les Mollusques toujours moins importants ont également une baisse de leur richesse spécifique : 14 espèces pour 20 en Août 76.

2- Effet sur les effectifs et les indices de Shannon ;

- la réduction des effectifs surtout apparente dans la Baie de Penzé (6 stations) est moins nette pour les stations situées à l'intérieur de l'estuaire ; globalement on passe de 165 individus / prélèvement à 107 en Août 78 ; si l'on retire les 722 Apseudes latreilli du peuplement d'Août 76, on obtient une valeur de 114 individus / prélèvement ; d'une manière générale les effectifs présentent pour l'ensemble des valeurs une réduction significative au risque 0,05 (Test de rang de Wilcoxon et test du chi-2) ;
- l'augmentation (1,6 à 3,9) de l'indice de diversité de Shannon pour les 3 premières stations (à l'exception du dernier prélèvement) traduit la disparition de l'espèce dominante Apseudes latreilli ; à l'inverse pour les autres stations, l'indice de Shannon diminue ( $1/3$  de la valeur environ) d'autant que le nombre d'espèces s'est appauvri et que certaines espèces accroissent simultanément leurs effectifs comme Audouinia tentaculata et Melinna palmata ; en outre de nombreuses espèces montrent une diminution de leur indice de présence et de leur densité en Août 78 (Gibbula cineraria : 168 à 9 individus, Eupagurus bernhardus : 45 à 9 individus) sans que l'on puisse attribuer avec certitude si ces fluctuations sont dues aux effets de la pollution ou à l'évolution dynamique de leur population ; il en est de même de l'accroissement des populations d'A. tentaculata (275 à 399 individus) et de M. palmata (65 à 280 individus) ; il s'en suit que durant cette période la typologie du peuplement sublittoral est surtout représenté par une mosaïque de faciès représentation commune du peuplement intertidal des estuaires.

3- Effet sur le peuplement du chenal, limité dans l'espace.

Si l'on considère les Crustacés Péracarides de l'endofaune comme espèces sensibles à la pollution d'hydrocarbures, on peut affirmer que l'action de cette pollution sur la faune ne s'exerce plus au-delà du pont du chemin de fer (6 km) puisque des populations abon-

dantes de Corophium sp. (différent de C. volutator) ont été retrouvées à partir de 8 km. Soulignons que les Amphipodes de l'épifaune vagile Melita palmata et Gammarus locusta restent bien représentés.

Enfin indépendamment des observations exposées sur les conséquences de cette marée noire il faut signaler l'absence de "bloom" d'espèces notamment parmi les Polychètes Cirratulidae et Capitellidae ; en effet la présence sporadique dans l'estuaire en nombre non négligeable de Chaetozone setosa - Heterocirrus bioculatus - Capitelle capitata (Mars 76, Août 77) laissait à penser que ces espèces s'installeraient en abondance au cours de la phase de "contamination organique" succédant en général à la "contamination par le pétrole" ; aucune de ces trois espèces n'a été récoltée en Août 1978.



Effets à long terme des hydrocarbures de  
l'Amoco Cadiz sur la structure des com-  
munautés de nématodes libres des sables  
fins sublittoraux.

par Guy Boucher

Centre d'Etudes d'Océanographie et de Bio-  
logie Marine du C. N. R. S. 29211 ROSCOFF

=====

Les organismes de la méiofaune des sédiments marins sont souvent considérés comme d'excellents indicateurs des fluctuations de l'environnement du fait de la rapidité de leur cycle de reproduction sans larves planctoniques et de leur opportunisme qui leur confère un avantage compétitif sur la macrofaune.

A la suite de l'accumulation massive des hydrocarbures provenant de l'Amoco Cadiz dans les sables fins sublittoraux de la Baie de Morlaix (Manche occidentale), les peuplements de nématodes ont été utilisés comme indicateurs des perturbations du milieu.

L'évolution saisonnière de la structure du peuplement de nématodes (75-80 % des meiobenthontes) a été comparée dans des carottages prélevés en plongée autonome avant pollution (1972-1973) et dans le même échantillonnage mensuel après pollution (1978-1979).

En dépit d'une accumulation importante de composés aliphatiques et aromatiques à la surface du sédiment, aucune fluctuation significative des densités des nématodes et des copépodes harpacticoides n'a pu être détectée au cours de l'année suivant la pollution, de même que par rapport aux prélèvements antérieurs à la pollution. Cependant une baisse lente de la diversité spécifique des nématodes et de ses deux composantes, la richesse en espèces et l'équitabilité, se manifeste tout particulièrement durant l'automne 1978 et l'hiver 1979.

Par analyse des correspondances, les trois facteurs principaux responsables des modifications du peuplement avant et après pollution ont été déterminés. Un premier axe, explicatif de l'inertie entre prélèvements, provient de l'effet primaire de la pollution. Un deuxième axe est dû à une évolution temporelle à long terme du peuplement. La composition faunistique est modifiée par la disparition de quelques espèces dominantes mais aussi par la prolifération d'espèces opportunistes dans les nouvelles conditions telles Anticoma ecotronis et Paracyatholaimus occultus. Une évidence supplémentaire d'un déséquilibre durable de la communauté, dû à la pollution, est fourni par des expériences en écosystèmes clos à forte charge en matière organique où ces mêmes espèces prolifèrent. Le troisième axe résulte du déséquilibre printanier habituellement observé, même en l'absence de pollution.

Cette dérive progressive de la communauté de nématodes, particulièrement perceptible, entre 9 et 12 mois après la catastrophe, indique l'existence d'un effet à long terme des hydrocarbures sur des peuplements à reproduction rapide, de l'ordre de quelques mois. Les possibilités adaptatives des communautés de nématodes, associées à leur résistance immédiate aux agressions du milieu, leur confèrent probablement un rôle intéressant d'indicateurs de la santé des sédiments marins.

EFFETS DE LA POLLUTION PAR HYDROCARBURES SUR LA MEIOFAUNE  
DE LA BAIE DE MORLAIX

PAR

J. Renaud-Mornant \*, N. Gourbault \*, J.-B. de Panafieu \*\* et  
M.-N. Helleouët \*\*.

\* Laboratoire des Vers - Muséum national d'Histoire naturelle -  
75231 - Paris Cedex 05.

\*\* D.E.A. Université P. et M. Curie, Paris VI - 75230 Paris Cedex  
/ 05

Sur la plage de Roscoff et dans le chenal de la baie de Morlaix, aucune disparition totale de la méiofaune n'a été constatée,

Sur la plage de Roscoff, 10 jours après l'impact du pétrole, les populations semblaient peu altérées, mais une chute de densité était observée en Avril. Cette diminution correspond aux pertes subies par les Copépodes Harpacticides et les Nématodes. Le maximum de perte est net en surface, alors que, dans les couches plus profondes du sédiment, les Gastrotriches, les Nématodes, les Copépodes Harpacticides et les Annélides semblent avoir effectué normalement leur reproduction de printemps.

Dans le chenal, il s'est produit une diminution de la population en Avril, puis un repeuplement important 7 mois plus tard. Les groupes les plus touchés sont les Turbellariés qui n'existent plus qu'en aval, et les Copépodes Harpacticides qui, constituant encore en Avril de 35 à 10 % de la méiofaune estuarienne, ne représentent plus que 2 % en Octobre. La biomasse a été approximativement maintenue par la prolifération des Nématodes, qui dominent dans tout le chenal à plus de 90 %. Ceux-ci (totalisant 103 espèces) sont distribués selon des associations différentes le long du transect. Le suivi de leur évolution est nécessaire, l'effet perturbateur n'apparaissant pas immédiat.

En conclusion, l'étude de la composition des peuplements contaminés démontre que la résistance de la méiofaune est liée, d'une part à l'hydrodynamisme, et, d'autre part, au type d'hydrocarbure répandu. Au sein des populations elles-mêmes, la résistance de chaque méiobenthonte dépend de son potentiel de reproduction et de ses facultés d'adaptation à des apports trophiques fluctuants. La composition des populations (Nématodes) doit être suivie à l'échelle spécifique et à long terme pour en révéler les modalités.

## SUMMARY

On Roscoff beach and Bay of Morlaix channel no complete destruction of meiofauna has been observed.

- On Roscoff beach, 10 days after the oil input meiofaunal populations did not seem noticeably altered. Lower densities were observed in April. These low numbers being apparently due to Nematodes and Harpacticoid Copepods mortality. Higher mortality took place in surface sand while in deeper layers Gastrotrichs, Nematodes, Annelids and Copepods were found in the process of spring reproduction.

- In the Morlaix channel lower density was observed in April, with an important population being numbered seven months later. The most highly destroyed groups were Turbellaria, which occurred on the lower part of the Channel only, and Harpacticoid Copepods; these crustaceans which accounted for 35 to 10 % of the total estuarine meiofauna have lowered to 2 % in October. Total Biomass was maintained by the high productivity of Nematodes which accounted for 90 % of the total meiofauna. They include 103 species which are distributed along the transect according to different associations. Long-term change in their distribution is to be followed as the alteration due to pollution might be long-lasting.

To conclude, the study of polluted communities demonstrate that meiofauna resistance is controlled by both the strength of hydrodynamism and the nature of the hydrocarbon spilled.

Among populations the resistance of each meiobenthont depends upon his reproduction rate and its adaptative potential to trophic fluctuations. Population composition, mainly Nematodes, should be followed at the species level and on a rather long period of time to assess resistance mechanisms.

## **SESSION 2**

**Thème 3 :**

**Contamination des organismes marins  
par les hydrocarbures**

***Contamination of marine population by hydrocarbons***

Lawler, G.C., J.P. Holmes, D.M. Adamkiewicz, M.I. Shields, J.Y. Monnat, and J.L. Laseter, "Characterization of Petroleum Hydrocarbons in Tissues of Birds Killed in the Amoco Cadiz Oil Spill."

#### ABSTRACT

Breast muscle and liver tissues from the carcasses of birds that washed ashore following the Amoco Cadiz oil spill were searched for the presence of petroleum hydrocarbons. The saturated and aromatic fractions of tissues dissected from four different bird species, Phalacrocorax aristotelis (shag), Larus argentatus (herring gull), Alca torda (razorbill), and Uria aalge (guillemot), were subjected to qualitative and quantitative analysis by combined high-resolution gas chromatography and mass spectrometry (GC/MS). Of the four species analyzed, only the shag contained definite indications of the presence of Amoco Cadiz oil hydrocarbons. Gas chromatograms of the saturated hydrocarbon fraction of the shag breast muscle samples were almost identical to those of the saturated hydrocarbon fraction of a "mousse" sample taken near the wreck of the Amoco Cadiz. Both fractions contained an n-alkane series illustrating a somewhat Gaussian distribution, an isoprenoid alkane homologous series and an alkylated cyclohexane homologous series. The saturated fractions of the tissues from the other birds contained traces of the latter two homologous series, suggesting that these birds carry background body burdens of fossil fuel derived hydrocarbons. There were no hydrocarbons in any of the aromatic fractions analyzed that could be directly linked to Amoco Cadiz oil. Polychlorinated

biphenyls were detected in every aromatic fraction analyzed by GC/MS. These results will be discussed in relation to our previous analytical work on tissues from groups of birds that had been experimentally subjected to acute and chronic doses of crude oil.

BIO-AVAILABILITY OF STRANDED AMOCO CADIL OIL  
AS FUNCTION OF ENVIRONMENTAL SELF-CLEANING

April 1978 - January 1979

J.H. VANDERMEULEN (1), B.F.N. LONG (2), T.P. AHERN (1)

The self cleaning potential of two contrasting marine environments and the corresponding bio-availability of stranded oil to two marine molluscs were examined. Stations were established on a high-energy rocky shoreline (TI SAOZON) and on a low-energy mud-flat (Aber Benoît) in April 1978 and revisited periodically. Tidepool water, estuarine water, sediment and limpet and clam samples were analyzed quantitatively and qualitatively for distribution and fate of AMOCO CADIZ petroleum hydrocarbons.

At TI SAOZON, initial hydrocarbon concentrations ranged from 87.03 + or - 30.79 UG/ML in tidepools in the spray zone at the upper limit of the beach to 1.20 + or - 0.32 UG/ML at the low tide water's edge. By June 1978, concentrations had decreased significantly to near background levels. By January 1979, most samples contained no detectable levels of hydrocarbons, with the exception of some tidepool and rock samples from the spray zone. Simultaneously the tissue hydrocarbon load in the limpet patella SP. decreased as determined by fluorescence spectroscopy.

In contrast, hydrocarbon concentrations in both Aber Benoît mud, water and softshell clam (*Mya arenaria*) samples remained at near initial spill levels. Mud and water analyses indicate that as in other beach systems stranded oil is not immobile, but reenters slowly into the marine environment. However, unlike that described for oiled cobble-beaches (VANDERMEULEN and GORDON, 1976) re-entry in the estuarine mud-flat system occurs primarily via the water column from the peripheral vegetative fringe.

Bio-availability of stranded oil in the tidal mud-flat to *mya arenaria* is primarily a function of the residence time of stranded oil and if its re-entry kinetics, together with the changing chemical composition of the oil. This is further modified by hydrocarbon concentration gradients in the water column over the clams during the tidal cycle (concentrations of oil in the clam siphon holes ranged from 790 UG/ML at high tide to 52,400 UG/ML at low tide) and by location of the clam beds on the mud flat slope in relation to water velocity during ebb and flood phases of the tidal cycle.

- (1) Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth NS CANADA, B 2 Y 4 A 2.
- (2) Université de Québec, Rimouski, CANADA.

HYDROCARBON ACCUMULATION AND HISTOPATHOLOGIE IN BIVALVE MOLLUSCS  
TRANSPLANTED TO THE BAIE DE MORLAIX AND THE RADE DE BREST

DOUGLAS A. WOLFE (1), ROBERT C. CLARK Jr. (2), CAROLYN A. FOSTER (2),  
JOYCE W. HAWKES (2) and WILLIAM MAC LEOD (2)

Experimental populations of cockles (*Cerastoderma edule*) and mussels (*Mytilus edulis*), obtained from Presqu'île de Quiberon, were held in cages at a depth of one meter in the Baie de Morlaix, a site known to have been heavily oiled by the AMOCO CADIZ, and the Rade de Brest, a site known to be minimally exposed, from April 27 to May 22 1978. Organisms were sampled at 5, 8, 12 and 25 days for histological examination and analysis of hydrocarbons. Subsurface seawater samples were taken each time organisms were sampled and these were extracted and analyzed for hydrocarbons by UV fluorescence and gas chromatography. Despite the extensive oiling of the Baie de Morlaix one to two weeks after the grounding of the AMOCO CADIZ and the occasional presence of visible slicks and floating mousse during sampling trips, the water samples exhibited concentrations of individual hydrocarbons usually less than 100 parts per trillion (PG/G), and no differences were evident between the two sites either in composition or concentration of hydrocarbons.

Body burdens of hydrocarbons increased in both molluscan species at both sites. At the Morlaix site, up to 5-fold increase in hydrocarbon content had occurred within 5 days after transplantation, and these concentrations were maintained (or decreased slightly) throughout the sampling period. Organisms from the Rade de Brest accumulated hydrocarbons more slowly, but by the final sampling had reached approximately the same levels. No systematic differences in hydrocarbon composition were evident between the two sites. Digestive diverticula from mussels in the Baie de Morlaix and much larger accumulations of lipid and lysosomal granules than comparable tissue from mussels in the Rade de Brest. Increased numbers of lipid droplets were evident in the primary and secondary ducts as well as the blind-ending tubules, whereas increases in lysosomal granules were restricted to the latter. Within the tubules, absorptive cells were more affected than the basophilic secretory cells. Cockles from the Baie de Morlaix also showed increased numbers of lipid droplets in digestive gland cells. No overt pathology was observed in gill tissue of either species.

There were, therefore, clear histological differences detected between mussels held at the Baie de Morlaix and those held at the Rade de Brest. However, as only minor differences were measured in the hydrocarbon contents of water or tissues from the two sites, the observed cytological changes cannot be described with certainty to exposure of oil from the AMOCO CADIZ.

(1) NOAA OUTER Continental shelf environmental assessment program, Boulder  
CO 80303

(2) Environment conservation division, NMFS and Alaskan fisheries center,  
SEATTLE WA 98112.



"Effets de la pollution de l'AMOCO-CADIZ sur l'ostréiculture en BRETAGNE-NORD : suivi chimique de la pollution, de l'épuration et de l'adaptation".

M.P. FRIOCOURT<sup>+</sup>, Y. GOURMELUN<sup>+</sup>, F. BERTHOU<sup>+</sup>, R. COSSON<sup>++</sup>,  
M. MARCHAND<sup>+++</sup>

<sup>+</sup> Laboratoire de biochimie (Pr. H.H. FLOCH), Faculté de Médecine . B.P. 815 - 29279 BREST-CEDEX

<sup>++</sup> EPSHOM, BREST.

<sup>+++</sup> Laboratoire de Chimie-Molysmologie, COB, BREST

---

L'évolution de la situation dans les zones ostréicoles atteintes par les hydrocarbures de l'AMOCO-CADIZ a été suivie régulièrement du point de vue chimique par deux méthodes d'analyse : par spectrofluorométrie et par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire de verre. Les résultats sont exprimés soit en hydrocarbures totaux soit en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques. Trois situations ont été étudiées : maintien des huîtres sur les sites pollués des ABERS et de la baie de MORLAIX - épuration spontanée après transfert en zones non polluées de la rade de BREST - adaptation d'huîtres saines en zones polluées.

Du point de vue méthodologique une intercalibration a été réalisée entre les deux techniques d'analyse. Une corrélation statistiquement significative est observée, bien que les teneurs diffèrent d'un facteur dix environ.

En l'espace de dix mois la décontamination spontanée dans les ABERS est faible. Cette observation est en accord avec le maintien d'un niveau élevé de pollution dans les vasières de ces zones ostréicoles. Toutefois, la composition chimique de la fraction hydrocarbonée évolue

considérablement durant cette période . Alors que le pétrole déversé par l'AMOCO-CADIZ contenait environ 30% d'hydrocarbures aromatiques essentiellement légers, la fraction aromatique contenue dans les huîtres des ABERS représente de 80 à 90% des hydrocarbures totaux. L'épuration spontanée consiste en une très légère diminution de ce pourcentage à 75%. Le maintien d'un degré d'"aromaticité" élevé des hydrocarbures de l'huître en zone polluée s'explique par différents processus externes à l'huître : biodégradation préférentielle des n-paraffines par les micro-organismes, degré d'hydrosolubilité des hydrocarbures aromatiques poly-alkylés, altération par les agents atmosphériques, photooxydation.

La fraction aromatique accumulée par l'huître est constituée essentiellement par des polyaromatiques soufrés de la famille du dibenzothiophène, notamment les dérivés di- et tri-méthylés. Une telle sélectivité n'est pas observée pour les autres composés aromatiques tels les naphthalènes alkylés pourtant abondants dans le pétrole déversé.

Ce résultat laisse penser que l'évolution chimique de la composition de la fraction hydrocarbonée dans l'huître est en grande partie sous la dépendance de facteurs externes à l'huître et que donc les phénomènes d'accumulation ou de rétention sélective semblent être des phénomènes passifs.

L'épuration mesurée par les teneurs en hydrocarbures totaux est effective et rapide après transfert des huîtres polluées en zones salubres. Cependant ces teneurs restent après huit mois d'épuration nettement supérieures à celles d'huîtres saines. Les taux résiduels représentent 15% des hydrocarbures accumulés sur les sites pollués.

La fraction aliphatique retrouve très rapidement des taux situés entre 5 et 10 ppm\*. Elle est constituée essentiellement par des n-alcane lourds. L'indice de préférence (impair/pair) est supérieur à l'unité et indique donc que aux hydrocarbures d'origine fossile viennent se superposer ou s'ajouter en quantité non négligeable ceux d'origine biogénique.

Après huit mois d'épuration, les taux d'hydrocarbures aromatiques restent à un niveau de 6-10 ppm\* alors que les huîtres témoins ont des taux inférieurs à 2 ppm.\* La persistance des composés aromatiques dont l'origine biologique est négligeable montre que l'épuration est difficilement complète.

La vitesse d'épuration apparaît être fonction du temps de séjour de l'huître dans les zones polluées avant l'opération de transfert. Cette différence dans la cinétique d'élimination est due en très grande partie à la fraction aromatique. De plus, l'épuration à l'intérieur de la famille des polyaromatiques soufrés qui ont été accumulés lors du séjour en zone polluée, est une épuration différentielle. Ainsi, les dérivés polyalkylés du dibenzothiophène sont éliminés plus rapidement que le dibenzothiophène lui-même ou son dérivé mono-méthylé. Le mécanisme de cette épuration différentielle sera discuté au vu de quelques résultats. Il apparaît cependant qu'un séjour prolongé (de 15 à 20 jours) sur des sites pollués diminue la capacité d'épuration de l'huître sans doute par modifications métaboliques.

L'implantation d'huîtres saines dans les zones des ABERS (adaptation) est caractérisée par une accumulation rapide et importante d'hydrocarbures. L'huître constitue donc un indicateur de la pollution du milieu (colonne d'eau, sédiments).

Après une phase d'accumulation, la fraction aliphatique retrouve rapidement des taux d'environ 5 ppm\*, c'est-à-dire voisins de ceux des huîtres témoins. Les n-alcane lourds sont majoritaires et peuvent représenter jusqu'à 13 % de cette fraction pour l'heptacosane et 4% pour le nonacosane. Les n-paraffines contenues dans les huîtres après dix mois de séjour dans les ABERS sont essentiellement biogéniques.

L'évolution des teneurs en hydrocarbures aromatiques montre une phase d'accumulation au cours des premiers jours. Cette phase est suivie d'une épuration très lente et d'une stabilisation des taux à environ 18 ppm.\* L'"aromaticité" de la fraction hydrocarbonée augmente durant toute l'opération pour se stabiliser à un pourcentage de 76%. La rétention des hydrocarbures aromatiques consiste essentiellement en une accumulation de dérivés di

et tri-méthylés du dibenzothiophène ; ils représentent 30% du total des aromatiques.

Dans les trois situations de l'étude, le taux d'hydrocarbures aromatiques essentiellement alkylés, constitue un indicateur de pollution dans la colonne d'eau bien plus significatif que le taux d'hydrocarbures aliphatiques ou totaux.

\* exprimé en poids sec

- Contrat CNEXO-UBO 78/5752

CHARACTERIZATION OF ALIPHATIC AND AROMATIC HYDROCARBONS  
IN FLAT AND JAPANESE TYPE OYSTERS AND ADJACENT SEDIMENTS  
COLLECTED FROM L'ABER VRAC'H FOLLOWING THE AMOCO CADIZ OIL SPILL

John L. Laseter, George C. Lawler, Edward B. Overton,  
Jayanti R. Patel, James P. Holmes, Maureen I. Shields  
and Maryann Maberry

Oysters (Japanese and flat types) collected serially at a commercial site in l'Aber Vrac'h, approximately 3 and 13 months after the Amoco Cadiz oil spill, were characterized by high resolution gas chromatography (GC) and gas chromatography-mass spectrometry-computer (GC-MS-COMP) systems for their petroleum content. Entire organisms were extracted with ether following KOH digestion at 90°C. Approximately 30 g (wet weight) of tissue was used in the analysis of each of three replicate samples taken at each sampling station. The saturate fraction was eluted with n-petane and the aromatic fraction with 20% dichloromethane in n-pentane from a 15 g silica gel column.

Total hydrocarbons in each fraction for both the Japanese and flat oysters collected three months following the spill were 10-20 times higher than for control oysters collected at the same time, from a commercial source at Loctudy. The total hydrocarbon content of the Japanese type oysters from l'Aber Vrac'h was the same at 13 months as 3 months after the spill, whereas lower concentrations were found in the tissues of flat type oysters collected at the 13 months interval. Sediments collected adjacent to the oysters at l'Aber Vrac'h showed a marked decrease in total hydrocarbon during the same period.

Detailed GC and GC-MS-COMP characterizations of the normal and isoprenoid alkanes in the saturate fraction and the homologous series of aromatics from 2 to 5 rings, including the dibenzothiophene series, in the aromatic fraction were used to determine the presence of petroleum in the tissues and sediments studied. Selected aromatic hydrocarbons were also characterized by synchronous luminescence spectrometric techniques. Both Japanese and flat oysters collected three months after the spill were found to contain a distribution of petroleum hydrocarbons that was indicative of the presence of weathered Amoco Cadiz oil. The tissues analyzed from the 13 month Japanese oyster samples showed a small decrease in Amoco Cadiz derived hydrocarbons. However, the flat oysters collected at the same time contained only trace levels of Amoco Cadiz hydrocarbons. Control oysters from Loctudy contained small quantities of hydrocarbons that were derived from fossil fuel sources other than the light Arabian crude oil carried by the Amoco Cadiz. A substantial reduction in the level Amoco Cadiz contributed hydrocarbons in the sediments adjacent to the oysters occurred during the ten month interval between sample collections.

These data will be discussed in relation to the persistence of Amoco Cadiz oil in the estuarine environment and its bioaccumulation in oysters.

LOPEZ E., LELOUP-HATEY J., HARDY A., LALLIER F., MARTELLY E.,  
OUDOT J., PEIGNOUX-DEVILLE J., FONTAINE Y.A.\*

\*avec la collaboration de LANGLE D., LEJEUNE D.

Laboratoire de Physiologie générale et comparée, Muséum national  
d'Histoire naturelle, 7, rue Cuvier, 75005 PARIS.

## RESUME

Des anguilles jaunes ont été pêchées en zone polluée (Roscoff) à divers temps, après l'échouage de l'Amoco-Cadiz. Des échantillons d'ovaires, de branchies, de sang, et les glandes interrénales ont été prélevés. Les résultats obtenus ont été comparés à ceux fournis par une étude semblable réalisée sur une anguille pêchée dans la même région, en vivier non contaminé, et par celle d'un groupe d'anguilles témoins capturées en eau de mer non polluée (Dinard).

Les dosages d'hydrocarbures ont montré, environ deux mois après l'accident, une teneur en ces substances relativement faible dans le muscle, élevée dans les branchies et une très forte accumulation dans les ovaires. Après huit mois, une tendance à une lente épuration est constatée.

Au niveau de l'épithélium branchial, on observe, dès les premiers mois d'exposition aux hydrocarbures, une hypertrophie et une hyperplasie anormales des ionocytes, cellules impliquées dans les échanges d'ions. Plus tard (8 mois), les branchies présentent des hernies des filaments respiratoires avec, dans certains cas, désintégration du filament. Les cellules à mucus se multiplient anormalement ; celles-ci, hypertrophiées, secrètent un mucus très abondant qui s'étale en plaques et gaine les filaments respiratoires.

En ce qui concerne l'ovaire, on distingue d'une façon régulière, chez les animaux pêchés en eau polluée, de larges vacuoles dans le cytoplasme des ovocytes ; certaines sont remplies de substances basophiles, d'autres apparaissent en partie vides. Les amas basophiles sont toujours situés dans le cytoplasme ovocyttaire à l'emplacement des inclusions lipidiques que l'on peut observer chez les témoins. Nous suggérons qu'ils reflètent l'accumulation d'hydrocarbures mise en évidence dans l'ovaire. Dans les ovaires des anguilles pêchées 2 mois après l'accident, de nombreux follicules sont en dégénérescence ; 8 mois après, seule la thèque de ces follicules persiste et de nombreux autres ovocytes sont en cours de pycnose.

Après la pollution par les hydrocarbures, on observe une réaction de l'interréal comparable à celle de son homologue, le cortex surrénal, chez les mammifères soumis à un stress. Or c'est la première fois que les effets et les conséquences d'un stress chronique ont pu être étudiés chez un Téléostéen, ce qui montre l'importance de la recherche entreprise.

Le poids de l'interréal est significativement augmenté (x 2) après 2 et 8 mois de pollution. Qualitativement, in vitro, les capacités corticostéroïdogéniques de la glande ne sont pas modifiées. Le cortisol est toujours le principal composé formé. La cortisone, métabolite du cortisol, tend à s'accumuler dans le milieu d'incubation des interréniaux des anguilles pêchées 8 mois après le naufrage.

Quantitativement, après 2 et 8 mois de pollution, il y a une augmentation de la synthèse in vitro du cortisol tritié, de la cortisone tritiée et du cortisol stable, mais l'importance de cette augmentation est significativement moins grande 8 mois après la pollution qu'après 2 mois.

Le taux du cortisol plasmatique n'est pas significativement différent de la valeur trouvée chez les témoins après 2 mois de pollution, mais il est fortement augmenté après 8 mois.

Il apparaît donc que pendant les premiers mois qui ont suivi la marée noire, les anguilles étudiées se sont adaptées au milieu pollué. La sécrétion interrénalienne a pu être suffisamment accrue pour assurer, entre autres régulations, celle du sodium sanguin qui est resté constant. Pour ce faire, en eau de mer, l'action du cortisol s'exerce principalement au niveau des cellules branchiales. Toutefois, l'adaptation au milieu pollué a nécessité une si forte stimulation de l'activité interrénalienne, qu'après 8 mois le fonctionnement de la glande présente des signes évidents d'épuisement. On peut alors se demander si la régulation des échanges des ions  $\text{Na}^+$  pourra encore être efficacement contrôlée chez des anguilles dont les cellules branchiales (ionocytes) présentent de nombreuses anomalies.

En conclusion, nous avons observé chez les anguilles pêchées en eau polluée par les hydrocarbures, une atteinte branchiale et ovocytaire dont certaines manifestations vont en s'accroissant 8 mois environ après le début de la pollution. Le stress subi par les poissons a entraîné un épuisement des cellules interrénaliennes, ce qui rend l'animal très vulnérable du fait qu'il s'adaptera vraisemblablement avec difficulté aux variations spontanées des facteurs du milieu.

On peut, de plus, se demander si des poissons présentant une nécrose des ovaires aussi importante seraient capables de se reproduire.



EVOLUTION DE LA CONTAMINATION ET DE L'EPURATION DES  
INVERTEBRES MARINS APRES L'ECHOUAGE DE L'AMOCO CADIZ.

J. Oudot\*, M. Van Praët\*\*, J.P. Féral\*\*, P. Fusey\* et F. Gaill\*\*

Muséum national d'Histoire naturelle

\* Cryptogamie; Département protection des matériaux, 12 rue de Buffon 75005 Paris.

\*\* Biologie des Invertébrés marins et Malacologie, 57 rue Cuvier 75005 Paris.

Les méthodes de dosage des hydrocarbures dans l'eau et les sédiments ne sont pas toutes utilisables lors des études dans la matière vivante. En effet des composés endogènes interfèrent en particulier lors des dosages par spectrophotométrie infra rouge.

La chromatographie en phase gazeuse est certainement la technique la mieux adaptée. L'analyse de la fraction aromatique permet de suivre la persistance tardive de certaines classes de composés. L'analyse de la fraction saturée est très sélective, elle fournit des renseignements fiables à condition de pousser l'analyse vers les composés de poids moléculaire élevé ( $> C_{35}$ ). Les rapports  $nC_{17}$ /pristane et  $nC_{18}$ /phytane qui présentent un intérêt dans la caractérisation des sédiments ont une valeur indicative moindre dans les organismes, la fraction légère ( $< C_{20}$ ) étant relativement rapidement épurée.

L'utilisation conjointe de la spectrofluorimétrie et de la chromatographie en phase gazeuse nous a permis de caractériser et de suivre l'évolution de la contamination pétrolière chez des invertébrés marins prélevés en Baie de Morlaix.

En mai 1978, tous les invertébrés étudiés, quelque soit leur biotope présentent une contamination caractéristique. Le taux de celle-ci varie selon les sites et les modes de vie. Dans les tissus et organes, ceux riches en lipides endogènes ont préférentiellement accumulés les hydrocarbures.

En octobre 1978, les teneurs moyennes ont diminué mais restent supérieures à celles des témoins, même chez les animaux vivant dans des sites battus où les sédiments sont très épurés. L'épuration des composés paraffiniques à chaînes courtes ( $< C_{20}$ ) est achevée, chez les espèces étudiées, probablement par métabolisation

En février 1979, et compte tenu des limites des méthodes analytiques l'épuration de la fraction saturée semble achevée chez certains organismes. Néanmoins certaines classes de composés aromatiques persistent et plusieurs des organismes étudiés semblent avoir été recontaminés, probablement par des composés jusque là piégés dans les sédiments et remis en suspension par les tempêtes.

La contamination des invertébrés semble non sélective et résulte entre autre de la phagocytose d'éléments pollués et de la pinocytose directe de fractions insolubles. Par contre l'épuration fait intervenir des processus de métabolisation sélective.

Les mécanismes connus de biodégradation bactérienne des hydrocarbures et de métabolisation des composés aromatiques par les vertébrés semblent insuffisants pour expliquer les phénomènes observés chez les invertébrés étudiés.

## **SESSION 2**

**Thème 4 :**

**Impact sur les ressources exploitables**  
***Ecological impact on fisheries and aquaculture***

EVOLUTION DES PEUPELEMENTS ALGAUX EXPLOITABLES DEPUIS  
LE NAUFRAGE DE L"AMOCO CADIZ"

R. KAAS

Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

Résumé

Les deux espèces d'algues les plus utilisées par l'industrie française quant à la qualité de leur produit sont l'algue brune *Laminaria digitata* et l'algue rouge *Chondrus crispus*. Aussi, depuis l'échouement, en mars 1978, du pétrolier "Amoco Cadiz" sur les roches de Portsall, le laboratoire d'Algologie appliquée de l'ISTPM s'est attaché à suivre l'évolution de ces deux algues. La croissance, la densité des plants, la quantité et la qualité des produits finis ont été régulièrement déterminées. La reproduction a été suivie et des essais de germination ont été effectués en laboratoire.

EFFETS BIOLOGIQUES DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES  
DE L'AMOCO-CADIZ SUR L'OSTREICULTURE  
EN BRETAGNE-NORD

====

G. BALOUET ; M. PODER  
Laboratoire de Pathologie  
Faculté de Médecine

Université de Bretagne Occidentale  
BREST

Dans le cadre d'une étude multidisciplinaire effectuée en collaboration avec les Laboratoires de Biochimie de la Faculté de Médecine de BREST et de Chimie-Molysmologie du Centre Océanologique de Bretagne, trois protocoles d'étude ont été entrepris en Mai 1978, après le naufrage de l'AMOCO-CADIZ, visant :

- à apprécier l'évolution des lésions histologiques, des indices gonadiques et de condition des huîtres laissées en zones polluées (protocole "Pollution")

- à les comparer à celles de lots d'huîtres transférées à différentes périodes en milieux non pollués (protocole "Epuración") ou, au contraire, à des lots secondairement immergés en zones polluées (protocole "Adaptation").

Les examens effectués montrent que, après un an :

.../...

Macroscopiquement, et d'après les données de l'indice de condition, les altérations des huîtres sont moins importantes que ce qui avait pu être envisagé.

Histologiquement, les lésions correspondant à une nécrose cellulaire non spécifique, épithéliale ou gonadique, et à une réaction inflammatoire hémocytaire, prédominent toujours dans le tube digestif, puis les zones interstitielles et les gonades. Ces modifications, et particulièrement les altérations digestives, sont toujours plus marquées que chez les lots témoins.

Ces lésions sont toujours identiques chez les huîtres plates et les huîtres creuses ; elles sont par contre plus importantes dans les lots transférés (Epuration en particulier), le déplacement constituant sans doute un facteur de stress supplémentaire, dont l'action paraît prolongée pendant plusieurs mois ; dans tous les lots, les lésions sont encore marquées, et en apparence stabilisées à un niveau 8 à 10 fois supérieur à la normale après un an d'évolution.

Il ne semble pas qu'il y ait eu de ponte gonadique tant dans les lots d'huîtres plates que d'huîtres creuses provenant des protocoles Pollution et Adaptation dans l'ABER-BENOIT. Associés à la présence d'altérations histologiques dégénératives assez sensibles dans la glande génitale, ces faits amènent à surveiller, pour 1979, la capacité de reproduction des huîtres polluées.

Le nombre des lésions tumorales est très faible, comparable à celui des autres zones et des années précédentes. La pollution n'a eu, à ce jour, aucune influence sur les lésions pathologiques déjà connues dans les ABERS et à CARANTEC. La parasitose à *Marteilia refringens*, en très nette régression depuis deux ans, a persisté dans quelques huîtres, certainement antérieurement infectées. L'absence, depuis 1977, de nouveaux cycles de contamination dans les ABERS ne permet aucune conclusion sur les interactions Pollution-Maladie Parasitaire.

Ces constatations, rapprochées de la présence de taux élevés d'hydrocarbures, en particulier aromatiques, amènent à observer la plus grande prudence en ce qui concerne le devenir des stocks pollués et à proposer la mise en oeuvre de tests de mutagenicité, à partir du matériel pollué.

# INCIDENCES DE L'AMOCO CADIZ SUR LES EXPLOITATIONS

## OSTREICOLES

par

H. GRIZEL +, P. MICHEL ++, A. ABARNOU ++, B. GUEGAN ++

+ Institut scientifique et technique des Pêches maritimes 56470 LA TRINITE SUR MER  
++ Institut scientifique et technique des Pêches maritimes BP 1049 44037 NANTES

### Résumé

L'étude concerne l'évolution de la contamination des huîtres présentes sur les parcs des Abers et du bassin de Morlaix lors de l'échouage, la décontamination de ces huîtres entreposées dans une rivière non atteinte par les effluents, le devenir d'huîtres non polluées stockées sur parcs, en bassins submersibles et insubmersibles dans les rivières atteintes par la marée noire.

En juin 1979, les teneurs en hydrocarbures des huîtres des Abers sont toujours supérieures à la normale. En Penzé et en baie de Morlaix, après une décontamination très nette au cours de l'été 1978, les teneurs sont restées stables jusqu'en mai avoisinant en moyenne 70 ppm. En juin les valeurs se situent entre 28 et 50 ppm.

Les mortalités ont été localisées, juste après l'échouage à l'Aber Benoît. La croissance et la qualité des huîtres restées sur parcs depuis l'accident sont très bonnes. Aucune mortalité anormale n'est constatée.

D'autre part, les huîtres polluées transférées dès le début du mois d'avril dans une rivière indemne se sont décontaminées rapidement. En un mois les valeurs sont passées de 248 ppm à 54 ppm.

Enfin des huîtres saines introduites dans les secteurs pollués indiquent que dès le mois de juillet, pour tous les centres, l'eau pompée à pleine mer dans les bassins insubmersibles ne contenait plus d'hydrocarbures. Par ailleurs les huîtres reparquées au mois de janvier 1979 ont conservé des teneurs identiques ou très proches des teneurs initiales à l'exception de certaines stations des abers. Pour ces dernières, une contamination a été notée surtout chez les huîtres creuses.

Les implications pratiques de ces résultats sont données.

EVOLUTION DES STOCKS DE POISSONS PLATS DANS LA ZONE  
CONTAMINEE PAR L'"AMOCO CADIZ"

par

Y. DESAUNAY\*

\*Institut scientifique et technique des Pêches maritimes B.P. 1049  
44037 NANTES CEDEX

R E S U M E

L'étude est centrée sur les effets de la pollution par les hydrocarbures sur les stocks côtiers de poissons plats (Solea vulgaris, Pleuronectes platessa, Limanda limanda) des baies de Morlaix et de Lannion. Elle est basée sur quatre campagnes de prospection du n/o "Roselys", de l'ISTPM, entre avril 1978 et octobre 1979 et sur des observations plus limitées. Les travaux consistent en chalutages de fond à l'aide d'un filet à petit maillage. En outre, l'ensemble des ressources chalutables fait l'objet d'une étude globale.

A l'époque de la "marée noire", les populations de poissons plats sont comparables à celles des baies voisines de la Manche et il apparaît que la baie de Lannion présente tous les caractères d'une nurserie pour ces espèces. L'évolution des stocks, bien que spécifique, présente des caractères communs pour les trois espèces citées.

1. Durant l'année 1978, le recrutement a été nul, alors qu'il était normalement abondant dans les principales nurseries de la Manche (ex. baie du Mt St Michel). Cette absence de la classe '78 entraîne une baisse notable des stocks qui sont composés, dans cette région, de poissons de moins de trois ans.



2. A l'automne<sup>79</sup>, un recrutement assez important pour la plie et la limande, très faible pour la sole, dénote une reconstitution possible des stocks. En outre, les plies ont subi un important ralentissement de croissance durant l'année qui a suivi la marée noire, ralentissement lié sans doute à une diminution du support trophique (benthos) et à un état pathologique.

3. De nombreuses espèces et, en particulier, les poissons plats présentent des altérations anatomiques à partir de l'été. Il s'agit du phénomène déjà décrit aux USA sous le nom de "fin érosion" et dont les causes directes sont mal connues. Dans cette région indemne de pollution, ce phénomène nouveau est lié directement à la pollution par les hydrocarbures. Le pourcentage d'individus touchés, de l'ordre de 70 à 80 %, chez la plie jusqu'en mai 79, diminue en octobre 79, sans doute en raison des migrations de ces poissons. Des déformations des rayons de nageoires ("bent fin rays") sont nombreuses et sont interprétées comme des bourrelets de cicatrisation traduisant une reprise de croissance après l'érosion.

En conclusion, les baies de Lannion et de Morlaix qui constituent les seuls secteurs chalutables du nord Finistère et où sont établies les principales nurseries de poissons plats ont subi un impact important. Les stocks de poissons plats sont très affectés, mais les effets semblent diminuer au bout de 1 an et ils se traduiront par un "manque à pêcher" pendant une période de 3 à 5 ans.

EFFETS DE LA POLLUTION DE L'"AMOCO-CADIZ"  
SUR LA MORPHOLOGIE ET SUR LA REPRODUCTION  
DES PLIES (*PLEURONECTES PLATESSA*)  
DANS L'ABER WRAC'H ET L'ABER BENOIT

PREMIERS RÉSULTATS

par

Laurence MIOSSEC

*Laboratoire de Biologie Animale  
Faculté des Sciences et Techniques  
29283 BREST Cedex*

R E S U M E :

L'Aber Wrac'h et l'Aber Benoit ont été très touchés au moment de la catastrophe de l'"AMOCO-CADIZ". Une étude suivie a été entreprise, depuis cette pollution, sur les populations de plies *Pleuronectes platessa* L., vivant jusque là en quantité relativement importante dans cette zone.

En ce qui concerne la morphologie des plies, nous avons constaté très vite des altérations des nageoires. Celles-ci présentaient des nécroses. L'évolution du pourcentage de poissons atteints a été suivie mensuellement dans l'Aber Wrac'h et dans l'Aber Benoit. Les fluctuations observées sont mises en parallèle avec les degrés de contamination du substrat. Les nageoires ont perdu l'aspect sanguinolent qu'elles présentaient au début de ce travail et montrent maintenant des traces de régénération.

L'étude de la reproduction de *P. platessa* a été menée en comparant les observations faites pendant l'hiver 78-79 dans les abers avec des résultats obtenus pour l'Aber Benoit en 1967 et pour la Baie de Douarnenez depuis 1976. Les rapports gonado-somatiques montrent que les femelles matures ont été fortement perturbées par cette pollution, puisque jamais ces pourcentages, calculés au moment de la période de ponte, n'atteignent ceux des zones de référence. L'histologie des ovaires matures expliquent ces résultats. Les ovocytes, en effet, sont peu nombreux et leur diamètre reste inférieur à celui des œufs des poissons vivant dans des conditions normales. Après la ponte, on constate la présence persistante d'un grand nombre d'œufs atrésiques dans l'ovaire qui est envahi, de façon anormale, par des tissus conjonctifs et des vaisseaux sanguins.

Cette atteinte de l'ovaire laisse présager des modifications dans la fécondité de la plie pour 1980, fécondité déjà faible en 1979 par rapport à celle calculée en Baie de Douarnenez.

Effets de la pollution des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz sur  
la croissance des plies (Pleuronectes platessa) et des soles  
(Solea solea) de la région des Abers.

par G. CONAN et M. FRIHA

## RESUME

Les croissances en longueur standard et en longueur d'otolithe de plies et de soles capturées dans l'Aber Benoît ont été reconstituées sur une série de 7 années. Les études de croissance ont été effectuées par lecture et mesure des anneaux d'hiver et des microstries sur les otolithes. L'Aber Benoît est une zone d'estuaire qui a été sévèrement affectée par les pollutions par hydrocarbures de l'Amoco Cadiz en 1978. Il apparaît que la croissance des plies appartenant à tous les groupes d'âges représentés dans les captures ait été significativement plus faible en 1978 que durant les années précédentes. La croissance des soles semble également avoir été affectée, bien que moins de données soient disponibles. Les croissances ont été progressivement ralenties sur une période d'une année et non bloquées sur une courte durée. Jusqu'à 80% des soles et des plies capturées avaient les nageoires et la queue érodées.

## SUMMARY

The growths in standard length and otolith length of plaices and soles caught in Aber Benoît have been reconstructed over a time of 7 years. The growth assessments were made by reading and measuring annual rings and microrings on otoliths. The Aber Benoît is an Estuarine area which was severely impacted in 1978 by the Amoco Cadiz oil slick. It appears that the growth of plaices belonging to all age groups caught was significantly lower in 1978 than in the previous years. Growth of soles also seems to have been affected although less data are available. Growth progressively slowed down over a period of one year, but no sharp inhibition over a short time lapse was evidenced. Up to 80% of soles and plaices captured had fin and tail rot diseases.

OBSERVATIONS SUR LES CRUSTACES COMMERCIALISABLES DANS LA ZONE  
POLLUEE PAR L'AMOCO CADIZ

---

M. LEGLISE

Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

Dans le cadre de l'étude de l'impact de la pollution par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz , le Laboratoire de l'institut des Pêches maritimes de Roscoff a suivi les effets du naufrage sur les crustacés commercialisables.

L'étude peut être divisée en deux étapes :

-Au début de la pollution , des campagnes expérimentales de pêche ont été réalisées par les professionnels .

-Puis en 1979 le suivi des apports s'est fait à l'aide de fiches de pêche et d'embarquements à bord des navires pratiquant la pêche des crustacés .

En 1978 , dès le début du mois d'Avril , des engins ont été calés dans tous les secteurs pollués .

Les animaux capturés dans la zone comprise entre l'île de Batz et Trémarzhan ont eu un goût d'hydrocarbure . A l'Est de l'île de Batz , ils étaient normaux .

A l'analyse les taux d'hydrocarbures dans la chair des tourteaux et des araignées sont restés faibles : de 40 à 67 ppm , mais plus élevés dans l'hépatopancréas : la moyenne est comprise entre 100 et 150 ppm .

Une prospection sur le cantonnement de Portsall réalisée à la fin du mois de mai 1978 a donné des résultats excellents en ce qui concerne les homards .

En 1979 des fiches de pêche ont été distribuées dans chaque secteur de la zone polluée : au Conquet , à Portsall , à Plouguerneau , à Kerlouan , à Morlaix-Primel , et à Lannion-Trébeurden .

Les résultats montrent que la pêcherie des côtes concernées est essentiellement constituée de crabes : tourteaux et araignées : plus de 30 tonnes au total pour 300 kg de homards et langoustes .

La surpêche a dépeuplé les fonds depuis plusieurs années .

Pour les crabes : les tourteaux ne sont pêchés de façon importante qu'au Conquet en Mars : 11 tonnes dans près de 11 000 casiers ; les araignées n'existent dans les captures qu'à partir du mois d'avril et jusqu'au mois de Juin . Les quantités pêchées sont très faibles dans tous les secteurs sauf à Primel

où se trouve la zone de frayère de Beg an Fry .

L'absence quasi générale des araignées dans tous les secteurs ne s'explique pas facilement . Certes il existe "des années à araignées" , certes l'hiver 1979 a été particulièrement froid , mais cela ne peut pas tout expliquer totalement .

Les larves et les juvéniles qui vivent dans les secteurs côtiers ont pu être atteints par la pollution .

Des sorties à bord des navires professionnels ont permis de confirmer les indications fournies par les fiches de pêche et de les préciser en ayant une idée plus précise de l'ensemble des captures .

A Portsall en Juillet , sur le cantonnement , la pêche a porté sur les homards et les tourteaux . Les rendements en homards sont bons mais inférieurs à ceux de 1978 Les engins ont été déplacés chaque jour et les bords du cantonnement sont dépeuplés .

A Plouguermeau les araignées inexistantes dans les premiers jours de mars sont apparues ensuite mais en très faibles quantité , beaucoup de mâles étaient immatures et les jeunes femelles étaient grainées normalement , les vieilles n'ayant pas encore pondu .

A Kerlouan en Avril , la pêche a été faible . Quelques homards sont capturés, les tourteaux sont peu nombreux , les araignées mâles sont plus nombreuses que les femelles qui sont grainées .

A Primel , en Mai les araignées sont plus nombreuses . On pêche deux fois plus de femelles que de mâles . 90% des femelles sont grainées .

A Trébeurden , en Juillet , les homards sont plus nombreux mais de petite taille . 70% des araignées femelles sont grainées .

Dans tous les secteurs , les tourteaux commercialisables représentent à peine plus du quart des captures totales .

Cette étude montre donc que les grands crustacés : homards et langoustes ne représentent qu'un très faible tonnage des captures . Ceci se produit déjà depuis de nombreuses années .

La pêche des tourteaux qui est la plus abondante est médiocre en 1979.

Les apports d'araignées sont restés très faibles

Ces deux dernières observations ne s'expliquent pas si on ne fait pas intervenir la pollution par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz en particulier en ce qui concerne les araignées .

Le suivi des stocks dans les années à venir est indispensable pour permettre de suivre leur évolution et de déterminer leurs fluctuations au cours des années .

## **SESSION 3**

**LA LUTTE CONTRE LE PÉTROLE  
TECHNOLOGY USED FOR THE CONTROL,  
CONTAINMENT AND CLEAN-UP OF THE SPILL**

C O M M U N I C A T I O N

---

Résumé

Ian WHITE - THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS  
Plantation House, 31/35 Fenchurch Street  
London EC3M 3DX England

The paper will discuss in general terms the findings of a recent study of the oil pollution response capabilities of various countries within Europe. Among the subjects discussed will be the determination of policy for clean-up, the preparation of contingency plans, the organisation for oil spill combat and the availability of the equipment and manpower resources required for the clean-up of a major oil spill. Some areas of common concern between countries will be identified.

LA TELEDETECTION APPLIQUEE A LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION  
PAR LES HYDROCARBURES

par

J.M. MASSIN<sup>†</sup> et Cl. MEYER<sup>\*\*</sup>

Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Direction de la Prévention  
des Pollutions, 14 Bld. du Général Leclerc, 92521 NEUILLY Cedex

\*\* Laboratoire National d'Essais, 1 Rue Gaston Boissier, 75015 PARIS

---

R E S U M E

Au cours des récents accidents survenus au larges des côtes françaises et mexicaines ( AMOCO CADIZ, IXTOC 1 ), la télédétection s'est affirmée comme un important outil de travail permettant d'assurer le suivi de l'évolution et du déplacement des nappes d'hydrocarbures répandues en mer. Les résultats obtenus confirment l'intérêt pouvant être porté à la mise en place le long des côtes françaises d'un système intégré et permanent de surveillance du milieu marin par télédétection faisant appel aux techniques travaillant dans les domaines du visible, de l'infra-rouge et des micro-ondes et permettant une exploitation en temps réel des informations recueillies à partir d'aéronefs ou de satellites. Le dispositif de télédétection aéroporté actuellement exploité par la Direction Générale de la Marine Marchande ( Ministère des Trans ports ) à partir des côtes françaises ainsi que les programmes d'action et de recherches arrêtés ou prévus par les organismes français travaillant dans les domaines concernés ( Institut Géographique National, Centre National d'Etudes Spatiales, Laboratoire National d'Essais..... ) tendent à converger vers cet objectif.

---



COLLOQUE AMOCO CADIZ

LUTTE CONTRE LE PETROLE

"Essai d'échouement de barrages côtiers"

par

M. LE ROUX

S.T.P.B. - BP N° 12 - 94380 Bonneuil-sur-Marne

R E S U M E

A la suite des avaries constatées sur les barrages flottants mis en oeuvre lors de l'accident de l'Amoco Cadiz, la Direction des Ports et de la Navigation Maritimes et, avec elle, le Service des Phares et Balises ont entrepris des études de comportement des barrages côtiers.

Une étude bibliographique du sujet a été publiée. On a, d'autre part, procédé à de nouvelles expérimentations en site réel.

Un essai comparatif de deux types de barrage a, en particulier, été effectué à Antifer et a permis d'apporter des améliorations à un modèle proposé par un constructeur.

A B S T R A C T

After damages to the floating booms which had been laid after the Amoco Cadiz accident, the Direction of Maritime Ports and Navigation, together with the French Lighthouse Service started studies on the behaviour of such booms.

A bibliographical survey on the matters has been published. Furthermore new tests were carried out on site.

Two different types of booms were tested and compared at Antifer; such tests have led to improve on type of device proposed by industry.

## ESSAIS EN SIMULATION ET MISE AU POINT DES

### MOYENS DE LUTTE ANTI POLLUTION

#### Résumé

Georges MASSART - CENTRE OCEANOLOGIQUE, DE BRETAGNE

La conception des moyens mécaniques de lutte contre la pollution par hydrocarbures répond à un certain nombre de besoins et de conditions d'emploi encore relativement mal définis parce que trop divers. De ce fait, l'expérimentation en vraie grandeur permettant la mise au point des matériels devrait être longue, diverse et d'autant plus onéreuse qu'elle devrait se dérouler en mer. De plus la simulation écologiquement acceptable d'une pollution effective est particulièrement difficile à obtenir. Il reste donc la possibilité de se livrer à de nombreux essais sur maquette à échelle réduite dans un milieu complètement artificiel. Il faut alors garder très présent à l'esprit un certain nombre de contraintes et de limitations, essentiellement d'ordre physique qui rendent délicate l'interprétation des résultats obtenus. Cette difficulté peut se résoudre, plus ou moins bien, en séparant artificiellement les paramètres et en jouant sur les conditions d'expérimentation. Quelques exemples concrets montrent les résultats que l'on peut espérer obtenir de ces essais en simulation et le gain de temps et d'argent que l'on peut en attendre.

## COMMUNICATION

-----

*Progrès récents dans le conditionnement des nappes d'hydrocarbures en mer : mise en oeuvre des dispersants et agglomérants dans le cadre des opérations PROTECMAR*

Christian BOCARD (1)

François MERLIN (2)

Les techniques de lutte en mer contre les épandages accidentels d'hydrocarbures peuvent être classés en quatre types principaux : récupération mécanique par écrémage, traitement par produits dispersants, sédimentation par agents coulants, collecte assistée au moyen de produits absorbants et agglomérants flottants.

L'utilisation de produits dispersants constitue souvent, dans l'état actuel des techniques, le seul moyen de lutte à mettre en oeuvre. Cependant, il est apparu, en particulier dans le cas de l'AMOCO CADIZ, que son emploi rationnel nécessite une meilleure connaissance tant des mécanismes de la dispersion en mer que de l'efficacité des divers types de produits dispersants sur les différents états de pollution : brut frais ou vieilli, fuel lourd, émulsion d'eau dans le pétrole. Par ailleurs, l'efficacité du traitement dépend fortement des moyens d'application utilisés et de la stratégie adoptée pour leur mise en oeuvre.

C'est avec ces objectifs qu'a été conçue l'opération PROTECMAR I qui a été réalisée du 8 au 12 mai 1979 au large de TOULON. Au cours de cette opération, 14 nappes expérimentales de 3 m<sup>3</sup> chacune, ont été répandues : 13 nappes d'un fuel léger identique à un pétrole brut partiellement évaporé, 1 nappe d'émulsion de brut à 65 % d'eau. Cinq dispersants représentatifs des types de produits utilisés ont été mis en oeuvre à des doses prédéterminées en fonction du volume de pétrole à traiter : 2 dispersants de deuxième génération, 3 dispersants concentrés (dont un autoémulsionnable). Leur application a été effectuée à l'aide de divers vecteurs et moyens de mise en oeuvre : bateau équipé de rampes, de lances, de panneaux d'agitation, hélicoptère et avion Canadair équipés de rampes.

Le suivi de l'opération a été assuré par des prélèvements d'eau en surface et en profondeur en vue de la détermination des teneurs en hydrocarbures à différents niveaux et par la prise de documents photographiques aériens. 650 échantillons d'eau ont été prélevés à partir de deux bateaux équipés de systèmes spéciaux : échantillonneur dynamique EDIP pour prélèvements de surface, pompe d'aspiration branchée sur tube de prélèvement en continu à une profondeur fixe de 2.5 m, pompe immergée pour prélèvements statiques jusqu'à 10 m de profondeur. Un hélicoptère et deux avions légers ont été utilisés pour l'observation, le guidage et la prise de documents : photographie couleur, infrarouge thermique, vidéo couleur.

Ce type d'opération réalisée dans des conditions proches de la réalité constitue une précieuse source d'informations pour une évaluation objective du traitement des nappes par dispersants, tant sur le plan de l'efficacité de la dispersion qu'en ce qui concerne les aspects opérationnels des divers moyens de mise en oeuvre.

Lorsque la récupération mécanique ne peut pas être pratiquée efficacement, l'utilisation de matériaux et produits absorbants et agglomérants peut constituer une alternative intéressante pour bloquer l'évolution physique d'une nappe et faciliter sa collecte en surface. Cependant, la mise en oeuvre de cette technique de lutte nécessite la mise au point de matériels spéciaux pour l'application des produits et la collecte d'hydrocarbures traités.

Divers types de produits sont susceptibles d'être utilisés : matériaux minéraux hydrophobés, matériaux organiques naturels éventuellement traités, matériaux de synthèse produits industriellement constitués éventuellement par des sous-produits de fabrication ou des déchets de récupération, produits gélifiants.

Des tests de laboratoire ont été mis au point pour évaluer les propriétés des matériaux absorbants : caractère hydrophobe et oléophile, capacité d'absorption et de rétention sur différents types d'huile, pouvoir agglomérant et consistance des agglomérats.

Des expérimentations en mer sur de petites nappes (10 à 20 litres) de fuel lourd et de fuel léger ont été réalisées pour observer le comportement de divers matériaux absorbants en conditions réelles et calibrer les conditions expérimentales des tests de laboratoire.

L'application des produits gélifiants peut être envisagée pour colmater une fuite d'hydrocarbures dans une cuve, bloquer l'extension d'une nappe ou la traiter entièrement. L'étude préliminaire des propriétés gélifiantes de quelques formulations permet d'en apprécier les possibilités d'application.

La mise en oeuvre des matériaux absorbants à grande échelle peut être effectuée en utilisant l'air ou l'eau comme vecteur. La projection à l'eau s'avère cependant seule possible dans le cas des matériaux très légers. L'expérimentation de cinq systèmes VENTURI a été effectuée pour évaluer l'influence des divers paramètres opératoires (géométrie, pression, débit) dans le cas de quatre matériaux absorbants représentatifs des divers structures physiques possibles.

L'utilisation de chaluts spéciaux constitue une technique de collecte en mer d'hydrocarbures agglomérés. Des expérimentations réalisées sur une maquette de 10 m d'envergure et sur un prototype de 40 m ont montré les possibilités de cette technique.

(1) - I F P - B P 311 - 92506 RUEIL MALMAISON

(2) - CEDRE - 16 Quai de la Douane - 29200 BREST

## C O M M U N I C A T I O N

-----

La mise en oeuvre à la côte des produits de nettoyage et leur action sur le pétrole

Jean CROQUETTE (1)

Claude GATELLIER (2)

Les formes de la pollution orientent le choix des techniques : émulsion inverse à la surface du sable ou des rochers, pétrole encore mobile plus ou moins dispersé, imprégnation dans la profondeur du sédiment (sable ou vase). Le délai entre pollution et traitement produit un vieillissement du pétrole et une évolution de sa répartition spatiale, ce qui conduit à modifier la stratégie du nettoyage, le ramassage du polluant et éventuellement son conditionnement au sein du milieu marin. Les difficultés rencontrées au moment de l'AMOCO CADIZ ont initié un ensemble d'études portant à la fois sur l'évaluation objective des produits et de leurs techniques de mise en oeuvre et sur la recherche de méthodes nouvelles.

Le nettoyage de grandes surfaces polluées exige la disponibilité d'outils mécaniques mobiles en grand nombre : engins de travaux publics, matériels agricoles, et quand elles existent machines de nettoyage de plage.

Le nettoyage met aussi en oeuvre des produits parmi lesquels on distingue ceux qui peuvent aider à la récupération, ceux qui conditionnent le pétrole et ceux qui modifient le milieu pollué par une action physique, chimique, biochimique ou microbiologique. Ce sont des absorbants, des adsorbants, des dispersants, des détergents, des désémulsifiants, des biodégradants, etc...

Parallèlement aux essais en laboratoire de mesure de la capacité de rétention des absorbants flottants et aux tests de matériels d'épandage (qui sont décrits par ailleurs), le problème particulier de la mousse au chocolat a fait l'objet d'expérimentation sur une plage reconstituée dans la zone industrielle du Port de Brest; on a pu observer l'inaptitude relative des machines spécialisées dans le nettoyage des plages à ramasser l'émulsion fixée par un produit agglomérant. D'autres essais sur les différentes étapes de l'opération (épandage, malaxage, ramassage) utilisent des moyens moins sophistiqués et plus disponibles tels les engins agricoles : herse, rouleaux.

Si l'usage des produits dispersants pour attaquer au large une nappe de pétrole a déjà fait l'objet de nombreux essais, il apparaît que les résultats de leur action à la côte soient beaucoup moins étudiés, en particulier du point de vue du déplacement des hydrocarbures dans l'eau et au sein des sédiments sableux ou vaseux de la zone intercotidale. Au cours des opérations AMOCO CADIZ sur les plages bretonnes, on a démontré le rôle positif de l'addition d'un tensio-actif

dans l'eau de lavage des rochers et plus généralement de surfaces solides; on a observé que le pétrole rejeté à la mer dans les eaux de lavage adhère peu à de nouvelles surfaces et aussi que la présence de produits tensio-actifs sur les surfaces nettoyées évitait une repollution par une nouvelle nappe non traitée. Par contre, une fois la pollution en place, l'addition de produits dispersants au sable d'une plage ne semble pas se traduire à la marée montante par un réel effet de décollement. Ces observations faites sur des plages du Finistère ont été confirmées par des essais de simulation en maquette de laboratoire qui permettent de bien décomposer les phénomènes et de prévoir l'effet des produits de traitement, mieux sans doute que ne le fait le test d'homologation qui mesure un effet nettoyant par passage d'un courant d'eau au travers d'une colonne de billes de verre. Par ailleurs, il est indispensable de tenir compte de l'énergie apportée au nettoyage d'une côte par les mouvements de la mer.

La restauration des plages qui sont peu soumises au brassage des vagues peut faire appel à l'accélération de la dégradation micro-biologique du pétrole qui reste liée à la présence simultanée dans le milieu d'une microflore adaptée, d'oxygène libre et d'éléments nutritifs. Si l'incorporation d'agents biodégradants et d'engrais dans un sol agricole pollué avait déjà donné satisfaction, on manquait d'expérience en milieu marin côtier; des essais à Penfoul ont permis d'évaluer plusieurs techniques : aération du sable par hersage, appoint de nutriments sous forme d'engrais agricoles ou de produits spéciaux. Le facteur limitant semble rester l'aération.

Qu'il soit naturel ou provoqué, le nettoyage, que peut suivre une restauration, doit être contrôlé par un dosage du pétrole dans le sable et le sédiment grâce à une méthode rapide de terrain, ce qui permet de s'assurer en fin de traitement d'une faible teneur moyenne et de l'absence de zones d'accumulation.

- (1) CEDRE - 16 Quai de la Douane - 29200 BREST
- (2) I F P - B P 311 - 92506 RUEIL MALMAISON

## **SESSION 4**

**MESURES PRISES AU PLAN NATIONAL  
ET INTERNATIONAL  
BILAN ÉCONOMIQUE  
*THE NATIONAL AND INTERNATIONAL  
DEEDS AFTER THE OIL SPILL  
ECONOMIC ASSESSMENT***

MEASURING THE ECONOMIC IMPACTS OF THE AMOCOCADIZ OIL  
SPILL OVERVIEW AND STATUS REPORT

ROBERT C. ANDERSON AND NORMAN F. MEADE (1)

The National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA in cooperation with several French and American universities and research institutions is sponsoring an economic damage assessment of the Amoco Cadiz oil spill.

The purpose of this assessment is to develop and test a series of methodologies for measuring the most significant economic costs associated with major oil spills.

Damage categories for which cost estimates will be made include. Legal and research expenditures aquaculture cleanup operations commercial fishing kelp production and recreation.

This paper describes the methodologies used in establishing the economic damages in each of these categories and discusses some of the practical problems that have been encountered in carrying out the assessments. Human health impacts will be assessed if evidence of significant adverse effects is established.

No attempt will be made to establish economic values for damages to wildlife or lower order organisms except to the extent that they are indirectly included in the above categories.

NORMAN MEADE

(1) National Oceanic and Atmospheric Administration  
WASHINGTON D.C. 20235



COLLOQUE INTERNATIONAL

L'AMOCO CADIZ

CONSEQUENCES D'UNE POLLUTION ACCIDENTELLE PAR LES HYDROCARBURES

Mesures prises sur les plans interne et international  
en ce qui concerne les activités de navigation

par

J. MARC

Ministère des Transports  
Direction Générale de la Marine Marchande .

RESUME

A la suite de la catastrophe de l'AMOCO CADIZ la première réaction a été de demander que les pétroliers passent à bonne distance des côtes pour éviter que, dans toute la mesure du possible, un navire de cette catégorie ne vienne, en cas d'incident ou d'avarie, s'échouer inévitablement à la côte et ce avant même que les secours n'aient pu être mis en oeuvre.

L'accident de l'AMOCO CADIZ est le premier d'une telle ampleur au cours duquel un navire de grande taille, paralysé par une avarie de l'appareil à gouverner, a été jeté à la côte par le mauvais temps qui a également réduit à néant les secours disponibles.

La prévention d'accidents de ce genre ne comporte pas une solution unique et suffisante mais implique un ensemble de mesures à mettre en oeuvre simultanément ou successivement.

Dans le milieu maritime, de droit ancien et traditionnel, les mesures proposées à l'époque ont évidemment posé des questions importantes sous un éclairage nouveau.

Au plan technique, il s'agit de repousser les limites des possibilités de prévention et d'assistance.

.../...

## ABSTRACT

As a result of the AMOCO CADIZ disaster, it has been deemed necessary, as a first reaction, that oil tankers should be kept well off-shore as to prevent, as far as possible, such a ship from inevitably being driven aground, in case of any incident or break down, before any possible assistance being brought.

This disaster is the first such important casualty involving a very large ship, disabled down by a steering-gear failure, has drifted ashore under the bad weather conditions which, furthermore, prevented any assistance from being brought.

There is no one single solution to prevent such casualties, but a combination of simultaneous or subsequent measures.

In the shipping world, ruled by ancient laws and traditionnal uses, actions proposed raised important questions in a new light.

On technical grounds, any effective result is a matter of enhancing practical capabilities of prevention and assistance.

Colloque international sur les conséquences de la  
pollution par les hydrocarbures

Brest - 19 au 22 novembre 1979

Le programme d'action des Communautés européennes en matière de contrôle et de réduction de la pollution causée par le déversement d'hydrocarbures en mer.

---

Le programme d'action des Communautés européennes en matière de contrôle et de réduction de la pollution causée par le déversement d'hydrocarbures en mer, approuvé par le Conseil en juin 1978, a chargé la Commission d'effectuer une série d'études préalables à la présentation de propositions pour mener à bien ce programme.

Ces études portent sur les domaines suivants :

1. Traitement informatisé des données existantes ou à recueillir sur les moyens de lutter contre la pollution de la mer par les hydrocarbures, en vue de l'utilisation immédiate de ces informations en cas de pollution accidentelle.
2. Etude de la disponibilité pour les Etats membres de données pertinentes sur les pétroliers susceptibles de polluer les mers qui entourent la Communauté ou les côtes des Etats membres ainsi que sur les structures artificielles placées sous la juridiction des Etats membres.
3. Etude quant à la nécessité d'adopter des mesures propres à renforcer la coopération et l'efficacité des équipes d'intervention d'urgence qui ont été ou qui seront créées dans les Etats membres.
4. Etude d'une éventuelle participation de la Communauté à la conception et à la mise au point de navires dépollueurs sur lesquels pourraient être adaptés les équipements requis pour un traitement efficace des déversements d'hydrocarbures.
5. Etude des modifications et des améliorations qu'il pourrait être nécessaire d'apporter aux régimes juridiques de la couverture des risques de pollution accidentelle par les hydrocarbures.
6. Elaboration d'une proposition de programme de recherche sur les moyens chimiques et mécaniques permettant de lutter contre la pollution par les hydrocarbures déversés en mer, sur le sort de ces hydrocarbures et leurs effets sur la faune et la flore maritimes.

Les résultats de ces différentes études seront disponibles à la fin de l'année 1979.

La communication indiquera les premiers résultats obtenus et tentera de dégager des orientations pour actions concrètes à mener au niveau communautaire.

---

COLLOQUE SUR L'AMOCO-CADIZ

-----

PLAN DE L'EXPOSE DE MONSIEUR SPARFEL  
Mission Interministérielle de la Mer

-

Intitulé : Mesures de prévention prises au niveau international  
et au niveau national.

I.- Mesures d'ordre international

à l'O.M.C.I.

à la C.E.E.

à la Conférence sur le droit de la mer

II.- Mesures d'ordre national

2.1.- Mesures juridiques

Information des autorités françaises

Règlementation de la navigation

2.2.- Mesures techniques

Surveillance

Intervention