

ESTIMATION PAR SPECTROFLUOMETRIE  
DES CONCENTRATIONS D'HYDROCARBURES  
DANS L'EAU DE MER EN MANCHE OCCIDENTALE  
A LA SUITE DU NAUFRAGE DE L'AMOCO CADIZ"  
DU 30 MARS AU 18 AVRIL 1978

par

M. MARCHAND

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

R E S U M E

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 limité, pour la période comprise entre le 30 mars et le 18 avril, à l'ouest par le méridien 5°W, à l'est par la baie de St-Brieuc comprise, et au nord par le parallèle 49°20'. Les teneurs d'hydrocarbures observées dans l'eau de mer à différentes profondeurs montrent que l'ensemble de la colonne d'eau est contaminée par les hydrocarbures et présagent vraisemblablement de la pollution de la phase sédimentaire dans les secteurs touchés par la dérive des nappes.

A B S T R A C T

The oil pollution resulting from the "AMOCO CADIZ" tanker spill on the Brittany coast of North Finistère has affected a very large section of the western Channel, limited for the period covering March 30 to April 18 to the west by the 5°W meridian, to the east by the St-Brieuc Bay, to the north by the 49°20' parallel. The contents of hydrocarbons observed in sea water at different levels show that the whole of water column is contaminated by hydrocarbons and indicate very probably the pollution of the sedimentary phase in the areas hit by the drifting sheets.

M O T S - C L E S : Amoco Cadiz, Hydrocarbures, eau de mer, spectrofluorométrie, Manche.

K E Y W O R D S : Amoco Cadiz, sea-water, spectrofluorometry, English Channel.

## INTRODUCTION

Dans la nuit du 16 au 17 mars 1978, le pétrolier libérien "AMOCO CADIZ", transportant 223 000 tonnes de pétrole brut, mélange d' "Arabian Light" (100 000 tonnes) et d' "Iranian Light" (123 000 tonnes), faisait naufrage sur les hauts fonds rocheux, près de Portsall (Finistère nord), à moins de deux milles de la côte. Cet échouage occasionnait la plus gigantesque marée noire jamais enregistrée à l'heure actuelle. L'écoulement du pétrole s'est poursuivi pratiquement sans interruption du 17 au 30 mars, date à laquelle les autorités décidaient le pétardage du navire pour libérer définitivement le reste de brut encore présent dans les cuves et procéder ainsi aux opérations de nettoyage des côtes.

Durant cette période, le régime des vents de W. à N.W., combiné au régime général hydrodynamique (courants de marée), provoquait une large dérive côtière des nappes d'hydrocarbures vers l'est, les nappes atteignant successivement l'Aber Wrach (19 mars), Roscoff (20 mars), la baie de Lannion (21 mars), les Sept Iles (22 mars), le Sillon de Talbert (23 mars). Au total, 200 km de côtes étaient pollués, de Porspoder (10 km à l'ouest de Portsall) au Sillon de Talbert, limite ouest de la baie de St-Brieuc (Sullivan, 1978).

Trois campagnes, à bord du navire océanographique "LE SUROIT" ont été organisées par le CNEXO, en Manche Occidentale (de Brest aux îles anglo-normandes), du 30 mars au 18 avril pour mesurer, d'une part, l'étendue et l'importance de la pollution pétrolière dans l'eau de mer et la phase sédimentaire et évaluer, d'autre part, l'impact immédiat sur les peuplements benthiques et pélagiques. Une campagne côtière était également réalisée du 15 au 18 avril, à bord du navire océanographique "THALIA" entre l'Aber Benoit et le chenal du Trieux, soit un mois après l'échouage du pétrolier.

Le présent travail est consacré aux premiers résultats concernant la teneur en hydrocarbures dans l'eau de mer prélevée en surface et à différentes profondeurs, durant, successivement, la première campagne du N/O "LE SUROIT" (30 mars - 4 avril) et la campagne "THALIA" (15 - 18 avril).

## MATERIEL ET METHODES

Les échantillons d'eau de mer (deux litres) sont prélevés immédiatement sous la surface (1 m de profondeur) à l'aide d'un flacon en verre, logé dans un bati en plomb, et surmonté d'un clapet à ressort commandé par le manipulateur au moment où le flacon est immergé à la profondeur de 1 m (\*). Les prélèvements dans la colonne d'eau sont effectués avec des sacs plastiques stériles, adaptés sur un préleveur Niskin (type "Butterfly"). L'ouverture et la fermeture du sac ont lieu à la profondeur de l'échantillonnage. L'analyse comparée de deux échantillons prélevés à la même station par les deux systèmes utilisés ne montre pas de différence caractéristique (cf. tableau II).

(\*) Préleveur mis au point par le Laboratoire d'Océanographie Chimique de l'Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Immédiatement après le prélèvement, l'échantillon d'eau est extrait par 100 ml de chloroforme et 100 ml d'hexane. Les deux extraits sont mélangés, conservés au congélateur et ramenés au laboratoire. La phase organique est ensuite concentrée à l'évaporateur rotatif jusqu'à 5 ml, deshydratée par addition de sulfate de sodium anhydre, concentrée à sec sous jet d'air purifié et ramenée à 5 ml avec de l'hexane.

Les hydrocarbures totaux sont mesurés par spectrofluométrie (appareil TURNER, modèle 430), selon la méthode déjà décrite par LEVY (1971) et KEIZER et GORDON (1973). La longueur d'onde d'excitation est fixée à 310 nm. Le spectre d'émission est pris entre 500 et 320 nm. Le maximum de fluorescence se situe généralement entre 390 et 360 nm, selon les échantillons analysés. Le spectrofluomètre est calibré avec une solution d'hexane préparée à partir d'un résidu de brut (émulsion à 60 % d'eau) (\*\*\*) ramassé à proximité de l'épave, le 26 mars. Bien que seuls les composés aromatiques soient détectés, les résultats sont exprimés en hydrocarbures totaux par rapport à la solution de calibration. La gamme linéaire de réponse de l'appareil se situe entre 0 et environ 4 µg/ml. Toutefois les concentrations massives ne représentent pas nécessairement les concentrations absolues d'hydrocarbures dans l'eau de mer.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Nous présentons successivement les résultats des analyses d'hydrocarbures dans les échantillons d'eau de mer prélevés au cours des campagnes "SUROIT" (30 mars - 4 avril) et "THALIA" (15 - 18 avril).

### 1. CAMPAGNE "SUROIT 1" (30 MARS - 4 AVRIL) EN MANCHE OCCIDENTALE

Au total, 46 stations d'échantillonnage ont été réalisées, du 30 mars au 4 avril, couvrant une zone limitée à l'ouest par Brest-Ouessant, à l'est par St-Brieuc-Guernesey et au nord par le parallèle 49°30' (figure 1).

Dans neuf stations, devant Plouguerneau, au plateau des Triagoz et sur les radiales face à Portsall et Roscoff, des prélèvements d'eau de surface ont été faits de deux à quatre jours d'intervalle.

Sur six stations, des prélèvements d'eau à différentes profondeurs (1 m, 2 m, 5 m, 20 m, fond) ont été effectués pour évaluer la diffusion des hydrocarbures dans la colonne d'eau.

#### 1.1. Eau de surface

Les résultats des analyses d'hydrocarbures totaux dans l'eau de mer de surface (1 m de profondeur), exprimés en µg/l, sont présentés dans le tableau 1. Les valeurs les plus fortes sont observées à Portsall - st. 1- (138 µg/l) et à Roscoff -st. 6- (46,6 µg/l). Les concentrations les plus faibles observées au large et à l'ouest de Portsall (de 0,6 à 1,0 µg/l) sont analogues aux teneurs constatées par d'autres auteurs pour des secteurs non pollués, notamment l'Atlantique nord-ouest (<1 µg/l) (GORDON et al., 1974). Les valeurs significatives, supérieures à 5 µg/l, attestant la présence d'une pollution de l'eau de mer, sont relevées essentiellement dans la zone comprise entre la côte et le 49° parallèle. La décroissance des teneurs d'hydrocarbures de Roscoff (st. 6) à la baie de St-Brieuc (st. 12) semble bien confirmer la dérive côtière est des hydrocarbures dispersés.

L'ensemble des valeurs obtenues montrent que sur la période comprise entre le 30 mars et le 4 avril, la pollution pétrolière dans l'eau de mer couvre un large secteur limité schématiquement à l'ouest par le méridien 5°W, à l'est par la baie de St-Brieuc comprise (où des valeurs significatives sont relevées) et au nord par le parallèle 49°20'.

(\*\*) Echantillon donné par le Dr. CALDER (NOAA).

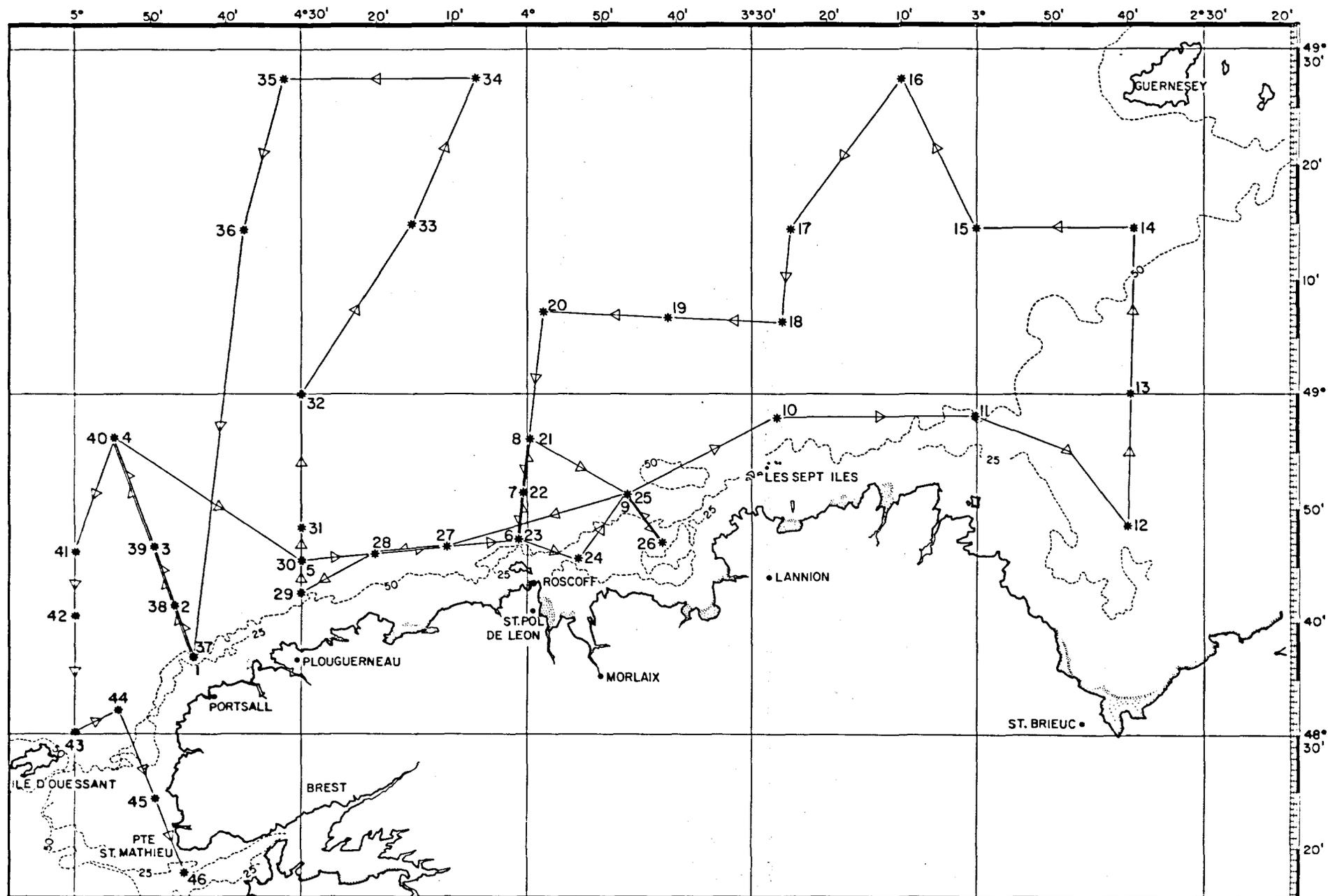


Figure 1. Stations de prélèvement. Campagne "SUROIT 1" (30 mars - 4 avril 1978)

Tableau 1

CONCENTRATION DES HYDROCARBURES TOTAUX ( $\mu\text{g/l}$ )  
 DANS L'EAU DE MER DE SURFACE (1 m DE PROFONDEUR)  
 DE LA MANCHE OCCIDENTALE DU 30 MARS AU 4 AVRIL 78

Date	Localisation	N° de station	Position		Sonde (mètres)	Hydrocarbures totaux ( $\mu\text{g/l}$ )
			LAT (N)	LONG (W)		
30/3	Radiale N.W. face à Portsall	1	48°37'	04°42'5	44	138,0
		2	48°41'1	04°45'6	100	11,7
		3	48°45'6	04°49'2	100	14,3
31/3	Radiale face à Roscoff	4	48°56'	04°54'5	100	5,2
		5	48°44'8	04°30	98	16,6
		6	48°46'6	04°00'7	45	46,4
		7	48°49'2	03°57'7	75	15,6
		8	48°54'	03°58'	80	9,1
		9	48°52'5	03°49'3	75	17,9
		10	48°57'	03°25'8	65	9,1
		11	48°57'9	02°59'6		3,9
		12	48°48'1	02°40'1		2,9
1/4	Radiale face à St-Brieuc	13	49°00'3	02°40'		7,6
		14	49°14'	02°40'2		0,9
		15	49°14'5	03°00'	70	3,6
		16	49°27'4	03°10	70	1,0
		17	49°14'3	03°24'5		0,9
		18	49°06'5	03°25'3	75	2,9
		19	49°07'2	03°40'5	80	2,1
		20	49°07'3	03°57'4		4,3
		21	48°56'2	03°59'5		3,5
		22	48°51'2	04°01'	80	9,4
2/4	Radiale face à Roscoff	23	48°47'2	04°01'1		19,2
		24	48°45'5	03°52'1		8,8
		25	48°51'5	03°46'3	70	5,5
		26	48°46'7	03°42'2	49	12,3
		27	48°46'3	04°11'4		3,2
		28	48°45'9	04°20'7		6,1
		29	48°42'7	04°30'		26,8
		30	48°45'1	04°30'	90	10,2
		31	48°48'4	04°29'8	90	18,9
		32	49°00'	04°29'8	100	1,8
3/4	Radiale face à Plouguerneau	33	49°15'	04°14'5	94	3,2
		34	49°27'4	04°06'8	90	1,3
		35	49°27'6	04°31'9	90	0,8
		36	49°15'1	04°35'1	90	2,1
		37	48°37'	04°42'5		1,5
		38	48°41'5	04°46'5		2,1
		39	48°45'5	04°53'5		2,7
4/4	Radiale face à Portsall	40	48°56'5	04°55'1		1,7
		41	48°46'1	04°59'8	110	non prélevé
		42	48°40'5	05°00'		1,0
		43	48°29'7	05°01'7	85	1,0
		44	48°32'	04°54'	45	0,6
		45	48°24'5	04°48'8		non analysé
		46	48°17'6	04°46'5	32	1,8

### 1.2. Colonne d'eau

Les concentrations d'hydrocarbures totaux dans les échantillons d'eau de mer prélevés à différentes profondeurs (tableau 2) montrent que l'ensemble de la colonne d'eau est contaminée par les hydrocarbures et présagent vraisemblablement de la pollution de la phase sédimentaire dans les secteurs touchés par la dérive des nappes. La diffusion des hydrocarbures en profondeur est attribuable au mélange dynamique des masses d'eau (régime hydrologique, état de la mer), à la nature du pétrole déversé (brut léger favorisant le phénomène naturel de dissolution), à son évolution physique et chimique (émulsification, précipitation naturelle) et à l'utilisation de produits anti-pétrole (dispersants,...). Ce phénomène de diffusion des hydrocarbures dans la colonne d'eau doit être rapide, car chaque masse d'eau garde une certaine homogénéité verticale dans les teneurs observées d'un site de prélèvement à l'autre.

Tableau 2  
HYDROCARBURES TOTAUX ( $\mu\text{g/l}$ ) DANS LA COLONNE D'EAU

Station : 1		Station : 3		Station : 6	
Profondeur (m)	Hydrocarbures ( $\mu\text{g/l}$ )	Profondeur (m)	Hydrocarbures ( $\mu\text{g/l}$ )	Profondeur (m)	Hydrocarbures ( $\mu\text{g/l}$ )
1	138,0 (*)	1	14,3	1	46,4
1	136,1 (**)	2	19,7	2	36,4
5	152,9	5	19,9	5	38,6
20	84,1	20	18,6	20	51,1
44	102,7	100	42,3	40	27,7
Station : 7		Station : 9		Station : 16	
Profondeur (m)	Hydrocarbures ( $\mu\text{g/l}$ )	Profondeur (m)	Hydrocarbures ( $\mu\text{g/l}$ )	Profondeur (m)	Hydrocarbures ( $\mu\text{g/l}$ )
1	15,6	1	17,9	1	1,0
2	9,9	2	8,3	2	0,6
5	12,1	5	13,8	20	1,1
20	16,6	20	19,8		
70	18,3	70	19,6		

### 1.3. Evolution dans le temps

Le tableau 3 montre l'évolution des concentrations observées, entre deux et quatre jours d'intervalle, sur des échantillons d'eau de surface prélevés sur un même site de prélèvement. Une diminution systématique des teneurs d'hydrocarbures est observée dans les échantillons prélevés début avril (époque à laquelle le brut avait cessé de s'écouler de l'épave) par rapport à ceux prélevés fin mars (pétardage du navire). Cette diminution est très marquée sur les stations de la radiale N.W. face à Portsall, elle est moins importante sur les stations de la radiale face à Roscoff. Cette observation confirme la dérive rapide des hydrocarbures vers l'est, sous un régime de vent W. à N.W..

(\*) Prélèveur : flacon de verre

(\*\*) Prélèveur : sac plastique, préleveur Niskin type "Butterfly".

Tableau 3

ANALYSES COMPAREES D'HYDROCARBURES TOTAUX DANS L'EAU DE MER PRELEVEE  
SUR UN MEME SITE DE PRELEVEMENT ENTRE 2 ET 4 JOURS D'INTERVALLE

Zone	Station	Date de prélèvement	Hydrocarbures totaux (µg/l)
Radiale N.W. face à Portsall	1	30/3	138,0
	37	3/4	1,5
	2	30/3	11,7
	38	3/4	2,1
	3	30/3	14,3
	39	3/4	2,7
	4	30/3	5,2
	40	3/4	1,7
Radiale N. face à Roscoff	6	31/3	46,4
	23	2/4	19,2
	7	31/3	15,6
	22	2/4	9,4
Plateau des Triagoz	8	31/3	9,1
	21	2/4	3,5
	9	31/3	17,9
	25	2/4	5,5

2. CAMPAGNE COTIERE "THALIA 1" (15 -18 AVRIL)

Au total 18 stations d'échantillonnage (figure 2.) ont été effectuées entre l'Aber Benoit et le Chenal du Trieux. L'eau de mer était prélevée uniquement sous la surface, à un mètre de profondeur, à l'aide d'une bouteille de prélèvement Van Dorn. Les hydrocarbures ont été mesurés selon le même protocole analytique décrit précédemment.

Les résultats des analyses d'hydrocarbures totaux dans l'eau de mer sont présentés dans le tableau 4.

Les concentrations observées, de 3,0 à 46,9 µg/l, indiquent une contamination plus ou moins importante de l'ensemble des échantillons d'eau de mer analysés.

Les plus fortes teneurs (>30 µg/l) sont relevées dans le secteur de l'Aber Benoit et de l'Aber Wrach.

La persistance de la pollution de l'eau par les hydrocarbures, un mois après l'échouage du pétrolier, est relevée également de façon significative au niveau de Roscoff, dans les baies de Morlaix et de Lannion, ainsi qu'au sud du plateau des Triagoz.

Les plus faibles valeurs (<5 µg/l) observées face à la rivière de Tréguier et dans la rivière du Trieux confirment que l'extension de la pollution côtière est limitée par le Sillon de Talbert.

Il est à noter une augmentation des teneurs d'hydrocarbures totaux dans l'eau en amont de l'Aber Wrach, de la baie de Morlaix et de la rivière de Lannion. Cette observation n'est pas constatée pour la rivière du Trieux où les concentrations mesurées en amont et en aval sont sensiblement analogues (de 3 à 4,6 µg/l).

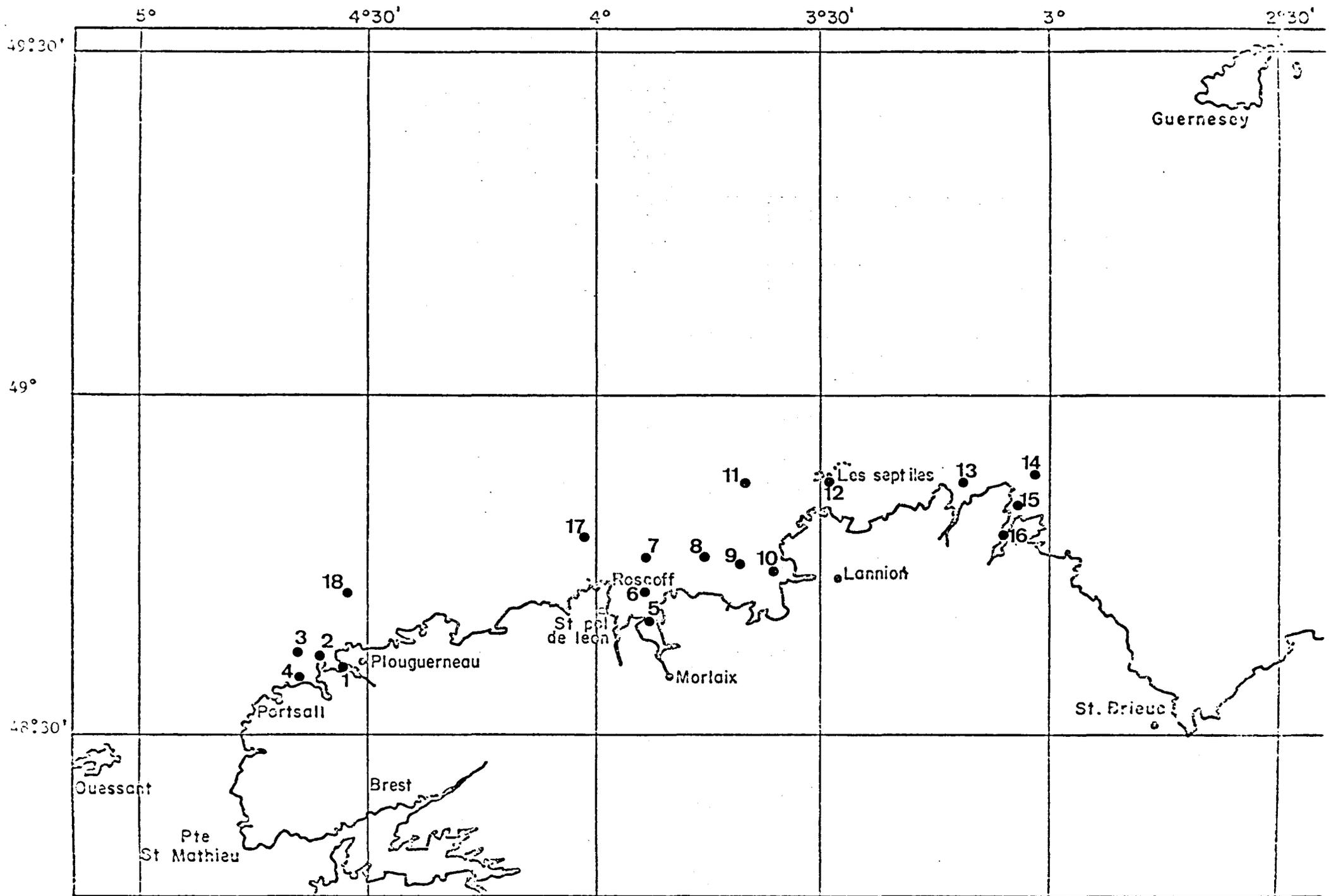


Figure 2. Stations de prélèvement de la campagne "THALIA 1" (15 - 18 avril 78)

Certains secteurs de prélèvements étudiés au cours des campagnes "THALIA" et "SUROIT 1" se regroupent.

Nous avons ainsi quelques éléments comparatifs d'évolution des teneurs d'hydrocarbures totaux sur une période d'une quinzaine de jours, entre le 30 mars et le 18 avril (tableau 5.).

Une très nette diminution des hydrocarbures dans l'eau est observée au niveau de Plouguerneau - île Vierge. Cette diminution est moins accentuée vers Roscoff - île de Batz et non observable en baies de Morlaix et de Lannion.

Tableau 4

CONCENTRATIONS DES HYDROCARBURES TOTAUX ( $\mu\text{g/l}$ )  
DANS L'EAU DE MER DE SURFACE (1 m DE PROFONDEUR)

Date	Localisation	N° de station	Localisation		Hydrocarbures totaux ( $\mu\text{g/l}$ )
			LAT (N)	LONG (W)	
15/4	Aber Wrach	1	Roche aux Moines		46,9
	"	2	Petit Pot de Beurre		35,9
	"	3	Libenter (entrée du chenal)		31,5
	Aber Benoît	4	Bouée Rusven (entrée du chenal)		41,4
16/4	Baie de Morlaix	5	Banc de Flot		17,4
	"	6			8,7
	"	7			8,5
	Baie de Lannion	8	48°45'2	03°47'0	9,1
	"	9	48°45'3	03°40'3	8,8
	"	10	48°44'4	03°34'5	14,2
17/4	Plateau des Triagoz	11	48°49'8	03°36'9	16,5
	Les Sept Iles	12	48°52'8	03°23'8	6,1
	Rivière de Tréguier	13	48°52'6	03°09'3	5,0
	Rivière du Trieux	14	48°54'3	02°56'5	4,6
	"	15	Chenal du Trieux		3,0
	"	16	Chenal du Trieux		4,0
18/4	Ile de Batz	17	48°48'1	04°00'5	8,4
	Ile Vierge	18	48°41'0	04°37'3	4,6

Tableau 5

EVOLUTION DES TENEURS DES HYDROCARBURES TOTAUX DANS L'EAU DE MER  
ENTRE LA FIN MARS ET LA MI-AVRIL  
(COMPARAISON AVEC CERTAINES CONCENTRATIONS MESUREES  
AU COURS DE LA PREMIERE CAMPAGNE DU N/O "LE SUROIT")

Zone	Campagne	Station	Date de prélèvement	Hydrocarbures totaux (µg/l)
Ile Vierge	SUROIT 1	29	3/4	26,8
Plouguerneau	THALIA	18	18/4	4,6
Ile de Batz	SUROIT 1	6	31/3	46,4
Roscoff	SUROIT 1	23	2/4	19,2
	THALIA	17	18/4	8,4
Baie de Morlaix	SUROIT 1	24	2/4	8,8
	THALIA	7	16/4	8,5
Baie de Lannion	SUROIT 1	26	2/4	12,3
	TTHALIA	8	16/4	9,1
	THALIA	9	16/4	8,8

CONCLUSION

Cette première étude montre que la pollution pétrolière résultant de l'échouage de l'"AMOCO CADIZ" a affecté un très large secteur de la Manche occidentale, limité à l'ouest par le méridien 5°W., à l'est par la Baie de St-Brieuc comprise, et au nord par le parallèle 49°20'. La présence des hydrocarbures dans l'ensemble de la colonne d'eau présage vraisemblablement de la pollution de la phase sédimentaire dans les secteurs touchés par la dérive des nappes.

Ces résultats confirment également la persistance de la pollution par hydrocarbures de l'eau de mer dans la zone côtière, un mois après l'échouage de l'"AMOCO CADIZ". Cette persistance est particulièrement importante au niveau des deux abers (Aber Benoît et Aber Wrach) et dans le secteur côtier constitué par la baie de Morlaix et la Baie de Lannion. La rivière du Trieux constitue à l'est approximativement la limite de l'extension de la pollution.

Les travaux complémentaires montreront si cette contamination des eaux de surface et en profondeur a provoqué une pollution correspondante des sédiments et un impact immédiat ou à plus long terme sur les peuplements benthiques et pélagiques.

Des analyses chimiques plus détaillées concernant la répartition et l'évolution des composants chimiques et aromatiques du pétrole brut déversé dans l'eau de mer sont envisagées.

Ces résultats préliminaires seront prochainement associés aux résultats des analyses d'hydrocarbures totaux dans les échantillons d'eau de mer prélevés à la même époque en Manche Occidentale (campagne N/O SUROIT III).

Le suivi spatio-temporel de la contamination des eaux côtières est actuellement en cours (campagne PLUTEUS, mi-mai 78 ; campagne THALIA, mi-juin 78).

### Références Bibliographiques

GORDON, D.C., KEIZER, P.D. & DALE J. (1974). Estimates using fluorescence spectroscopy of the present state of petroleum hydrocarbon contamination in the water column of the north-west Atlantic ocean. *Mar. Chem.*, 2 : 251-61.

KEISER, P.D., & GORDON, D.C., (1973). Detection of trace amounts of oil in sea water by fluorescence spectroscopy. *J. Fish. Res. Bd Canada*, 30 (8) : 1039-46.

LEVY, E.M., (1971). The presence of petroleum residues off the east coast of Nova Scotia, in the Gulf of St Lawrence and the St Lawrence River. *Water Res.*, 5 : 723-33.

SULLIVAN, A.J., (1978). The AMOCO-CADIZ oil spill. *Mar. Poll. Bull.*, 9 : 123-28.