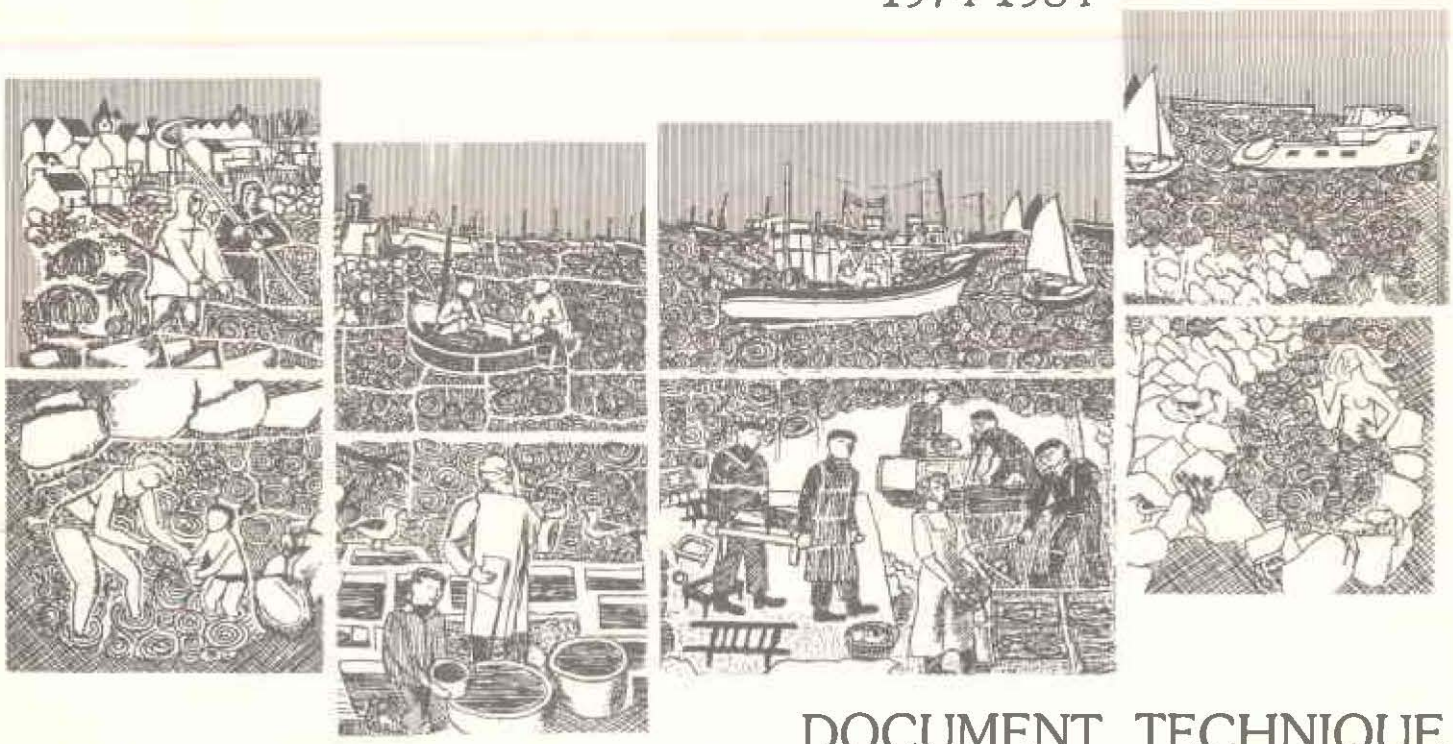
SECRÉTARIAT D'ÉTAT
AUPRÈS DU PREMIER MINISTRE
CHARGÉ DE L'ENVIRONNEMENT

R·N·O

RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN.

DIX ANNÉES DE SURVEILLANCE 1974-1984



DOCUMENT TECHNIQUE

Vol III : Polluants organiques

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE
POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

RÉSEAU NATIONAL D'OBSERVATION
DE LA QUALITÉ DU MILIEU MARIN

DIX ANNÉES DE SURVEILLANCE
1974-1984

DOCUMENT TECHNIQUE

VOLUME III

POLLUANTS ORGANIQUES

Toute référence à cet ouvrage devra être libellée de la façon suivante :

RNO, 1988.-Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. Dix années de surveillance 1974-1984. Document technique, volume III, polluants organiques. IFREMER et Secrétariat d'Etat auprès du Premier Ministre chargé de l'Environnement. 208 p.

RÉSEAU NATIONAL D'OBSERVATION DE LA QUALITÉ DU MILIEU MARIN

DIX ANNÉES DE SURVEILLANCE 1974-1984

SOMMAIRE DU DOCUMENT TECHNIQUE

VOLUME I : PRÉSENTATION GÉNÉRALE

INTRODUCTION

I. Présentation générale (M. JOANNY, M. CHAUSSEPIED)[1]

II. Gestion des résultats (M. JOANNY, M. CHAUSSEPIED)[1]

III. Perspectives (M. JOANNY)[1]

VOLUME II : PHYSICOCHIMIE, ÉLÉMENTS NUTRITIFS, MATÉRIEL PARTICULAIRE

INTRODUCTION

1ère Partie - Présentation synthétique de résultats

A. Physico-chimie et sels nutritifs (M. JOANNY, V. POROT)[1]

B. Matière organique et matériel particulaire (G. CAUWET)[3]

2e Partie - Exploitation approfondie de résultats

A. Variations hydrologiques pluri-annuelles dans le bassin d'Arcachon (J.M. BOUCHET)[4]

B. Une analyse de tendance sur les données de l'estuaire et la baie de Seine (P. GALLET)[5]

3e Partie - Assurance de qualité (M. CHAUSSEPIED, G. BODENNEC)[1]

VOLUME III : POLLUANTS ORGANIQUES

INTRODUCTION

Présentation de la méthode d'interprétation

1ère Partie - Surveillance dans l'eau (M. MARCHAND)[1]

2e Partie - Surveillance dans la matière vivante (M. MARCHAND)[1]

3e Partie - Surveillance dans le sédiment (M. MARCHAND)[1]

4e Partie - Conclusion générale (M. MARCHAND)[1]

5e Partie - Note de synthèse complémentaire pour les PCB, DDT et HPA dans les moules et les huîtres de 1979 à 1986 (P. MICHEL)[2], (M. MARCHAND)[1]

VOLUME IV : MERCURE ET CADMIUM

INTRODUCTION

1ère Partie - Surveillance dans la colonne d'eau

A. Le mercure (D. COSSA)[2]

B. Le cadmium (B. BOUTIER)[2]

2e Partie - Surveillance dans la matière vivante
Le mercure et le cadmium (Y. THIBAUD, B. BOUTIER)[2]

3e Partie - Surveillance dans le sédiment (B. BOUTIER, D. COSSA)[2]

1 IFREMER. DERO/EL. Brest.

2 IFREMER.DERO/MR. Nantes.

3 Université de Perpignan. Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie marines.

4 Institut de Biologie Marine d'Arcachon.

5 Université de Bretagne Occidentale de Brest.

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME III

INTRODUCTION

Présentation de la méthode d'interprétation

1re partie - Surveillance dans l'eau (M. MARCHAND)

I. Interprétation globale des données RNO (1975-1979) 11
II. Interprétation spatiale détaillée (1981) 15
III. Interprétation temporelle détaillée 53
IV. Conclusion 65

2e partie - Surveillance dans la matière vivante (M. MARCHAND)

I. Introduction 67
II. Présentation du document 71
III. Niveaux de contamination des polluants organiques 79
IV. Tendances 89
V. Relation mollusques - eau de mer 101
VI. Relation pollution - démographie en sites estuariens 105
VII. Conclusion 107

3e partie - Surveillance dans le sédiment (M. MARCHAND)

I. Introduction 109
II. Méthodologie - Intercalibration 111
III. Polluants organiques dans les sédiments 113
IV. Reproductibilité de la mesure des PCB dans le temps - Tendance évolutive 123
V. Conclusion 125

4e partie - Conclusion générale (M. MARCHAND) 127

Bibliographie 131

5e partie - Note de synthèse complémentaire pour les PCB, DDT et HPA dans les moules et les huîtres de 1979 à 1986 (P. MICHEL, M. MARCHAND)

I. Introduction 133
II. Méthodologie 135
III. Variation selon les espèces 139
IV. Niveau de présence des polluants et distribution géographique 141
V. Evolution dans le temps 149
VI. Conclusion générale 153

Bibliographie 155

Annexe 157

INTRODUCTION

Le présent ouvrage -en quatre volumes- constitue le Document Technique de bilan réalisé à l'issue de dix années de fonctionnement du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin (RNO). Il marque une étape importante dans l'évolution des programmes de surveillance du littoral français, la troisième de ce type depuis sa mise en place en juin 1974.

Le premier volume fait une présentation générale des programmes du RNO et de leur mise en œuvre, avec un développement particulier sur la question de l'assurance de qualité des résultats et sur les aspects internationaux de la surveillance. Il établit ensuite une synthèse des travaux réalisés pour la constitution de ce Document Technique et dégage les orientations qui peuvent s'imaginer pour le futur des programmes de surveillance.

Chacun des trois autres volumes concerne une classe particulière de paramètres dont les résultats ont fait l'objet d'un examen approfondi :

- physico-chimie, éléments nutritifs, matériel particulaire pour le volume II,

- micropolluants organiques pour le volume III,

- micropolluants minéraux pour le volume IV.

Le travail réalisé par les différents auteurs vise soit à faire un examen critique de l'ensemble des données recueillies pour l'un ou l'autre paramètre et d'en présenter une vision globale, soit d'en faire une exploitation particulière appliquée à un site choisi. On peut ainsi appréhender, quoique de façon partielle, l'utilisation des données du RNO à l'intérieur du cadre strict d'un programme de surveillance mais aussi dans leur utilisation en renfort d'une étude à caractère scientifique. Le volume II comporte en outre une partie spécialisée sur l'assurance de qualité des résultats des paramètres étudiés. Pour les volumes III et IV, l'assurance de qualité des résultats est incorporée dans le corps du texte.

PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE D'INTERPRÉTATION

L'interprétation des données RNO, concernant la surveillance des polluants chimiques dans le milieu marin côtier, constitue une approche en vue d'établir si les objectifs fixés du programme de surveillance sont atteints, à savoir :

— évaluer l'état de pollution chimique au niveau de chaque site de surveillance (point d'appui),

— comparer l'état de pollution d'un site à un autre, tenant compte de leurs caractéristiques (frange marine, rade, estuaire, baie, golfe) et de leurs positions géographiques par façade marine (Mer du Nord, Manche, Atlantique, Méditerranée),

— discerner une évolution temporelle de la pollution durant les 8 années de surveillance,

— constituer une "sonnette d'alarme" en cas de niveaux de pollutions inhabituels.

Mais la seule interprétation des résultats ne suffit pas. Il est également nécessaire d'apprécier le degré de confiance que l'on peut admettre raisonnablement dans le résultat lui-même, ceci en fonction du paramètre chimique mesuré et de l'échantillon analysé (eau, sédiment, matière vivante).

Nous limiterons notre interprétation aux seuls **polluants chimiques organiques** analysés dans l'eau, les sédiments et la matière vivante :

— les hydrocarbures,
— les organochlorés (PCB, insecticides chlorés),
— les détergents (uniquement dans l'eau).

Pour la surveillance dans l'eau l'interprétation des données RNO se fera à trois niveaux :

— Interprétation globale

Nous utiliserons le document de synthèse (RNO, 1981) qui présente une vue condensée de l'ensemble des données recueillies sur cinq annnées de surveillance (1975-1979) et concernant huit points d'appui représentatifs (Dunkerque, baie de Seine, rade de Brest, golfe du Morbihan, estuaire de la Loire, estuaire de la Gironde, golfe de Fos, baies de Cannes et Villefranche).

— Interprétation spatiale détaillée

Les conclusions tirées d'une vue globale de la surveillance seront ensuite comparées à celles que nous obtiendrons par un examen approfondi des données brutes mesurées sur tous les points d'appui sur une année (1981). Cet examen tentera d'éclairer la variabilité de l'état de pollution durant un cycle annuel et la représentativité des stations d'échantillonnage pour chaque site de surveillance.

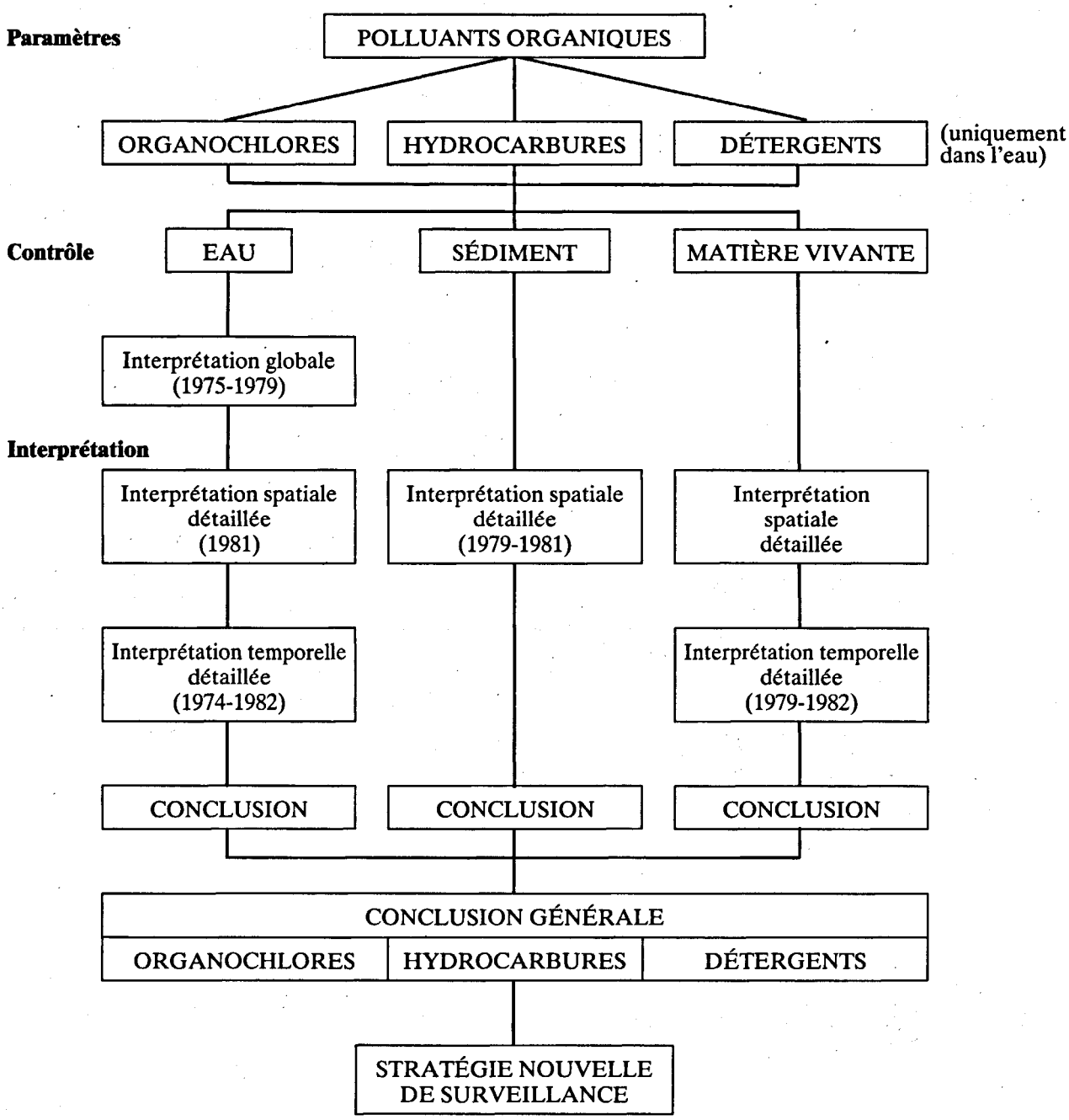
— Interprétation temporelle détaillée

Pour chaque paramètre, nous choisirons quelques sites caractéristiques pour tenter de dégager une évolution temporelle des niveaux de pollution rencontrés sur l'ensemble du programme de surveillance RNO (1974-1982).

Les conclusions qui pourront être dégagées de cet essai d'interprétation des données RNO dans **l'eau** seront comparées à celles concernant la surveillance dans le **sédiment** et la **matière vivante** (tableau I).

Les conclusions générales devraient constituer un élément de réflexion pour définir le cas échéant une stratégie mieux adaptée de surveillance des polluants chimiques organiques dans le milieu marin côtier.

TABLEAU I : Surveillance RNO



PREMIÈRE PARTIE

SURVEILLANCE DANS L'EAU

M. MARCHAND

L'eau est le vecteur de la pollution du milieu aquatique. Il est l'échantillon de choix car indice instantané de pollution et vecteur de dispersion. Toutefois, ce compartiment est difficile à mesurer car les niveaux de pollutions chimiques restent extrêmement faibles (hydrocarbures, détergents : gamme du $\mu g/l$, organochlorés : gamme du ng/l).

Sur la base du document de synthèse (RNO, 1981), nous constatons que sur cinq années de surveillance, plus de 1 000 contrôles ont été effectués dans l'eau pour évaluer les niveaux d'hydrocarbures et d'organochlorés, plus de 4 000 pour les détergents, soit **une fréquence annuelle de contrôle par site de surveillance de :**

- hydrocarbures : 20 - 95,
- détergents : 32 - 116,
- PCB : 16 - 37,
- lindane : 16 - 90.

I - INTERPRÉTATION GLOBALE DES DONNÉES RNO (1975-1979)

1. ORGANOCHLORÉS

Parmi les organochlorés recherchés, seuls les PCB et le lindane sont généralement bien représentés sur l'ensemble du littoral. Nous limiterons l'interprétation des résultats à ces deux types de composés. Les autres insecticides chlorés (aldrine, dieldrine, DDT) à présent interdits en France, ne sont plus identifiés de manière permanente dans l'eau.

Reproductibilité analytique

Pour cerner la variabilité de l'état de pollution du milieu, il est nécessaire d'évaluer la variabilité analytique pour la mesure des résidus organochlorés. Le tableau II donne quelques estimations caractéristiques au niveau d'un laboratoire (analyses répétées) et de plusieurs laboratoires (inter-comparabilité), ceci pour l'analyse de solutions étalons et d'échantillons naturels.

Concernant l'eau de mer, les données sont issues d'un exercice d'intercalibration réalisé en 1977 dans le cadre RNO (MARCHAND, 1978). Il ressort globalement que pour l'analyse de l'eau de mer, dans de bonnes conditions, la variabilité de la mesure sera pour :

- un laboratoire (reproductibilité) 5 - 15 %,
- plusieurs laboratoires (inter-comparabilité) 40 - 50 %.

TABLEAU II : Coefficients de variation pour l'analyse des résidus organochlorés.

			Intercalibration
Reproductibilité (1 laboratoire)			
Solution étalon		2 - 3 %	
Echantillon naturel		15 - 30 %	
Eau de mer dopée (3 analyses)		4 - 14 %	(RNO)
Intercomparabilité (n : nombre de laboratoires)			
Solution étalon	n : 14 - 17	7 - 11 %	(OCDE)
Solution étalon	n : 15	8 - 33 %	(RNO)
Eau de mer dopée	n : 11	39 % (lindane) 44 % (PCB)	(RNO)

1.1. Polychlorobiphényles

Les gammes de concentrations généralement rencontrées dans l'eau de mer peuvent s'échelonner :

- eau du large (non polluée) < 1 ng/l,
- eaux côtières faiblement contaminées 1 - 5 ng/l,
- pollution chronique faible 5 - 10 ng/l,
- pollution chronique 10 - 20 ng/l,
- pollution significative > 20 ng/l,
- très forte pollution > 100 ng/l.

La première observation, au vu des résultats présentés, est la disparité des seuils de détectabilité : 1 ng/l (Brest), 5 ng/l (Villefranche, Loire, Dunkerque), 8 ng/l (Morbihan), 20 ng/l (baie de Seine), 30 ng/l (Gironde), 50 ng/l (Fos). Compte tenu des seuils adoptés, les mesures effectuées en Gironde et à Fos (200 analyses) n'apportent aucune information sur l'état de pollution chronique de ces deux secteurs. Le seuil affiché pour la baie de Seine (20 ng/l) apparaît également comme trop élevé pour déceler la variabilité de l'état de pollution sur ce site.

Deux types de situations assez bien marquées sont observées (tableau III) :

- deux zones de références, Brest et Villefranche : 3-5 ng/l ;
- zones soumises à des pollutions chroniques :
  - Loire : 10-20 ng/l,
  - baie de Seine, Morbihan et Dunkerque : 20-25 ng/l.

L'amplitude des variations enregistrées confirme les observations précédentes. La variabilité des mesures dans les deux zones de références se situe entre 30 et 50 %. En zones soumises aux apports chroniques, cette variabilité augmente : 70 % (Loire), 110 à 130 % (Dunkerque, Morbihan, Seine).

Les moyennes saisonnières ne mettent en évidence aucune variation significative.

TABLEAU III : PCB dans l'eau (ng/l).

	Seuils	Niveaux moyens	Variabilité
Zones de références			
BREST	1 ng/l	3 ng/l	Faible
VILLEFRANCHE	5 ng/l	≤ 5 ng/l	Faible
Pollutions chroniques			
LOIRE	5 ng/l	10-20 ng/l	Moyenne
SEINE	20 ng/l *(trop élevé)*	20-25 ng/l	Significative
MORBIHAN	8 ng/l	20-25 ng/l	Significative
DUNKERQUE	5 ng/l	20-25 ng/l	Significative
Inexploitables	(25 % des contrôles)		
GIRONDE	30 ng/l	≤ 30 ng/l)	
FOS	50 ng/l	≤ 50 ng/l	

1.2. Lindane

Nous considérons les mêmes gammes de concentrations que celles mentionnées pour les PCB pour définir les niveaux de pollution rencontrés. A l'inverse des PCB, on observe une homogénéité des seuils de détectabilité (1 ng/l) pour l'ensemble des laboratoires d'analyse. Ceci surprend quelque peu. Les mesures des PCB et du lindane sont réalisées sur un même chromatogramme et l'on devrait s'attendre logiquement à ce que les seuils de détectabilité affichés par les laboratoires pour les PCB et le lindane restent dans un rapport relativement constant.

Cette homogénéité des seuils de détectabilité permet une intercomparabilité de la totalité des sites de surveillance. Brest apparait être la zone de référence (< 1-1,5 ng/l). Les autres sites présentent un état de pollution chronique faible (2-6 ng/l)(Villefranche, Seine, Morbihan, Loire et Gironde). Seul Fos s'individualise au niveau moyen de 10 ng/l à la côte. La variabilité des résultats est significative. La zone de référence (Brest) est la plus stable (46 %). L'amplitude des variations enregistrées par rapport aux niveaux moyens de pollution est plus grande sur les autres secteurs avec toutefois une homogénéité plus marquée pour les sites semi-fermés (golfe du Morbihan, golfe de Fos : 67-71 %), par rapport aux zones de mélange estuariennes (Loire, Seine, Gironde : 82-128 %) et aux zones franchement marines (Dunkerque, Villefranche : 135-143 %), (tableau IV).

Comme pour les PCB, aucune variation saisonnière n'apparaît comme significative.

TABLEAU IV : Lindane dans l'eau (ng/l).

	Seuils	Niveaux moyens	Variabilité
Zone de référence : Brest	1 ng/l	< 1-1,5 ng/l	Faible 46 %
Pollution chronique			
Faible : Villefranche	1 ng/l	< 1-3,5 ng/l	143 %
Seine	id.	2-3 ng/l	108 %
Morbihan	id.	2-3 ng/l	Faible 67 %
Loire	id.	4-5 ng/l	82 %
Dunkerque	id.	2-5 ng/l	135 %
Gironde	id.	5-6 ng/l	128 %
Significative : Fos	id.	8-10 ng/l	Faible 71 %

2. HYDROCARBURES

Le contrôle de la pollution par hydrocarbures dans l'eau (tableau V) est réalisé par l'estimation des hydrocarbures totaux. Deux techniques de mesure sont disponibles : la spectrophotométrie IR et la spectrofluorescence UV se référant aux normes AFNOR, notamment pour le contrôle des eaux résiduaires, le RNO a adopté la technique de mesure par spectrophotométrie IR. Nous estimons que ce choix n'est pas réellement adapté pour le contrôle des pollutions chroniques par hydrocarbures dans le milieu marin, les informations données par spectrophotométrie IR, restent "pauvres" pour observer l'état de pollution et son évolution sur un site de surveillance. A l'appui de ce premier commentaire négatif, nous indiquerons que la spectrofluorescence UV est la technique de mesure recommandée au niveau international (UNESCO, 1977, 1984) pour suivre la pollution pétrolière dans l'eau de mer. L'avantage de la spectrofluorescence UV réside dans le fait qu'elle détecte les hydrocarbures aromatiques, excellente indication d'une pollution pétrolière et de sa très grande sensibilité de l'ordre de 1 μg/l par rapport à 20 μg/l de la spectrophotométrie IR (MARCHAND 1983, a). Un seul point d'appui (Villefranche) utilise la spectrofluorescence UV pour le contrôle des hydrocarbures, considéré comme mesure des hydrocarbures aromatiques.

Les seuils de détectabilité sont variables : le plus faible concerne évidemment le point d'appui de Villefranche (0,5 μg/l), les autres points d'appui, utilisant la mesure par spectrophotométrie IR (Brest, Dunkerque, Seine et Fos), affichent des seuils de (10 μg/l), avec une exception le point d'appui de Gironde qui réalise les contrôles avec un seuil de (250 μg/l) !

Les niveaux observés permettent de retrouver les deux zones qualifiées de "référence" pour le contrôle des organochlorés dans l'eau : Villefranche (3 μg/l), Brest (20 μg/l). Les différences des teneurs s'expliquent sans doute plus par la méthodologie de mesure mise en œuvre (IR et SFUV) que par une différence d'état de pollution entre les deux sites. Dunkerque, Seine et Fos semblent soumis à des apports de pollution chronique, les niveaux se situant entre 40 et 50 μg/l. Il semble préférable de ne pas chercher à interpréter les niveaux mesurés en Gironde (environ 400 μg/l) compte tenu du seuil affiché par ce point d'appui (250 μg/l). En effet, si ces niveaux correspondaient à un état de pollution réel, la situation en cette zone serait réellement catastrophique.

TABLEAU V : Hydrocarbures dans l'eau ($\mu g/l$).

	Méthodes	Sites	Niveaux
Absence de contrôle	—	Estuaire de la Loire Golfe du Morbihan	—
Inexploitable	Seuil : 250 $\mu g/l$ Moyenne : 400 $\mu g/l$	Estuaire de la Gironde	
Zone de référence	Technique SFUV Technique IR	Villefranche Brest	5 $\mu g/l$ 20 $\mu g/l$
Pollutions chroniques	Technique IR seuil : 10 $\mu g/l$	Dunkerque Baie de Seine Golfe + Fos	40 $\mu g/l$ 50 $\mu g/l$ 50 $\mu g/l$

3. DÉTERGENTS

Les seuils de détectabilité affichés par les laboratoires d'analyse sont constants (10 $\mu g/l$) à l'exception de Villefranche qui travaille avec un seuil de 1 $\mu g/l$. L'ordre de grandeur des teneurs observées reste homogène sur l'ensemble du littoral. Aucune variation saisonnière significative ne peut être mise en évidence. Les teneurs moyennes les plus basses sont relevées à Fos et en Gironde (10-12 $\mu g/l$), les plus fortes dans l'estuaire de la Loire et le golfe du Morbihan (30-37 $\mu g/l$). L'amplitude des variations par rapport à la moyenne se situe entre 55 et 11 %.

II - INTERPRÉTATION SPATIALE DÉTAILLÉE ANNÉE 1981

Nous tenterons d'interpréter les données recueillies sur une année (1981) concernant le contrôle des polluants chimiques organiques dans l'eau, sur quinze sites de surveillance des huit façades maritimes du littoral français.

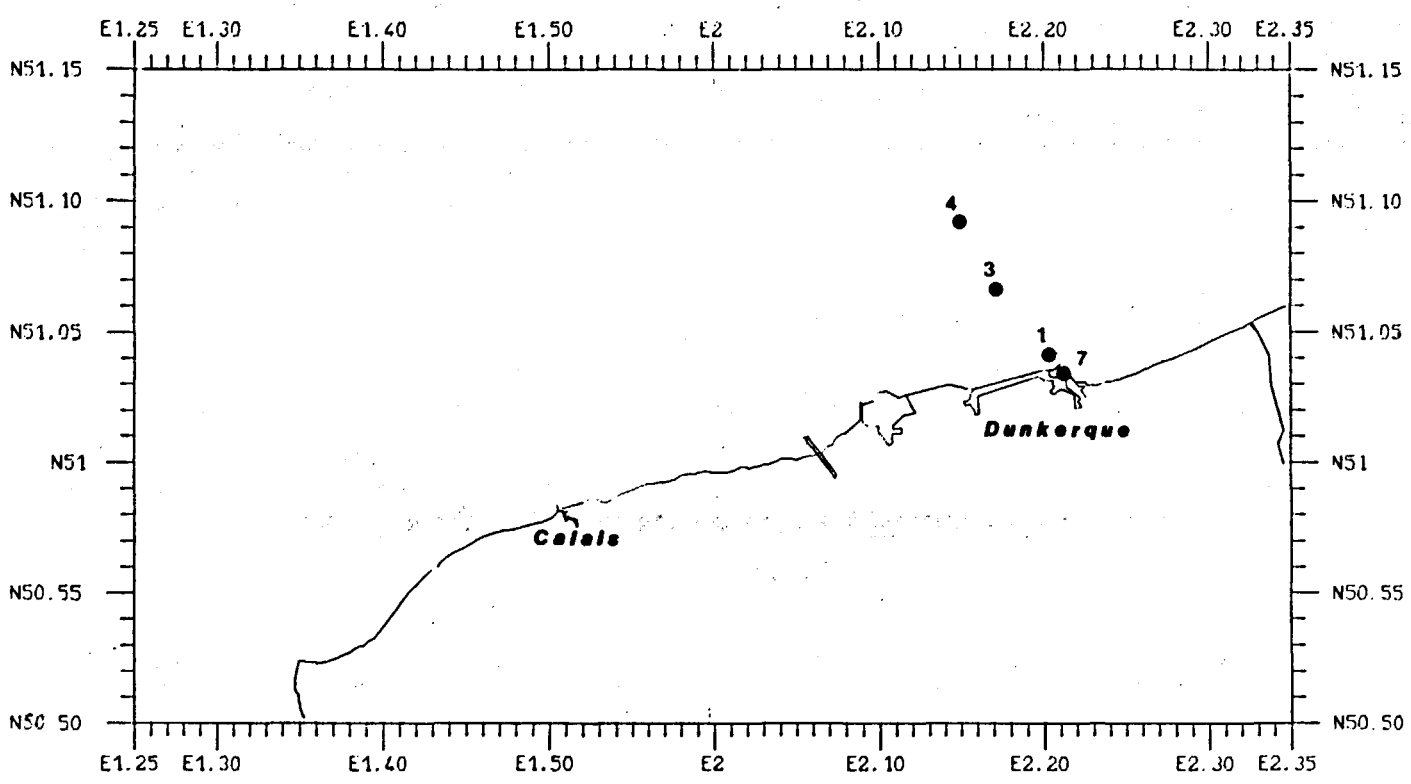
NORD - PAS DE CALAIS - SOMME	Dunkerque
NORMANDIE	Baie de Seine
OUEST COTENTIN - BRETAGNE NORD	Rade de Brest
BRETAGNE SUD	Golfe du Morbihan
PAYS DE LOIRE - CHARENTES	Estuaire de la Loire Marennes - Oléron
AQUITAINE	Estuaire de la Gironde Bassin d'Arcachon
LANGUEDOC - PROVENCE RHODANIENNE	Etang de Thau Golfe de Fos Etang de Berre Baie de Marseille (Cortiou)
COTE D'AZUR - CORSE	Baie de Villefranche Baie de Beaulieu, Menton Corse

Le nombre de contrôles réalisés sur une année sur l'ensemble du littoral maritime est le suivant :

— organochlorés : 481,
— hydrocarbures : 295,
— détergents : 553.

L'interprétation s'intéressera aux niveaux de pollution rencontrés, à la variabilité des données recueillies et à la représentativité des stations de prélèvements.

Façade	N° 1 NORD - PAS DE CALAIS - SOMME	
Site	**DUNKERQUE**	Point d'appui N° 12



LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
1	N 51 4 1	E 2 20 3
2	N 51 4 6	E 2 18 0
3	N 51 6 6	E 2 17 2
4	N 51 9 2	E 2 14 9
7	N 51 3 4	E 2 21 2

Stations de surveillance	4, "Côte" : 1 et 7, "Large" : 3 et 4.
PCB	40 contrôles, seuil : 100 ng/l. Le seuil est trop élevé pour toute interprétation de l'état de pollution du site. Les données acquises de 1975 à 1979 par un autre laboratoire de contrôle (seuil : 5 ng/l) mettent en évidence des concentrations moyennes de 25 ng/l ("côte") à 22 ng/l ("large"). Des prélèvements côtiers réalisés entre Calais et Ostende en juin 1982 (MARCHAND, 1983 b) évaluent des concentrations de PCB dans l'eau entre 3 et 40 ng/l ($\bar{m}$: 12 ± 11 ng/l).
Lindane	40 contrôles, seuil : 1 ng/l. Les teneurs observées varient de 1 à 21 ng/l et sont donc comparables aux niveaux moyens observés les années précédentes et aux concentrations mesurées en juin 1982 (MARCHAND, 1983 b).

	1975-1979	1981	1982
"Côte"	4,6	6 ± 4	3,5 ± 0,8
"Large"	2,4	4 ± 2	

Hydrocarbures	40 contrôles, mesure : spectrophotométrie IR ; seuil : 50 µg/l. Le contrôle effectué ne révèle pas une situation de pollution chronique importante, ceci en accord avec les données RNO antérieures et les résultats obtenus en juin 1982 (MARCHAND, 1983 b).

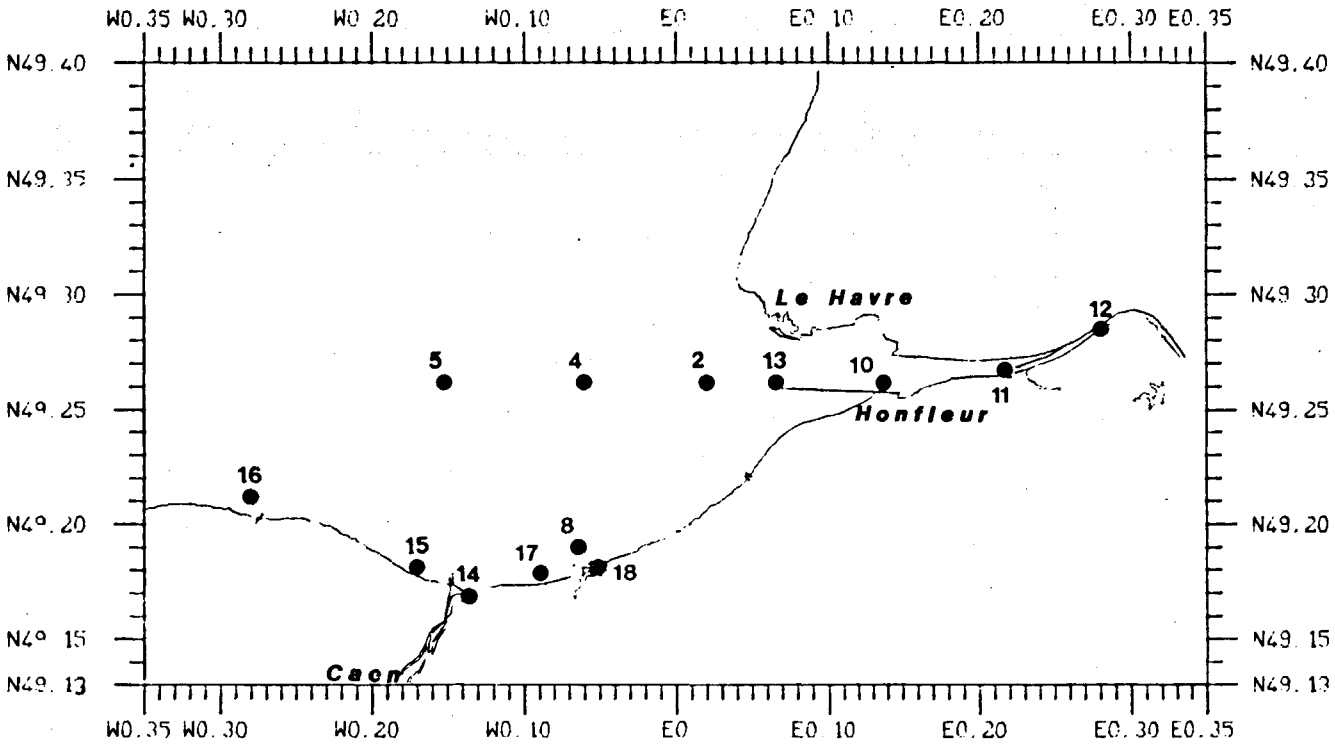
	1975-1979	1981	1982
Technique de mesure	IR	IR	SFUV
Concentrations moyennes	40	< 50	4,6 ± 3,2

Détergents	40 contrôles, seuil : 20 µg/l. Les valeurs restent stables et sont en accord avec les contrôles antérieurs.

	1975-1979	1981
"Côte"	24	25 ± 12
"Large"	23	21 ± 9

Variabilité spatiale	Il n'existe pas de gradient de pollution très significatif pour les paramètres mesurés entre les stations proches de la côte et celles plus éloignées.
Variabilité annuelle	Aléatoire.

Façade	N° 2 NORMANDIE	
Site	**BAIE DE SEINE**	Point d'appui N° 1



LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
2	N 49 26 2	E 0 2 0
4	N 49 26 2	W 0 6 0
5	N 49 26 2	W 0 15 2
8	N 49 18 1	W 0 6 1
10	N 49 25 5	E 0 13 5
11	N 49 26 2	E 0 22 1
12	N 49 28 4	E 0 28 1
13	N 49 26 2	E 0 6 6
14	N 49 16 9	W 0 13 6
15	N 49 18 1	W 0 17 0
16	N 49 21 2	W 0 28 0
17	N 49 17 2	W 0 8 6
18	N 49 17 1	W 0 5 1

Stations de surveillance	7, individualisant trois zones caractéristiques de surveillance : – estuaire de la Seine : stations 12, 10, 13, 2 et 5, – canal de l'Orne : station 14, – estuaire de la Dives (Cabourg) : station 18.
PCB	49 contrôles, seuils : 20 ng/l (estuaire et baie de Seine) et 200 ng/l (Orne et la Dives). Les contrôles au débouché de l'Orne et de la Dives sont inexploitables (< 200 ng/l). En estuaire de Seine 70 % des mesures sont inférieures au seuil de détectabilité, ce qui limite considérablement l'interprétation des données recueillies. Les niveaux significatifs de 20 à 110 ng/l sont mesurés dans l'estuaire sans qu'il soit permis d'observer un gradient de dilution caractéristique d'amont vers l'aval.
Lindane	49 contrôles, seuil : 1 ng/l. Estuaire de la Seine : pour 85 % des contrôles, les concentrations mesurées varient de < 1 à 7 ng/l ($\bar{m}$: 1,5 ± 1,8 ng/l) avec des poussées ponctuelles pour 15 % des contrôles de 20 à 40 ng/l ($\bar{m}$: 29 ± 7 ng/l). Canal de l'Orne : apports significatifs de 39 ± 37 ng/l. Estuaire de la Dives : apports significatifs de 29 ± 25 ng/l.
Hydrocarbures	40 contrôles, mesures : spectrophotométrie IR ; seuil : 20 µg/l. Les teneurs relevées dans l'estuaire de la Seine varient de < 20 à 310 µ/l avec un gradient de concentration observable d'amont vers l'aval, traduisant des apports telluriques d'hydrocarbures. Les niveaux sont comparables aux données antérieures.

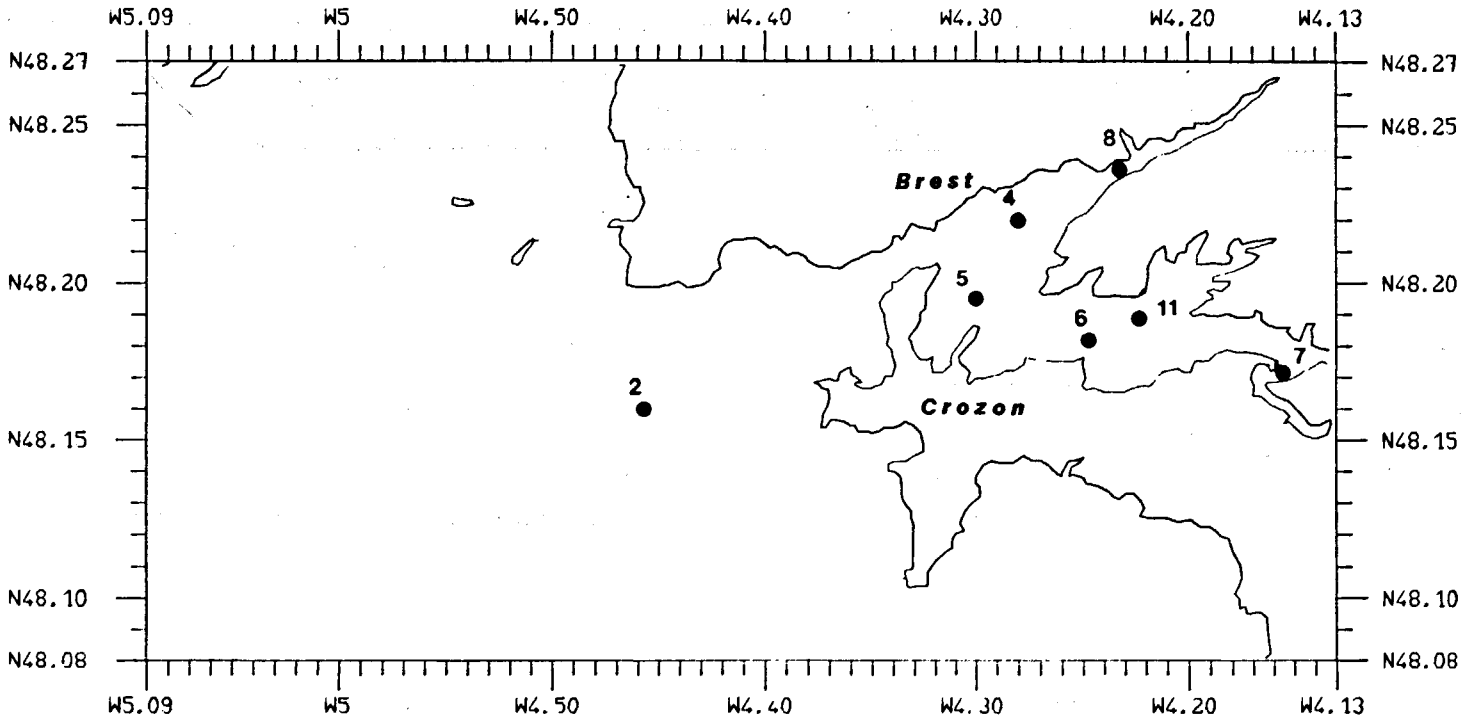
	"côte"		"large"	
1975/79	50		20	
1981	63 ± 31	52 ± 83	20 ± 14	< 20
Station	10	13	2	5

Détergents	52 contrôles, seuil : 10 µg/l. Les concentrations restent très homogènes sur l'ensemble des stations d'échantillonnage dans l'estuaire de la Seine. Une diminution des teneurs mesurées est observable par rapport aux données antérieures.

	"côte"		"large"		
1975/79	25			19	
1981	11 ± 9	12 ± 10	10 ± 7	12 ± 9	≤ 10
Station	12	10	13	2	5

Variabilité spatiale	Elle est visible pour le lindane si l'on compare l'estuaire de la Seine aux débouchés de l'Orne et de la Dives. Elle est discernable pour les hydrocarbures le long de l'estuaire de la Seine. Elle n'est pas relevée pour des détergents.
Variabilité annuelle	Aléatoire.

Façade	N° 3 OUEST COTENTIN - BRETAGNE NORD	
Site	**RADE DE BREST**	Point d'appui N° 2

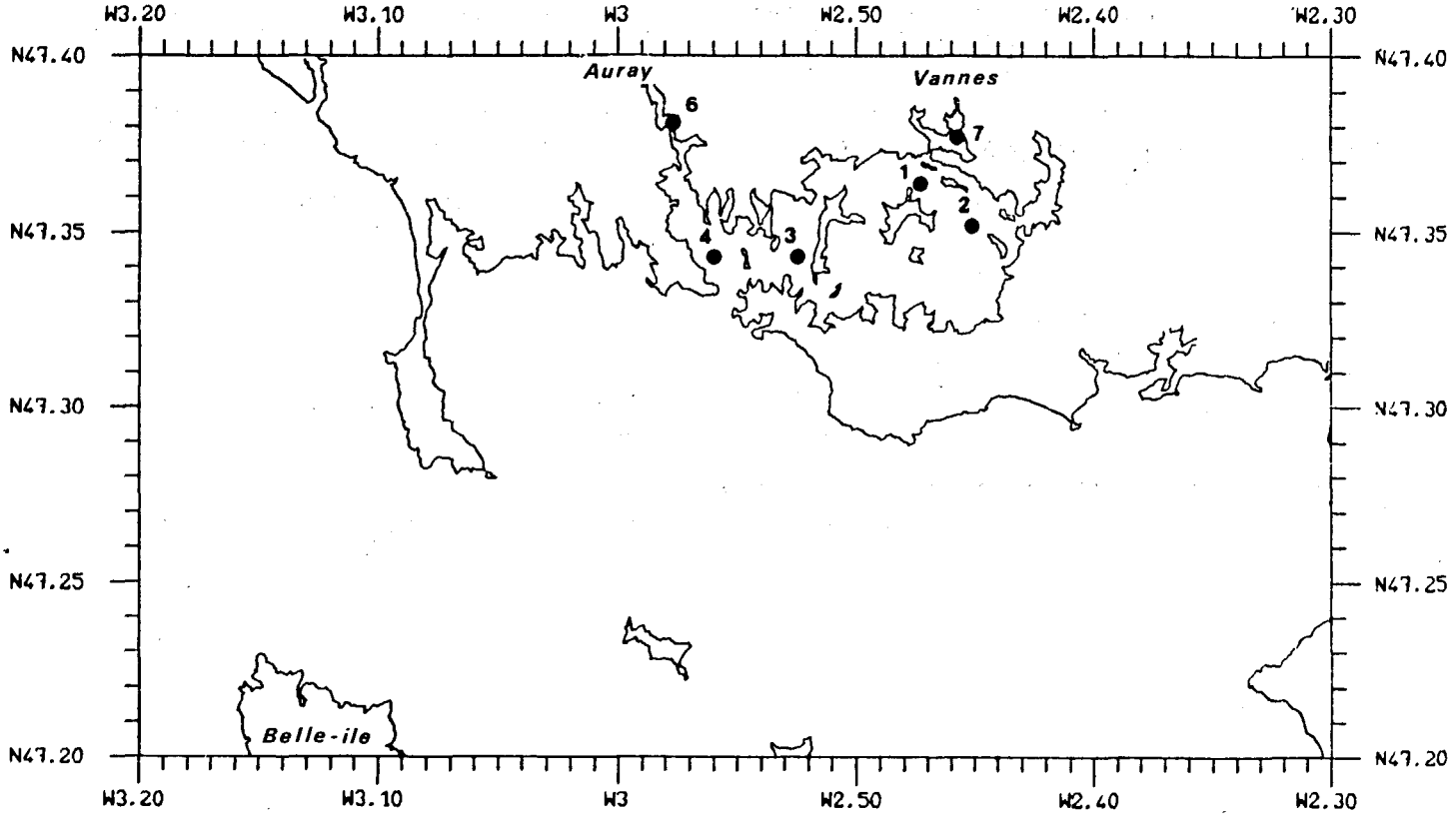


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
2	N 48 16 0	W 4 45 7
4	N 48 22 0	W 4 28 0
5	N 48 19 5	W 4 30 0
6	N 48 18 2	W 4 24 7
7	N 48 17 4	W 4 15 9
8	N 48 23 9	W 4 23 3
11	N 48 18 9	W 4 22 3

Stations de surveillance	4. Chaque station est caractéristique : – extérieure à la rade : 2, – ville de Brest : 4, – Elorn : 8, – Aulne : 7.
PCB	24 contrôles, seuil : 3 ng/l. Les teneurs sont ≤ 3 ng/l et confirment la rade Brest comme zone de référence. Les données antérieures (1975/79) donnaient des niveaux moyens comparables de 3 à 4 ng/l.
Lindane	24 contrôles, seuil : 1 ng/l. Les teneurs restent faibles, à l'extérieur de la rade de 1 à 2 ng/l, à l'intérieur de la rade de 1 à 6 ng/l ($\overline{m}$: 2,6 ± 1,2 ng/l).
Hydrocarbures	26 contrôles, mesures : spectrophotométrie IR ; seuil : 10 µg/l. 85 % des contrôles sont inférieurs au seuil de détectabilité, des teneurs significatives (15 %) ne dépassent pas 70 µg/l.
Détergents	27 contrôles, seuil : 10 µg/l. Tous les contrôles sont ≤ 10 µg/l et sont significativement inférieurs aux moyennes calculées pour les années antérieures ("côte : 21 µg/l ; "large" : 13 µg/l).
Variabilité spatiale	Très faible. La rade de Brest constitue un site de référence pour les polluants organiques. La nécessité d'une surveillance sur une station extérieure à la rade ne se justifie pas.
Variabilité annuelle	Très faible.

Façade	N° 4 BRETAGNE SUD	
Site	**GOLFE DU MORBIHAN**	Point d'appui N° 10

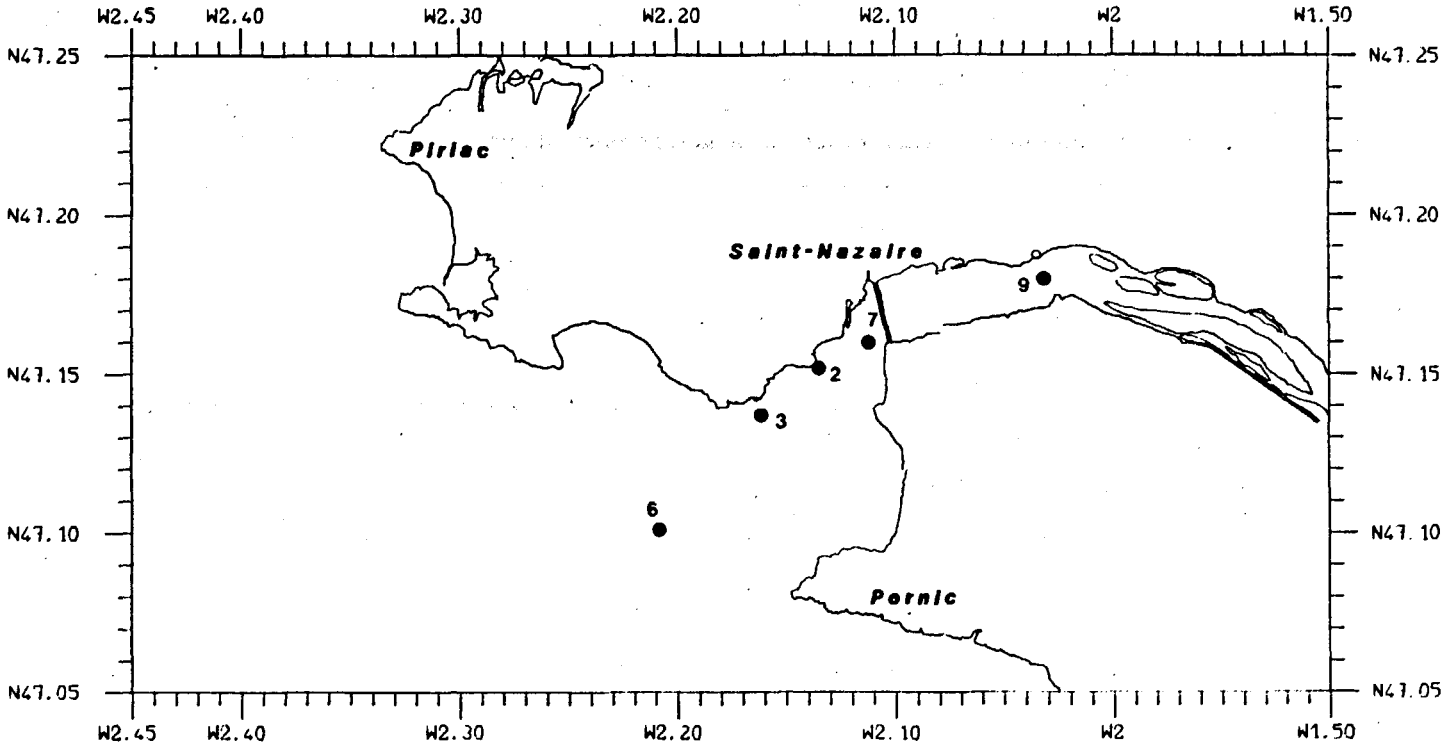


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
1	N 47 36 4	W 2 47 3
2	N 47 35 2	W 2 45 1
3	N 47 34 3	W 2 52 4
4	N 47 34 3	W 2 56 0
6	N 47 38 1	W 2 57 7
7	N 47 37 7	W 2 45 7

Stations de surveillance	5 zones caractéristiques : – rivière d'Auray : 6, – Vannes : 7, – Golfe du Morbihan : 1, 2 et 4.
PCB	60 contrôles, seuil : 8 ng/l. 63 % des mesures sont < 8 ng/l. 37 % des mesures donnent des valeurs significatives de 9 à 33 ng/l sans mettre en évidence de secteurs préférentiels d'apports de PCB dans les eaux du Golfe. Interprétation délicate. Problème de la reproductibilité analytique ?
Lindane	60 contrôles, seuil : 1 ng/l. Les valeurs observées sont dans l'ensemble homogènes, de 1 à 6 ng/l avec quelques maxima pouvant atteindre 27 ng/l. En moyenne les niveaux sont : – eaux du Golfe : 3 ± 2 ng/l, – rivière d'Auray et Vannes : 6 ± 6 ng/l.
Hydrocarbures	Absence de contrôle.
Détergents	60 contrôles, seuil : 10 µg/l. Les concentrations sont homogènes sur l'ensemble des stations. L'échelle maximale de variation est de 14 à 147 µg/l. Aucune distribution spatiale n'est réellement observée. Les niveaux moyens sont : – eaux du Golfe : 49 ± 30 µg/l, – rivière d'Auray et Vannes : 35 ± 25 µg/l.
Variabilité spatiale	Elle n'est pas discernable pour les eaux du Golfe. Les stations proches de Vannes et en rivière d'Auray caractérisent les apports polluants (faibles).
Variabilité annuelle	Aléatoire.

Façade	N° 5 PAYS DE LOIRE - CHARENTES	
Site	**ESTUAIRE DE LA LOIRE**	Point d'appui N° 3



LOCALISATION DES STATIONS

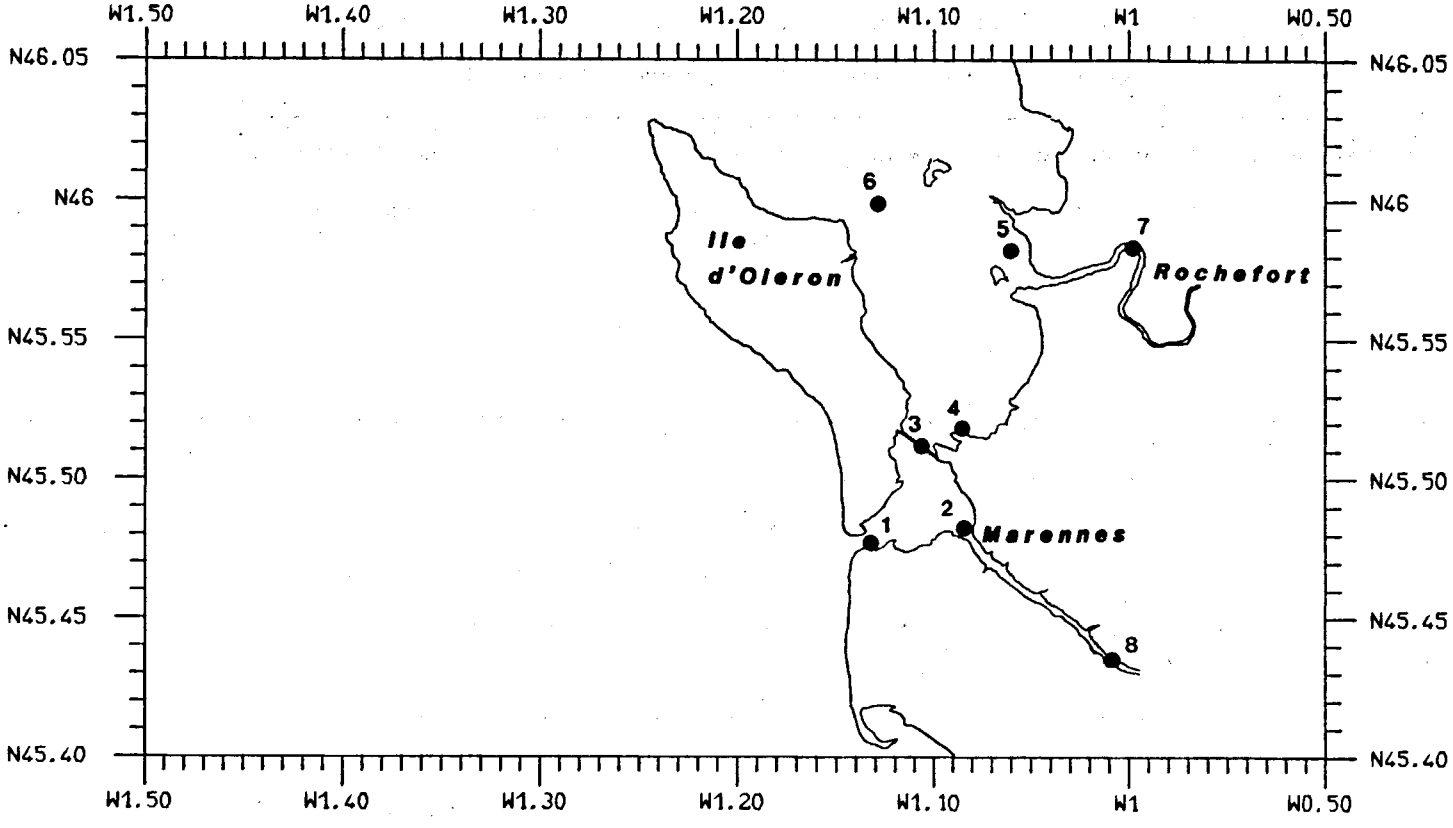
STATION	LATITUDE	LONGITUDE
2	N 47 15 2	W 2 13 5
3	N 47 13 7	W 2 16 1
6	N 47 10 1	W 2 20 8
7	N 47 16 0	W 2 11 2
9	N 47 18 0	W 2 3 1

Stations de surveillance	3, d'amont à l'aval de l'estuaire : 9, 2 et 6.
PCB	29 contrôles, seuil : 8 ng/l. Une grande variabilité dans les concentrations mesurées est observée : – 50 % des contrôles sont < 8 ng/l, – 50 % des contrôles sont compris entre 8 et 37 ng/l ($\overline{m}$: 11 ± 10 ng/l). Aucun gradient de distribution le long de l'estuaire n'est discernable. Interprétation délicate. Problème de reproductibilité analytique ?
Lindane	29 contrôles, seuil : 1 ng/l. Les concentrations varient généralement de 1 à 8 ng/l avec des maxima isolés de 10 à 40 ng/l (17 % des contrôles). Les niveaux moyens sont comparables aux données RNO antérieures.

	"Côte"	"Large"
1975/79	4,5	4,0
1981	7 ± 9	4 ± 3

Hydrocarbures	26 contrôles, mesures : spectrofluorescence UV. Les mesures par SFUV ne permettent pas de déceler de pollution significative par hydrocarbures, – "côte" : 0,2 ± 0,2 µg/l, – "large" : 0,1 µg/l.
Détergents	29 contrôles, seuil : 10 µg/l. Les concentrations varient de 15 à 368 µg/l. La majorité des valeurs restent inférieures à 100 µg/l. Les concentrations observées sont : – dans l'estuaire interne (st.9) : 51±33 µg/l, – au débouché de l'estuaire interne (st.2) : 99±101 µg/l (influence vraisemblable de la ville de St Nazaire), – dans l'estuaire externe (st. 6) : 45±10 µg/l.
Variabilité spatiale	Discernable le long de l'estuaire. La station 2 au débouché de l'estuaire interne peut refléter les apports polluants de la ville de St Nazaire.
Variabilité annuelle	Aléatoire.

Façade	N° 5 PAYS DE LOIRE - CHARENTES	
Site	**BAIES DE MARENNES-OLERON**	Point d'appui N° 15

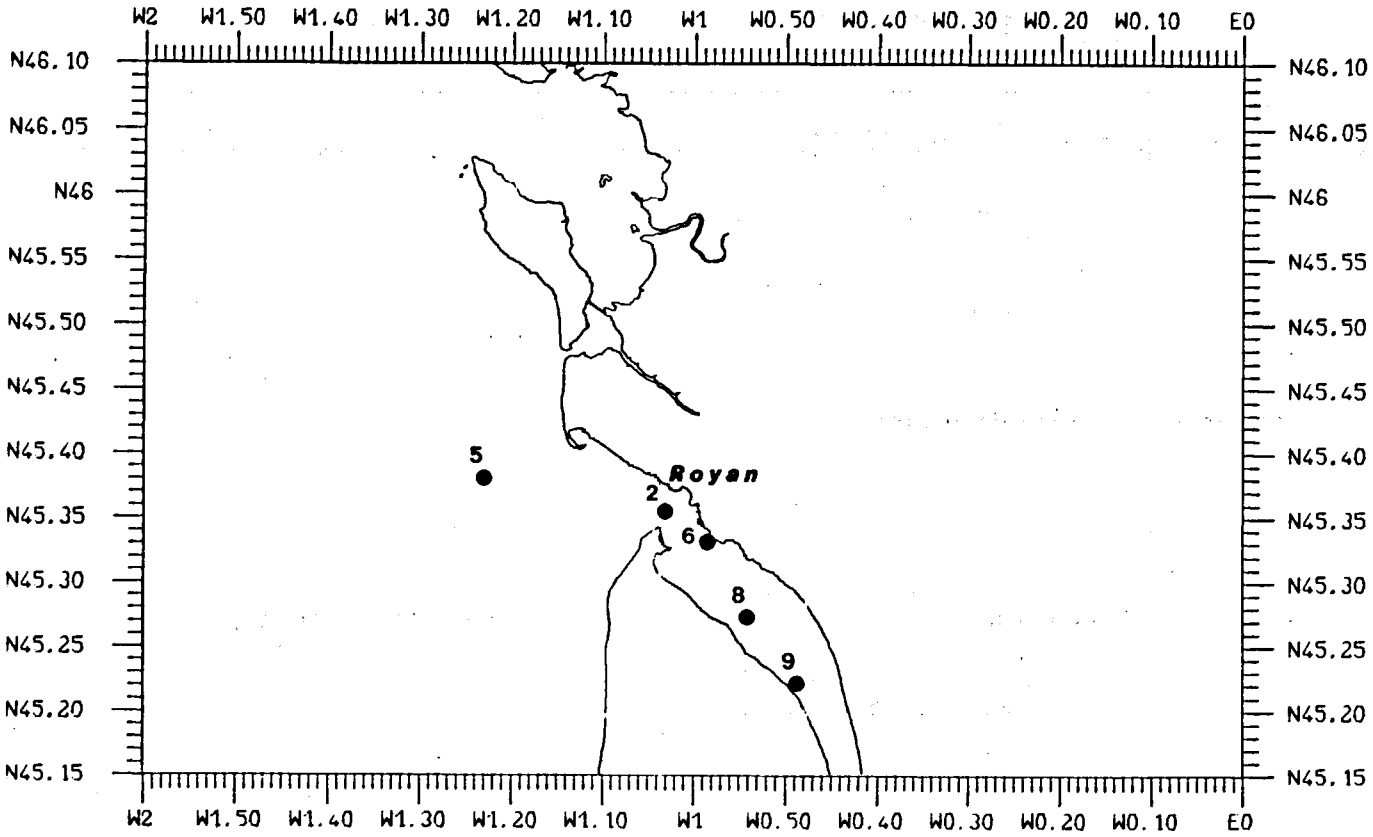


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
1	N 45 47 7	W 1 13 2
2	N 45 47 7	W 1 8 7
3	N 45 51 2	W 1 10 6
4	N 45 51 8	W 1 8 5
5	N 45 58 2	W 1 6 0
6	N 45 59 9	W 1 12 9
7	N 45 58 3	W 0 59 8
8	N 45 43 3	W 1 1 3

Stations de surveillance	5, réparties d'amont vers l'aval sur trois secteurs : – Rochefort : 7 et 5, – Marennes : 8 et 2, – eaux de la baie : 6.
PCB	42 contrôles, seuil : 8 ng/l. Aucune pollution significative n'est discernable. Les teneurs restent < 8 ng/l, sauf 2 maxima à la station 8 (10 et 12 ng/l).
Lindane	42 contrôles, seuil : 1 ng/l. Les concentrations varient de 1 à 30 ng/l. La zone d'apports se situe principalement vers Marennes : – Marennes : 9±10 ng/l, – Rochefort : 4±4 ng/l, – eaux de la baie : 2±2 ng/l.
Hydrocarbures	Absence de contrôle.
Détergents	45 contrôles, seuil : 10 μg/l. Les concentrations varient de 20 à 130 μg/l. Aucune distribution spatiale n'est discernable : – Marennes : 52±32 μg/l, – Rochefort : 44±24 μg/l, – eaux de la baie : 57±38 μg/l.
Variabilité spatiale	Site peu pollué, la variabilité spatiale reste faible. Les apports polluants en lindane sont relevés vers Marennes.
Variabilité annuelle	Très faible.

Façade	N° 6 AQUITAINE	
Site	**ESTUAIRE DE LA GIRONDE**	Point d'appui N° 4

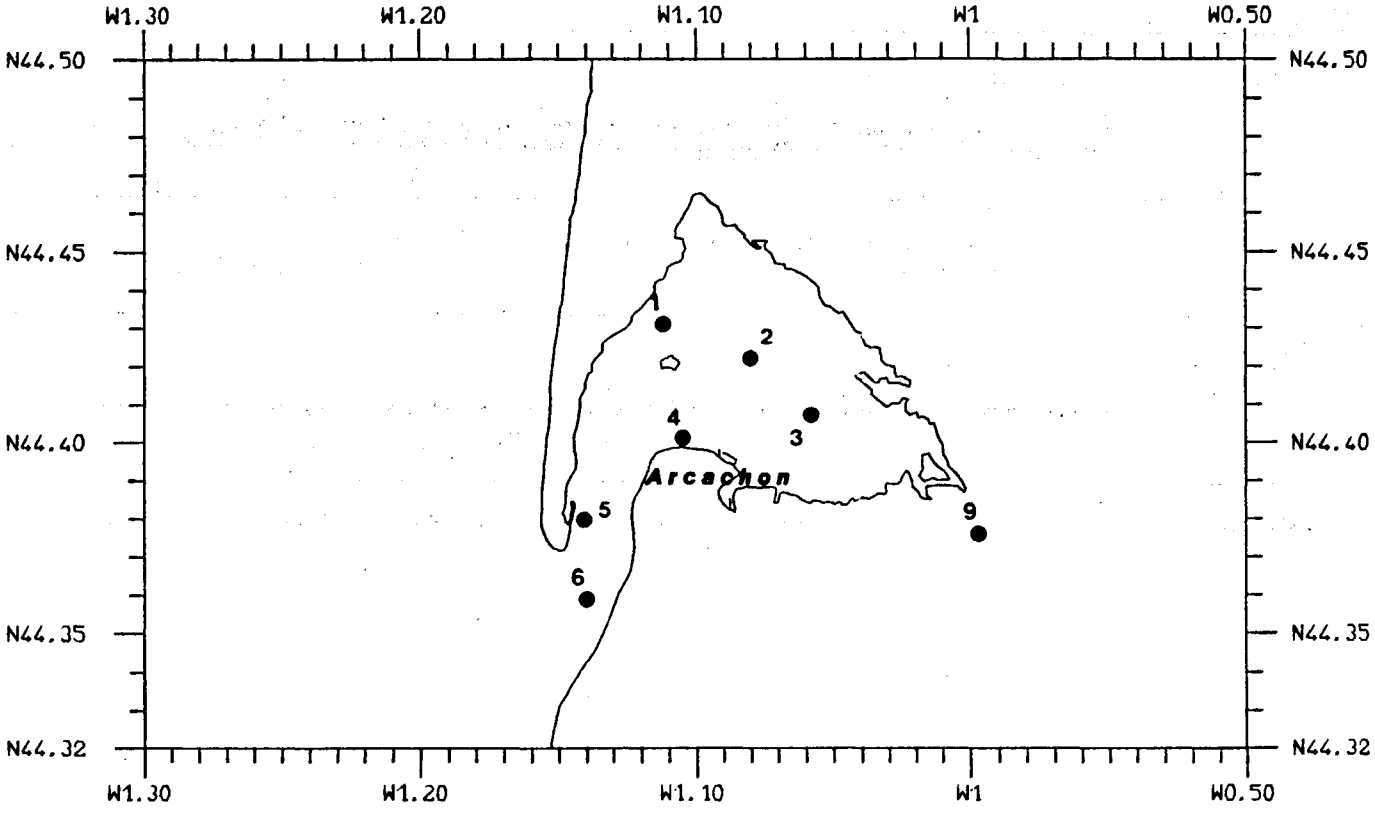


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
2	N 45 35 6	W 1 3 2
5	N 45 38 1	W 1 23 0
6	N 45 33 2	W 0 58 5
8	N 45 27 4	W 0 54 2
9	N 45 22 2	W 0 48 7

Stations de surveillance	3, – dans l'estuaire : 9 et 2, – "au large" : 5.
PCB	26 contrôles, seuil : 30 ng/l. Tous les contrôles sont < 30 ng/l à l'exception de trois compris entre 30 et 130 ng/l). Le seuil est trop élevé pour permettre une quelconque interprétation des résultats.
Lindane	26 contrôles, seuil : 1 ng/l. Les apports en lindane par l'estuaire sont bien représentés (9±4 ng/l). La concentration moyenne au "large" est sensiblement équivalente (8±4 ng/l).
Hydrocarbures	26 contrôles, mesure : spectrophotométrie IR, seuil : 250 µg/l. Le seuil de détectabilité est trop élevé et inadapté pour permettre le contrôle des hydrocarbures dans l'eau.
Détergents	26 contrôles, seuil : 10 µg/l. Les concentrations mesurées sont faibles de < 10 µg/l à 21 µg/l. Les teneurs moyennes sont dans l'estuaire de 10±6 µg/l et au "large" < 10 µg/l.
Variabilité spatiale	Les apports polluants en lindane le long de l'estuaire sont identifiés. La station 2 apparaît représentative de l'estuaire tandis que la station 5 visualise la situation "au large".
Variabilité annuelle	Aléatoire.

Façade	N° 6 AQUITAINE	
Site	**BASSIN D'ARCACHON**	Point d'appui N° 16

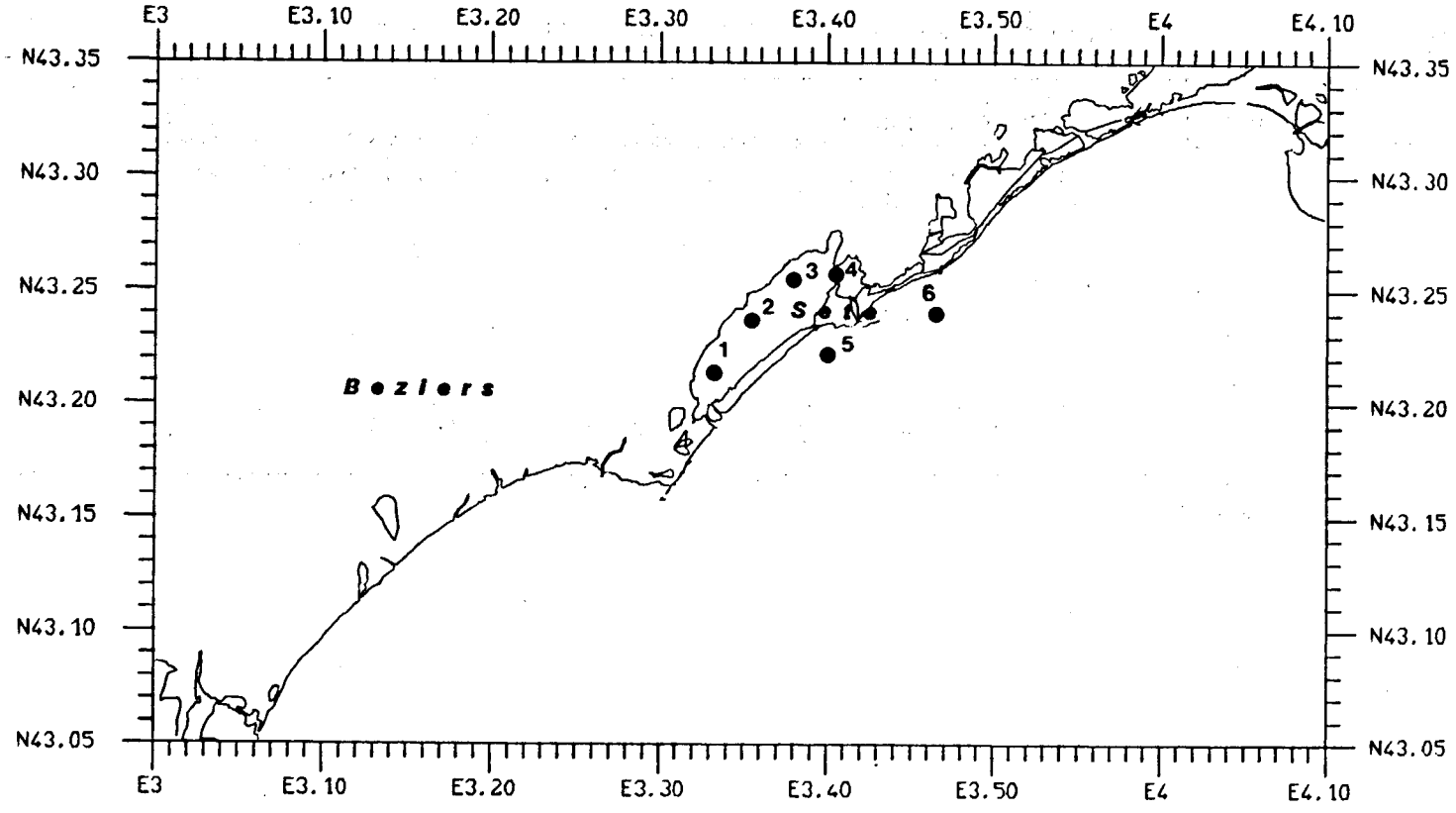


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
1	N 44 43 1	W 1 11 2
2	N 44 42 2	W 1 8 0
3	N 44 40 7	W 1 5 8
4	N 44 40 1	W 1 10 5
5	N 44 38 3	W 1 14 1
6	N 44 35 9	W 1 14 0
9	N 44 37 6	W 0 59 7

Stations de surveillance	4, – dans le bassin : 3 et 4, – à la sortie du bassin : 5 et 6.
PCB	40 contrôles, seuil : 8 ng/l. 70 % des contrôles sont < 8 ng/l, 30 % des contrôles sont compris entre 10 et 60 ng/l). Interprétation délicate. Problème de la reproductibilité analytique ?
Lindane	40 contrôles, seuil : 1 ng/l Les concentrations sont homogènes de 1 à 9 ng/l ($\overline{m}$: 3±2 ng/l) et reflètent une pollution chronique faible.
Hydrocarbures	Absence de contrôle.
Détergents	44 contrôles, seuil : 10 μg/l. Les concentrations sont homogènes, variant de 15 à 100 μg/l ($\overline{m}$: 43±23 μg/l).
Variabilité spatiale	Non discernable.
Variabilité annuelle	Aléatoire.

Façade	N° 7 LANGUEDOC - PROVENCE RHODANIENNE	
Site	**ÉTANG DE THAU**	Point d'appui N° 17

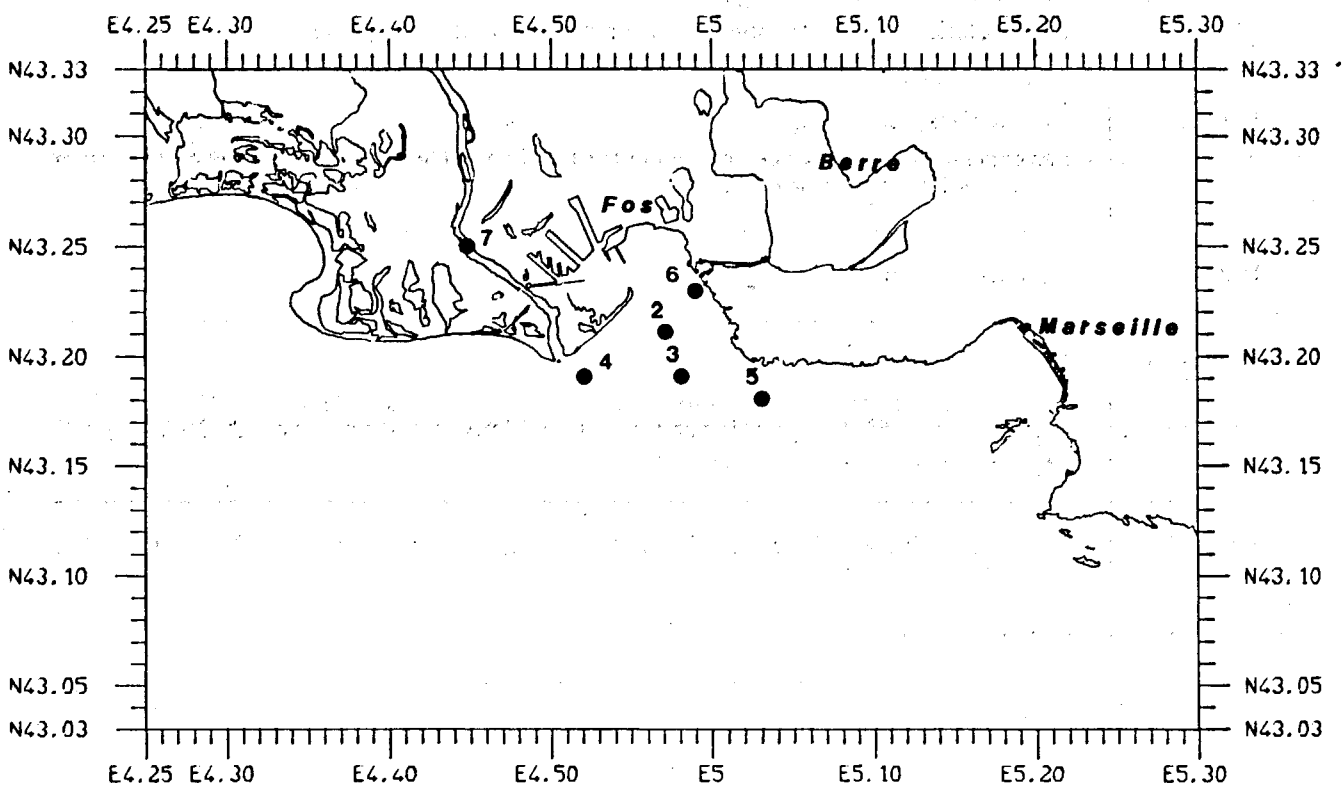


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
1	N 43 21 4	E 3 33 3
2	N 43 23 7	E 3 35 5
3	N 43 25 5	E 3 38 0
4	N 43 25 7	E 3 40 5
5	N 43 22 2	E 3 40 0
6	N 43 24 0	E 3 46 5

Stations de surveillance	4, – dans l'étang : 1 et 4, – à l'extérieur : 5 et 6.
PCB	28 contrôles, seuil : 8 ng/l. 75 % des contrôles sont < 8 ng/l, 25 % des contrôles sont compris entre 8 et 22 ng/l). Interprétation délicate. Problème de la reproductibilité analytique ?
Lindane	28 contrôles, seuil : 1 ng/l. Les concentrations mesurées varient entre 1 et 5 ng/l ($\overline{m}$: 2±1 ng/l) et ne caractérisent pas une pollution significative.
Hydrocarbures	Absence de contrôle.
Détergents	32 contrôles, seuil : 10 μg/l. Les niveaux de concentrations sont légèrement supérieurs à l'étang de Thau, de 20 à 180 μg/l ($\overline{m}$: 63 ± 46 μg/l) par rapport aux deux stations marines, de 20 à 75 μg/l ($\overline{m}$: 42 ± 19 μg/l).
Variabilité spatiale	Cette variabilité est discernable pour les détergents entre l'étang de Thau et la zone maritime.
Variabilité annuelle	Faible, aléatoire.

Façade	N° 7 LANGUEDOC - PROVENCE RHODANIENNE	
Site	**GOLFE DE FOS**	Point d'appui N° 5

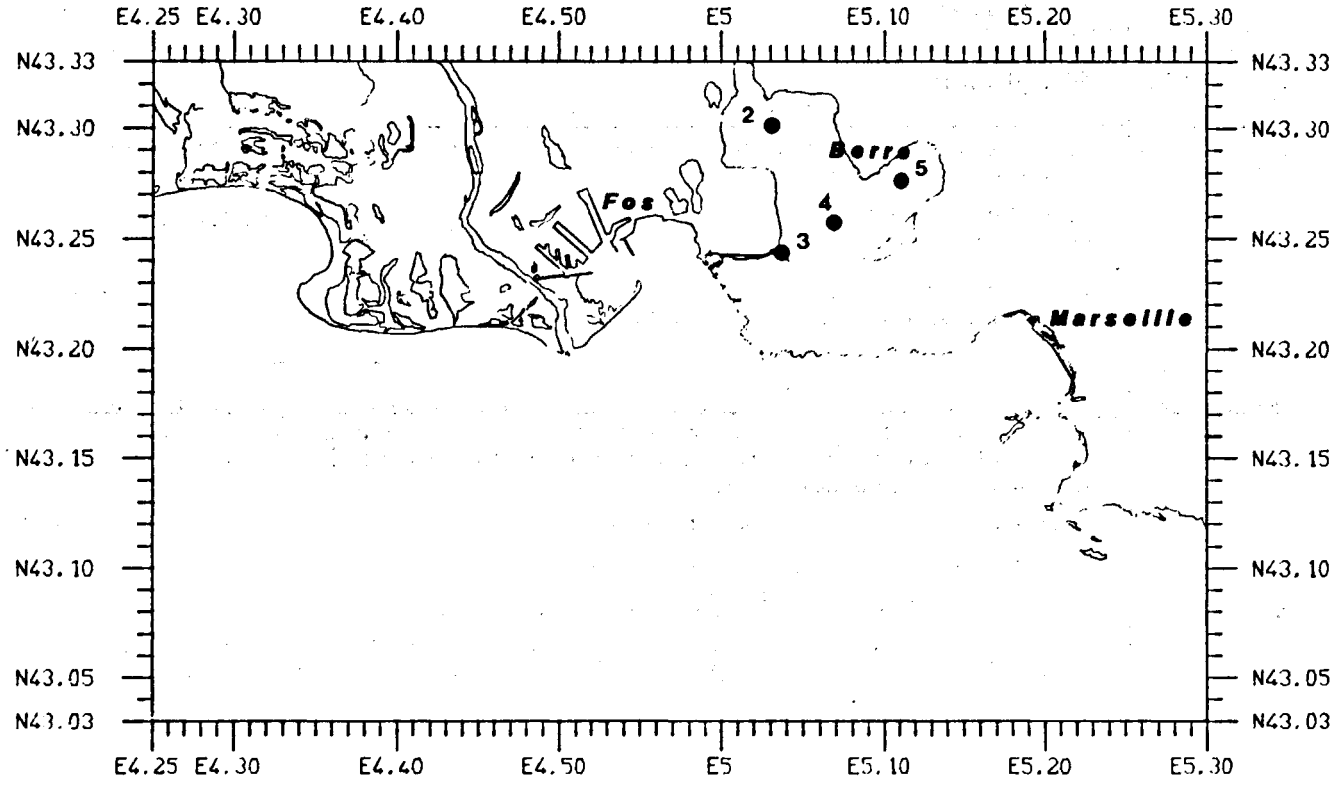


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
2	N 43 21 7	E 4 57 8
3	N 43 19 5	E 4 58 3
4	N 43 19 5	E 4 52 4
5	N 43 18 6	E 5 3 0
6	N 43 23 0	E 4 59 0
7	N 43 25 1	E 4 44 4

Stations de surveillance	5, – Golfe de Fos : 2 et 6, – Influence du Rhône : 7 et 4, – "large" : 5.
PCB	50 contrôles, seuil : 50 ng/l. Le seuil de détectabilité de 50 ng/l ne permet pas de définir l'état de pollution du golfe de Fos par les PCB. Des valeurs significatives sont relevées dans le Rhône (st.7) de < 50 à 200 ng/l ($\overline{m}$: 58 ± 50 ng/l).
Lindane	46 contrôles, seuil : 1 ng/l. La pollution du golfe lui-même est faible ($\overline{m}$: 3 ± 2 ng/l) ainsi qu'à l'extérieur (st.5), ($\overline{m}$: 2 ± 1 ng/l). Les apports en Lindane proviennent du Rhône (st.7), ($\overline{m}$: 22 ± 14 ng/l). La station 4 située au débouché du Rhône reflète bien les apports fluviaux ($\overline{m}$: 6 ± 3 ng/l).
Hydrocarbures	48 contrôles, mesure : spectrophotométrie IR ; seuil : 50 µg/l. Le seuil de détectabilité affiché est cinq fois supérieur à celui adopté les années précédentes de 1975 à 1979. Les valeurs mesurées varient de < 50 à 500 µg/l. Aucune distribution spatiale n'est clairement représentée. – dans le golfe : 136 ± 117 µg/l, – dans le Rhône : 139 ± 122 µg/l, – à l'extérieur du golfe : 168 ± 173 µg/l. Ces valeurs moyennes sont plus élevées que celles calculées pour les années précédentes (50 µg/l). Cette augmentation peut être due au changement du seuil de détectabilité et par conséquent liée à un aspect méthodologique.
Détergents	49 contrôles, seuil : 10 µg/l. Les teneurs varient de < 10 à 100 µg/l. La pollution est faible dans le golfe, le Rhône apparait être une source d'apports faible mais significative. Les concentrations moyennes sont : – dans le golfe : 13 ± 10 µg/l, – dans le Rhône : 26 ± 26 µg/l, – à l'extérieur du golfe : 18 ± 24 µg/l.
Variabilité spatiale	Aucune distribution spatiale n'est discernable dans le golfe lui-même. Par contre les apports polluants du Rhône sont clairement indiqués.
Variabilité annuelle	Importante et aléatoire.

Façade	N° 7 LANGUEDOC - PROVENCE RHODANIENNE	
Site	**ÉTANG DE BERRE**	Point d'appui N° 13

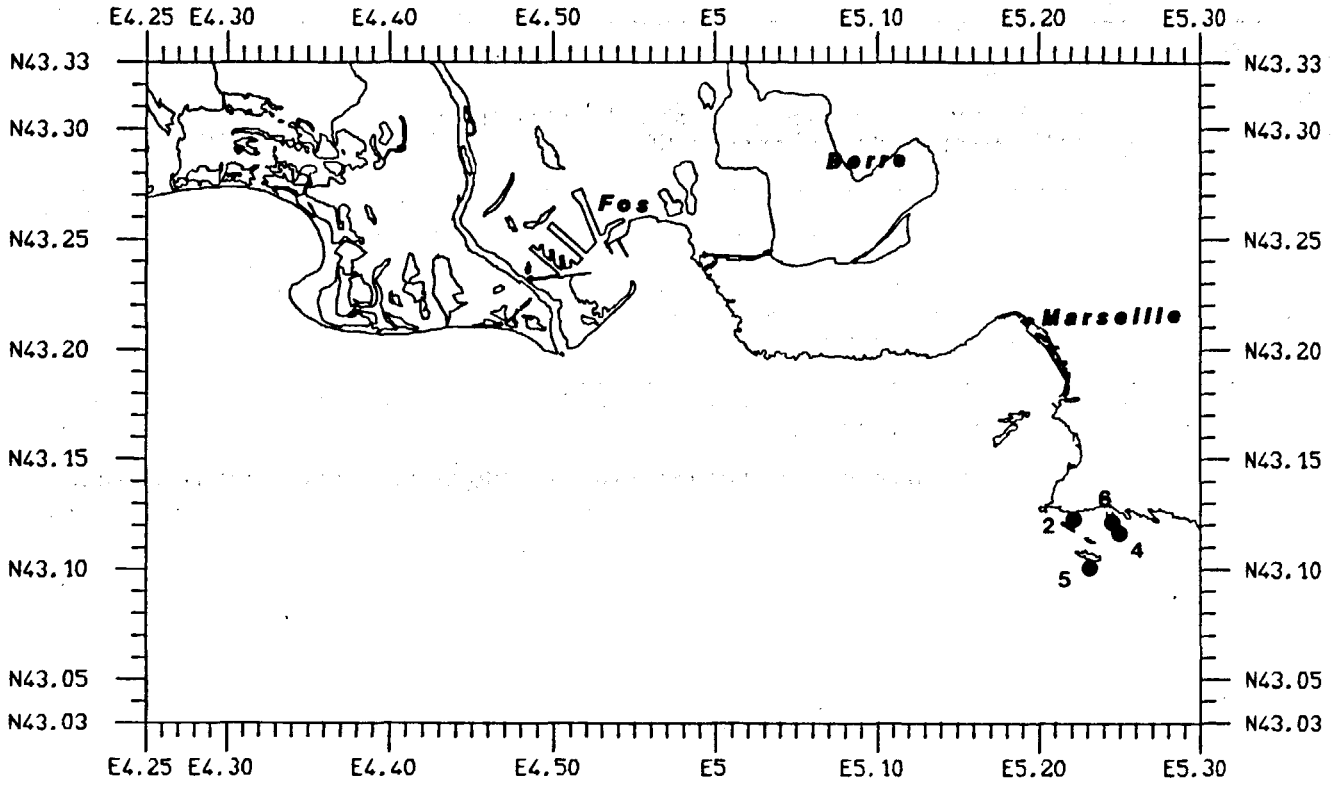


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
2	N 43 30 1	E 5 3 1
3	N 43 24 3	E 5 3 7
4	N 43 25 7	E 5 6 9
5	N 43 27 6	E 5 11 1

Stations de surveillance	3, – stations 2, 3 et 5.
PCB	33 contrôles, seuil : 50 ng/l. Le seuil de 50 ng/l rend inexploitable les données recueillies. Des valeurs significatives (33 %) sont relevées de 50 à 130 ng/l ce qui traduirait une pollution de l'étang de Berre non négligeable.
Lindane	33 contrôles, seuil : 1 ng/l. Les concentrations mesurées varient de 1 à 32 ng/l ($\overline{m}$: 9 ± 6 ng/l) ce qui dénote un état de pollution chronique significatif.
Hydrocarbures	33 contrôles, mesure : spectrophotométrie IR ; seuil : 50 µg/l. Les concentrations varient de 50 à 720 µg/l. Le niveau moyen ($\overline{m}$: 126 ± 136 µg/l) est comparable à celui trouvé dans le golde de Fos, site pour lequel une interrogation d'ordre méthodologique est soulevée.
Détergents	33 contrôles, seuil : 10 µg/l. La concentration moyenne est de 13 ± 18 µg/l, analogue à celle rencontrée dans le golfe de Fos.
Variabilité spatiale	Non discernable.
Variabilité annuelle	Aléatoire.

Façade	N° 7 LANGUEDOC - PROVENCE RHODANIENNE	
Site	**CORTIOU**	Point d'appui N° 18

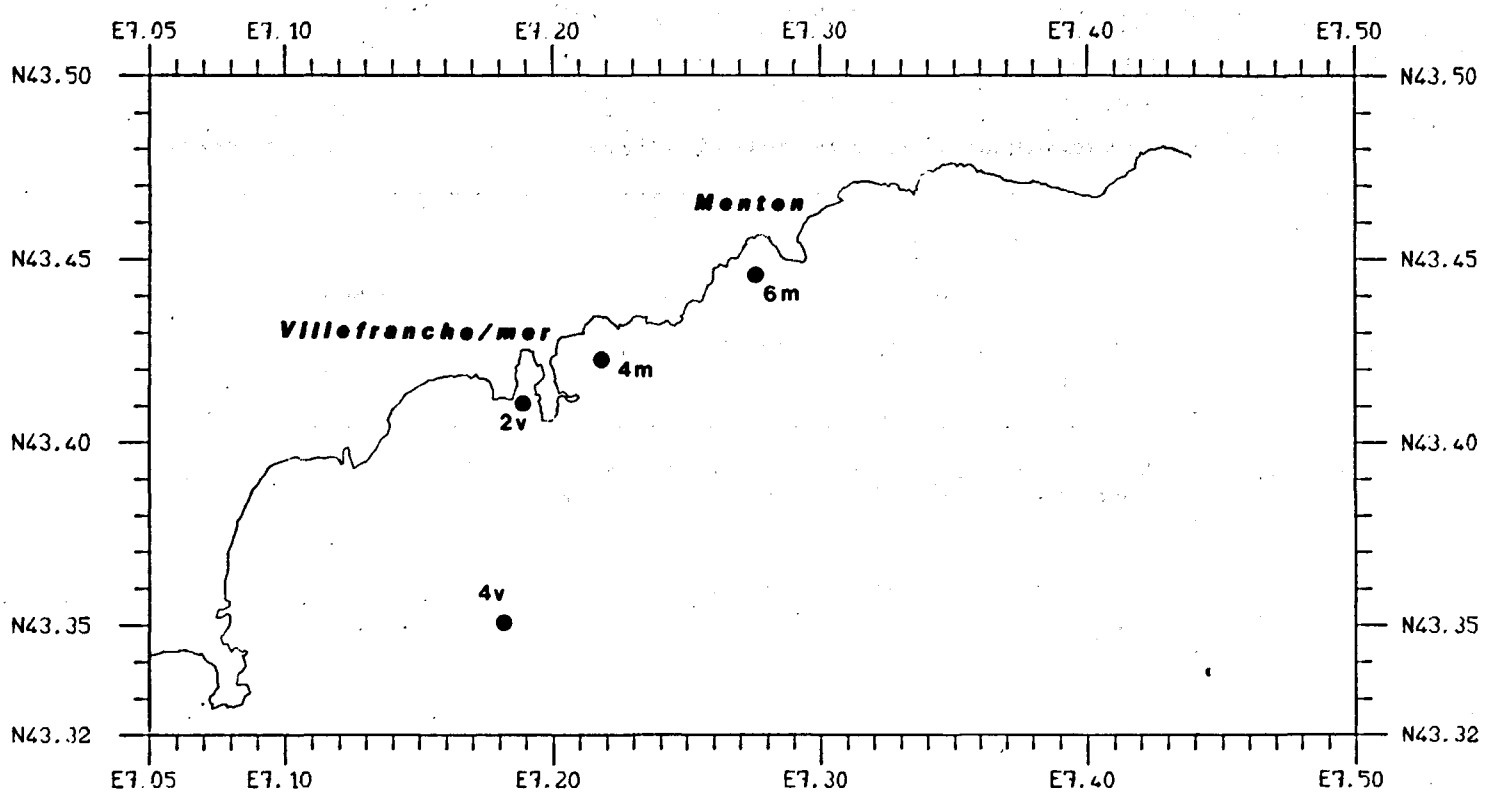


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
2	N 43 12 3	E 5 22 2
4	N 43 11 7	E 5 25 0
5	N 43 10 1	E 5 23 2
6	N 43 12 2	E 5 24 6

Stations de surveillance	3, – près de l'émissaire urbain : 2 et 6, – plus au "large" : 5.
PCB	28 contrôles, seuil : 5 ng/l. Les rejets de PCB par l'émissaire urbain sont significatifs : – station 2 : 18 ± 18 ng/l (7 – 73 ng/l), – station 6 : 16 ± 12 ng/l (4 – 40 ng/l), – station 5 : 13 ± 14 ng/l (5 – 33 ng/l), – toutes stations : 17 ± 15 ng/l (5 – 73 ng/l).
Lindane	28 contrôles, seuil : 1 ng/l. Les apports en lindane restent faibles de 2 à 15 ng/l avec trois maxima de 84 à 96 ng/l. – stations 2 et 6 : 5 ± 4 ng/l (plus 3 maxima : 84 – 96 ng/l), – stations 5 : 2 ± 1 ng/l.
Hydrocarbures	26 contrôles, mesure : spectrophotométrie IR ; seuil : 50 μg/l. Les apports sont significatifs et principalement identifiés à la station 6. – station 2 : 256 ± 337 μg/l, – station 6 : 435 ± 555 μg/l, – station 5 : 150 ± 197 μg/l, – toutes stations : 315 ± 431 μg/l.
Détergents	28 contrôles, seuil : 10 μg/l. Les apports en détergents sont significatifs, caractéristiques d'un émissaire urbain. – station 2 : 53 ± 72 μg/l, – station 6 : 141 ± 135 μg/l, – station 5 : 30 ± 9 μg/l, – toutes stations : 88 ± 105 μg/l.
Variabilité spatiale	La station 6 semble le mieux représenter les rejets urbains que la station 2. La station 5 plus éloignée de l'émissaire traduit bien l'effet de dilution du rejet.
Variabilité annuelle	Très grande et aléatoire.

Façade	N° 8 COTE D'AZUR - CORSE		
Site	**BAIES DE CANNES A VILLEFRANCHE** **BAIES DE BEAULIEU A MENTON**	Points d'appui	N° 6 N° 14

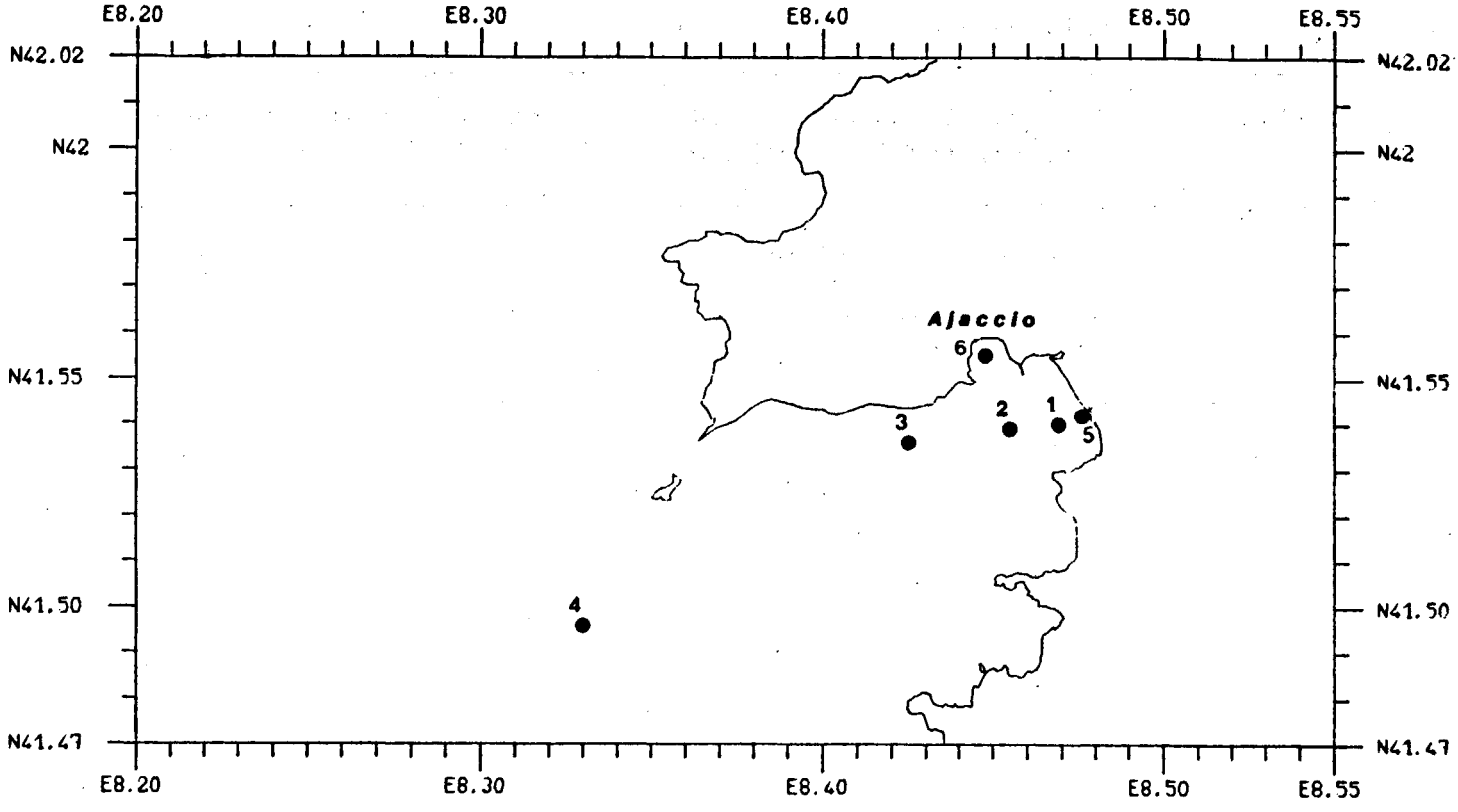


LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
2 v	N 43 41 1	E 7 18 1
4 v	N 43 35 1	E 7 18 2
4 m	N 43 42 3	E 7 21 8
6 m	N 43 44 6	E 7 27 6

Stations de surveillance	Point d'appui n° 6 : 2, – "côte" 2 v, – "large" 4 v. Point d'appui n° 14 : 2, – stations 4 m et 6 m.
PCB	Point d'appui n° 6 : 16 contrôles, seuil : 10 ng/l. Concentrations mesurées : < 10 ng/l. Point d'appui n° 14 : Absence de contrôle.
Lindane	Point d'appui n° 6 : 16 contrôles, seuil : 1 ng/l. Concentrations mesurées : < 1 ng/l. Point d'appui n° 14 : Absence de contrôle.
Hydrocarbures	Point d'appui n° 6 : 15 contrôles, mesure : SFUV. Absence de pollution significative. – "côte" : 0,7 ± 0,4 μg/l, – "large" : 0,4 ± 0,2 μg/l. Point d'appui n° 14 : Absence de contrôle.
Détergents	72 contrôles, seuil : 10 μg/l. Absence de pollution significative. Les niveaux moyens sont : – Villefranche : 12 ± 15 μg/l, – Beaulieu : 10 ± 9 μg/l, – Menton : 17 ± 16 μg/l.
Variabilité spatiale	Les mesures effectuées confirment le site de Villefranche comme zone de référence. La station du "large" n'apparaît pas nécessaire pour une surveillance des pollutions.
Variabilité annuelle	Faible.

Façade	N° 8 COTE D'AZUR - CORSE	
Site	**CORSE**	Point d'appui N° 7



LOCALISATION DES STATIONS

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
1	N 41 54 0	E 8 46 9
2	N 41 53 9	E 8 45 5
3	N 41 53 6	E 8 42 5
4	N 41 49 6	E 8 33 0
5	N 40 54 2	E 8 47 5
6	N 41 55 5	E 8 44 8

Stations de surveillance	4, – Baie d'Ajaccio : 2, 5 et 6, – "large" : 4.
PCB	16 contrôles, seuil : 10 ng/l. Teneurs mesurées < 10 ng/l.
Lindane	16 contrôles, seuil : 1 ng/l. Teneurs mesurées < 1 ng/l.
Hydrocarbures	15 contrôles, mesure : spectrophotométrie IR ; seuil : 10 µg/l. Les concentrations mesurées varient de 10 à 2 500 µg/l. Les plus fortes valeurs sont aléatoires. La teneur moyenne, en excluant les fortes valeurs est de 61 ± 76 µg/l.
Détergents	16 contrôles, seuil : 10 µg/l. Les concentrations varient de 15 à 52 µg/l ($\overline{m}$: 21 ± 9 µg/l).
Variabilité spatiale	Peu significative en baie d'Ajaccio, la station 2 reflète suffisamment la pollution (détergents) de ce site.

Le bilan d'une surveillance sur une année (1981) permet de tirer quelques conclusions concernant la qualité du contrôle pour chacun des paramètres chimiques étudiés, la représentativité des stations d'échantillonnage, la variabilité temporelle sur un cycle annuel.

Nous formulerons quelques propositions qui pour certaines d'entre elles devront être reprises dans un schéma de surveillance plus général englobant les autres paramètres analysés (polluants minéraux, paramètres hydrobiologiques) et les autres compartiments analysés (sédiment, matière vivante).

1. POLLUANTS ORGANIQUES

1.1. Polychlorobiphényles

Le bilan de la surveillance des PCB dans l'eau (607 contrôles) est très décevant, pour la plupart des sites surveillés, les données sont inexploitables. Ceci tient d'une part à des méthodologies totalement inadaptées pour la surveillance d'un tel paramètre dans l'eau (seuils de détectabilité trop élevés) et d'autre part (hypothèse ?) peut-être à des problèmes de reproductibilité analytique mal maitrisés.

Pour fixer une norme de qualité du milieu, rappelons que dans des eaux côtières faiblement contaminées, les niveaux de PCB dans l'eau sont inférieurs à 5 ng/l. Les pollutions chroniques significatives apparaissent à des teneurs supérieurs à 10 ng/l.

Sur cette base, le RNO fait ressortir des **zones de références** (rade de Brest, baies de Marennes-Oléron, Villefranche, baie d'Ajaccio) où les niveaux sont inférieurs à 3 ng/l ou 10 ng/l. **Les pollutions chroniques** se manifestent dans des zones soumises à une forte industrialisation comme Dunkerque (environ 20 ng/l), aux rejets urbains telle que Cortiou (17±15 ng/l) ou les zones d'estuaire telles que la Loire (environ 10 ng/l).

Mais sur une grande partie des sites surveillés, les données recueillies sont difficilement exploitables. Nous développerons les deux raisons invoquées précédemment.

Seuil de détectabilité :

A notre avis, le seuil de détectabilité pour évaluer et suivre l'état de pollution du milieu ne devrait pas excéder 5 ng/l. Ce simple critère n'est pas respecté sur 5 des 14 sites surveillés, soit 33 % des contrôles effectués.

s : 200 ng/l est appliqué pour la surveillance du canal de l'Orne et de la Dives, au point d'appui baie de Seine. Aucune donnée n'est exploitable.

s : 100 ng/l. Dunkerque affiche ce seuil, alors que pour les données précédentes, ce seuil était de 5 ng/l. La pollution chronique entre 1975 et 1979 était estimée entre 20 et 25 ng/l. Le seuil de 100 ng/l adopté en 1981 entraîne non seulement une inexploitation des données de surveillance, mais plus grave, une inexactitude manifeste des résultats reportés puisque 50 % des analyses donnent des niveaux compris entre 100 et 850 ng/l. D'où cette **conclusion importante :** le seuil affiché influence la qualité de la mesure analytique.

s : 50 ng/l. Ce seuil rend inexploitable les données obtenues dans le golfe de Fos et l'étang de Berre.

s : 30 ng/l. Inexploitable pour la surveillance de l'estuaire de la Gironde.

s : 20 ng/l. Ce seuil, à notre avis encore trop élevé, rend difficilement exploitable l'interprétation de l'état de pollution chronique de l'estuaire et de la baie de Seine (72 % des données sont inférieures à 20 ng/l, 28 % comprises entre 20 et 110 ng/l.

Reproductibilité analytique :

Nous soulevons une question plus délicate que nous laisserons à l'état d'hypothèse. Un même laboratoire assure le contrôle des PCB dans l'eau (avec un seuil de 8 ng/l) sur 5 sites de surveillance (golfe du Morbihan, estuaire de la Loire, Marennes-Oléron, bassin d'Arcachon, étang de Thau). Excepté Marennes-Oléron, nous observons sur les 4 autres sites une variabilité des résultats troublante, oscillant de manière aléatoire entre des valeurs inférieures au seuil de détectabilité et des valeurs de pollutions significatives entre 8 et 60 ng/l.

		< 8 ng/l	> 8 ng/l
46 % des contrôles	Morbihan	63 %	37 % (9–33 ng/l)
	Loire	50 %	50 % (8–37 ng/l)
	Arcachon	70 %	30 % (10–60 ng/l)
	Thau	75 %	25 % (8–22 ng/l)

En conclusion :
La surveillance des PCB dans l'eau est mal maîtrisée. Plusieurs laboratoires utilisent des méthodologies analytiques inacceptables (seuils trop élevés pour 5 sites de surveillance), la reproductibilité analytique d'un laboratoire est posée (5 sites de surveillance). Le contrôle n'est réellement exploitable que sur 4 sites (Brest, Villefranche, Cortiou, Corse).

1.2. Lindane

Par rapport à la variabilité des seuils de détectabilité affichés pour les PCB, il est surprenant que l'ensemble des laboratoires d'analyse adoptent un même seuil de 1 ng/l, alors que la logique analytique voudrait que le rapport des seuils PCB / lindane reste relativement constant.

La norme actuelle de qualité des eaux marines est fixée pour le lindane à 5 ng/l. Le contrôle du lindane permet de différencier plusieurs zones caractéristiques et de définir des sources de pollution significatives.

Dans l'ensemble, les données obtenues en 1981 sont comparables aux moyennes calculées pour les années 1975-1979.

Zones de référence ≤ 2 ng/l :
. Rade de Villefranche,
. Baie d'Ajaccio,
. Rade de Brest,
. Etang de Thau.

Zones soumises à une pollution chronique faible (3–5 ng/l) :
. Golfe du Morbihan,
. Bassin d'Arcachon,
. Golfe de Fos.

Zones soumises à des pollutions chroniques (5–10 ng/l) :
. Baies de Marennes-Oléron,
. Dunkerque,
. Estuaire de la Loire,
. Estuaire de la Gironde,
. Etang de Berre,
. Baie de Seine,
. Cortiou.

Zones d'apports de pollution :
. Rhône : 22 ± 14 ng/l,
. Canal de l'Orne : 39 ± 37 ng/l,
. La Dives : 29 ± 25 ng/l.

La variabilité des niveaux de concentration dans les zones soumises à des apports polluants chroniques peut être grande, comme le montrent les contrôles effectués en baie de Seine, dans l'estuaire de la Loire et à Cortiou :

. Baie de Seine	:	(85 %) 1,5 ± 1,8 ng/l,	(15 %) 29 ± 7 ng/l,
. Estuaire de la Loire	:	(83 %) 4 ± 2 ng/l,	(17 %) 21 ± 13 ng/l,
. Cortiou	:	(90 %) 5 ± 4 ng/l,	(10 %) 84 ± 96 ng/l.

En conclusion :
Le contrôle du lindane dans l'eau semble mieux maîtrisé et permet une vue d'ensemble des niveaux de pollution sur le littoral.(fig.1).

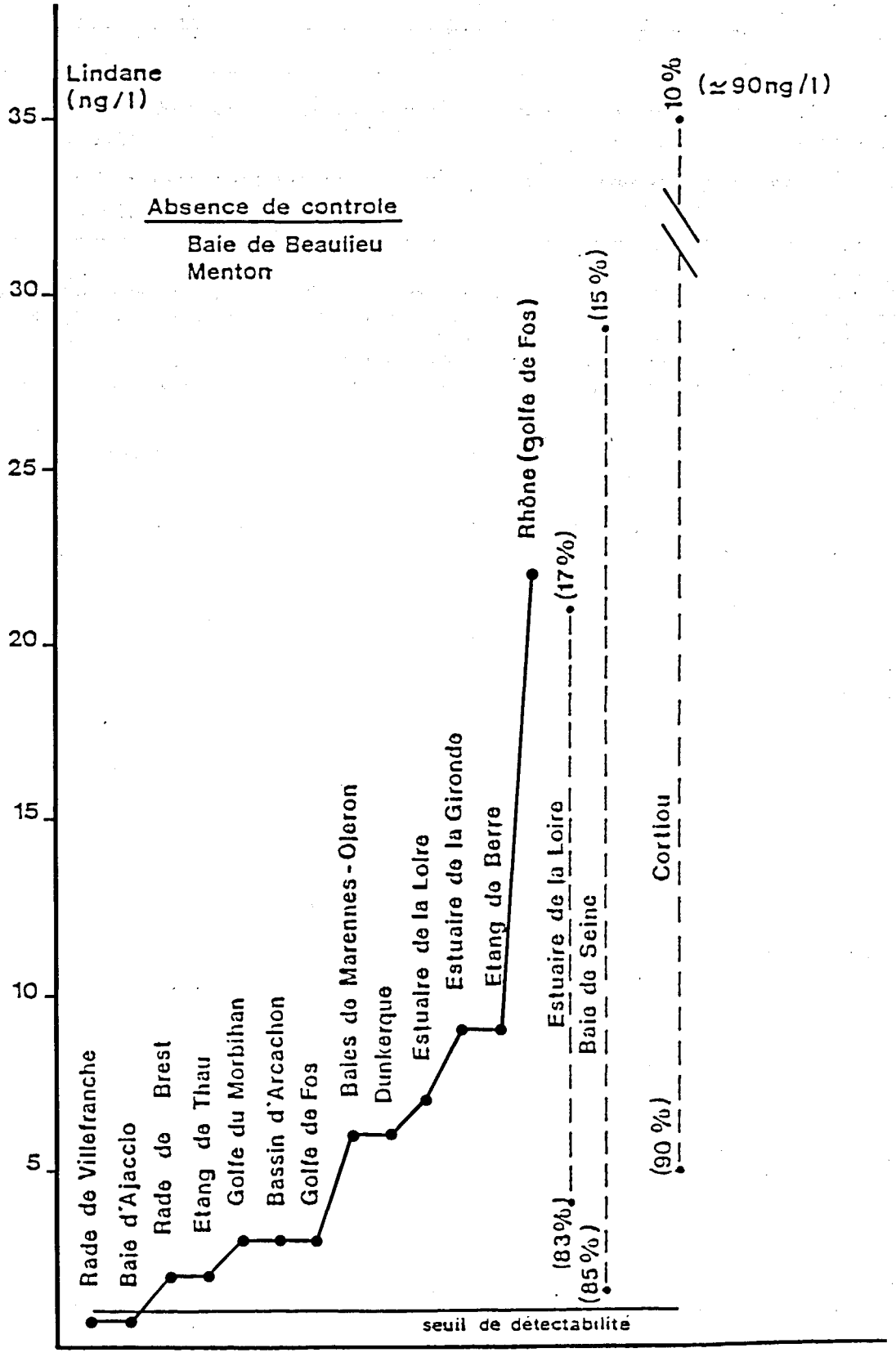


Figure 1 - Comparabilité inter-site du lindane dans l'eau (1981).

1.3. Hydrocarbures

Il est regrettable que le contrôle des hydrocarbures dans l'eau ne soit pas réalisé sur 5 des 15 sites de surveillance. La technique de mesure reste principalement la spectrophotométrie IR qui, à notre avis, ne constitue pas l'outil analytique réellement adapté pour suivre, dans l'eau, les niveaux de pollution par hydrocarbures. Nous préférons la spectrofluorescence UV.

Les seuils adoptés avec la technique IR sont variables : 10, 20, 50 et 250 $\mu g/l$. Ces deux derniers sont trop élevés pour suivre l'état de pollution chronique d'un site. Les exemple de Fos et Berre confirment la remarque faite précédemment (pour les PCB) que le seuil de détectabilité influence la qualité de la mesure.

Sur la base du contrôle réalisé, qui pourrait, à notre avis, être plus finement évalué en utilisant la spectrofluorescence UV comme technique de mesure, nous pouvons définir trois types de situation (fig. 2).

Zones de référence < 25 $\mu g/l$ (technique IR) :

. Villefranche (technique SFUV)	s : 0,3 $\mu g/l$	0,7 $\mu g/l$
. Rade de Brest	s : 20 $\mu g/l$	< 20 $\mu g/l$

Zones soumises à des pollutions chroniques (50 – 100 $\mu g/l$) :

. Dunkerque	s : 50 $\mu g/l$	< 50 $\mu g/l$
. Baie de Seine	s : 20 $\mu g/l$	57 ± 63 $\mu g/l$
. Baie d'Ajaccio	s :10 $\mu g/l$	61 ± 67 $\mu g/l$

Zones soumises à des pollutions significatives (> 100 $\mu g/l$) :

. Etang de Berre *	s : 50 $\mu g/l$	126 ± 136 $\mu g/l$
. Golfe de Fos *	s : 50 $\mu g/l$	139 ± 122 $\mu g/l$
. Emissaire urbain de Cortiou	s : 50 $\mu g/l$	315 ± 431 $\mu g/l$

* interprétation douteuse

En conclusion :

Le choix de la technique de mesure des hydrocarbures dans l'eau est posé. L'absence de contrôle sur 7 des 15 sites de surveillance ne devrait pas se poursuivre.

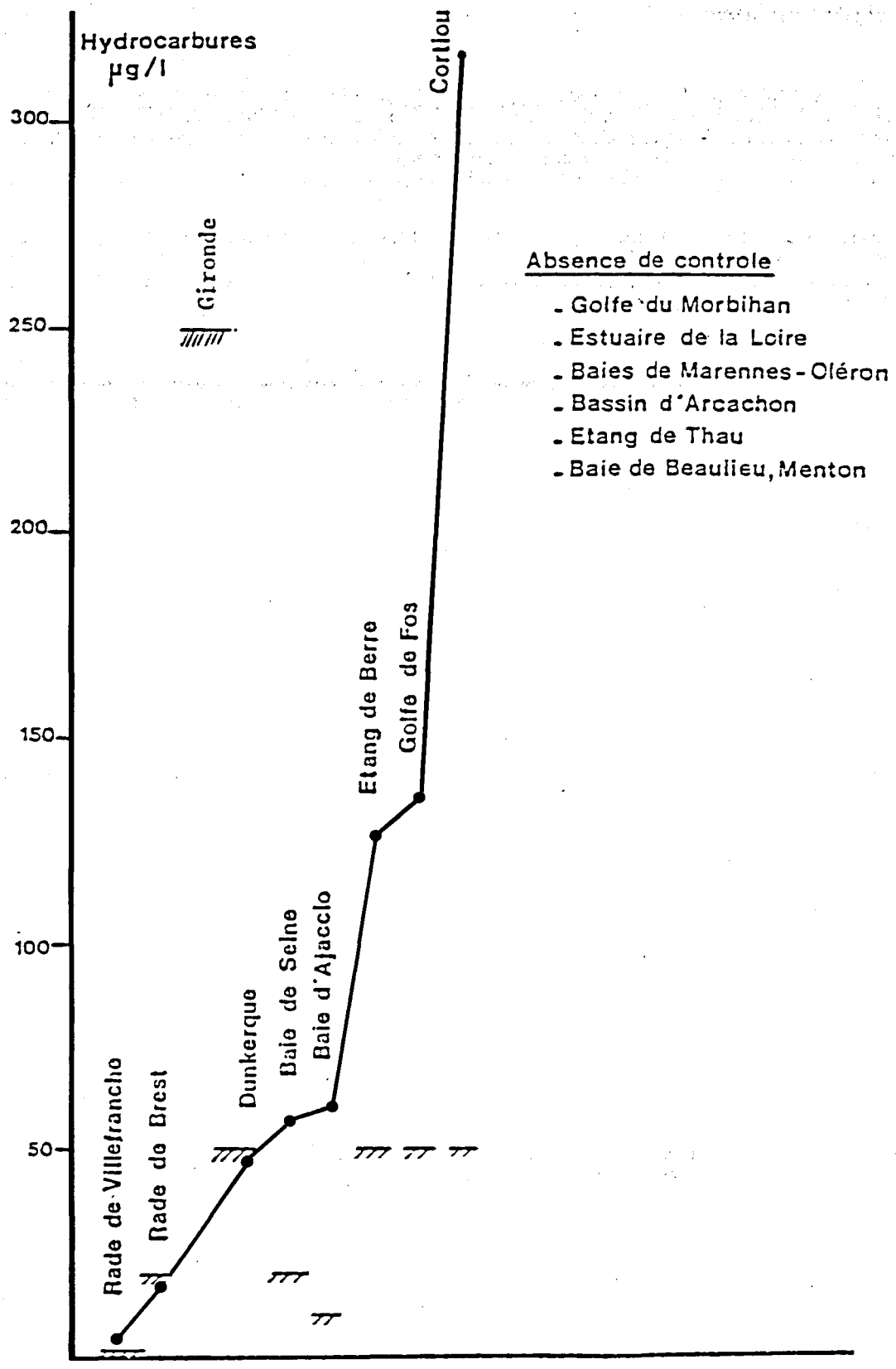


Figure 2 - Comparabilité inter-site des hydrocarbures dans l'eau (1981).

1.4. Détergents

Les seuils analytiques sont uniformes pour les 15 sites de surveillance (10 μg/l), permettant une intercomparabilité des niveaux de pollution rencontrés. Dans l'ensemble, ces niveaux sont comparables avec les niveaux moyens calculés pour les années antérieures (1975 - 1979), avec toutefois des variations légèrement significatives, plus fortes ou plus faibles selon les sites, variations qui devront être détaillées dans une interprétation plus fine à l'échelle temporelle de la surveillance.

Nous observons un gradient des niveaux de pollution selon les sites surveillés (fig. 3).

Zones à faible contamination : $\leq$ 10 – 15 μg/l

Rade de Brest, estuaire de la Gironde, baie de Beaulieu, rade de Villefranche, baie de Seine, étang de Berre et golfe de Fos.

Zones à contamination significative faible : 15 – 30 μg/l

Baie de Menton, baie d'Ajaccio, Dunkerque.

Zones à contamination significative : 40 – 100 μg/l

Bassin d'Arcachon, golfe du Morbihan, baies de Marennes-Oléron, étang de Thau, estuaire de la Loire.

Remarquons que la surveillance sur ces 5 sites est réalisée par un même laboratoire (intercomparabilité analytique avec les autres laboratoires ?)

Zones à fortes contaminations : $\geq$ 100 μg/l

Emissaire urbain de Cortiou.

1.5 Rappel des problèmes méthodologiques rencontrés

– PCB :

. seuils de détectabilité devant être ramenés à 5 ng/l ;

. reproductibilité analytique pour un laboratoire.

– Lindane (pas de commentaires)

– Hydrocarbures :

. choix de la technique de mesure IR ou SFUV ;

. seuil de détectabilité en technique IR devant être ramené à 10 μg/l.

– Détergents :

. intercomparabilité entre un laboratoire (assurant le contrôle des zones à caractère conchylicole) et les autres.

2. VARIATION TEMPORELLE

Nous n'avons jamais pu discerner, pour chacun des paramètres étudiés, une quelconque variation significative sur un cycle annuel de mesures ; ceci exclut dans la fréquence des contrôles pratiqués (généralement mensuelle) l'existence d'un rythme "saisonnier" d'apports polluants vers le milieu marin.

Sur certains sites, essentiellement les zones qualifiées de référence, nous observons une stabilité des niveaux observés, ce qui logiquement devrait aboutir à une fréquence de contrôle dans les eaux plus espacée.

Par contre, sur les sites soumis à des apports polluants chroniques significatifs, tels que les zones d'estuaire (Loire, Seine, Gironde), les zones industrialisées (Dunkerque, Fos, Berre), les zones de rejets urbains (Cortiou), nous pouvons observer une très grande variabilité dans les niveaux de pollution observés, au cours d'une année de surveillance.

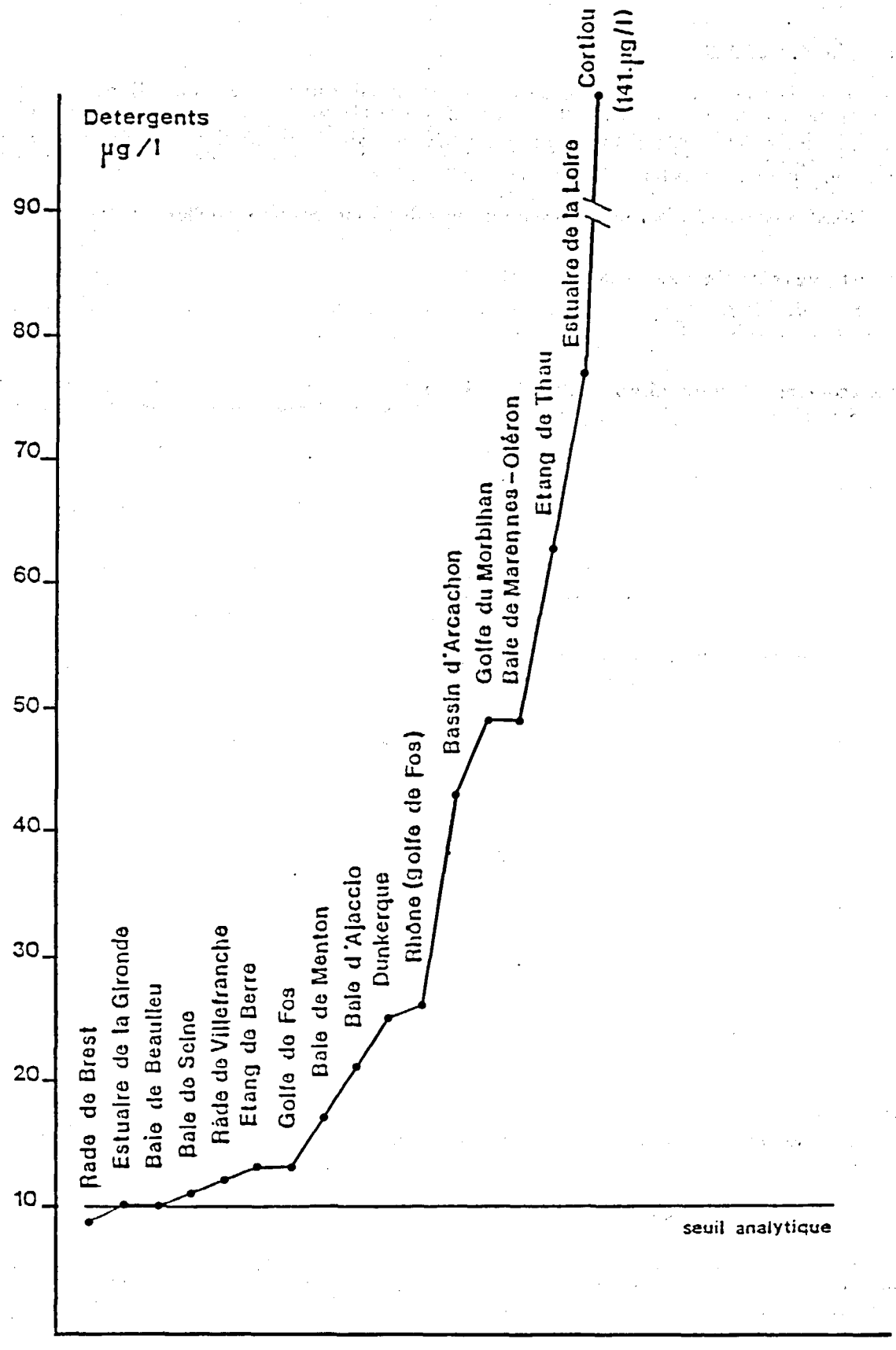


Figure 3 - Comparabilité inter-site des détergents dans l'eau (1981).

Citons le lindane comme exemple d'illustration :

– Baie de Seine, pour 85 % des contrôles	$\overline{m}$:	1,5 ± 1,8 ng/l,
et pour 15 % des contrôles	$\overline{m}$:	29 ± 7 ng/l ;
– Estuaire de la Loire, pour 83 % des contrôles	$\overline{m}$:	4 ± 2 ng/l,
et pour 17 % des contrôles	$\overline{m}$:	1 ± 13 ng/l ;
– Cortiou, pour 90 % des contrôles	$\overline{m}$:	5 ± 4 ng/l,
et pour 10 % des contrôles	$\overline{m}$:	84-96 ng/l.

Nous avons essayé de corréler, en zones d'estuaire, des niveaux élevés de pollution avec la salinité pour mettre en évidence l'influence du mélange des eaux marines et fluviales sur les niveaux de pollution rencontrés et par conséquent, l'importance du moment de l'échantillonnage par rapport au cycle de marée. Cette corrélation n'a pu être caractérisée. La variabilité, au rythme des contrôles effectués, se manifeste de manière aléatoire. Elle pourrait être diminuée en renforçant la rigueur analytique au niveau des laboratoires chargés des contrôles. Mais vraisemblablement, la surveillance fine des niveaux de pollution sur ces secteurs "chauds" nécessite une fréquence d'échantillonnage serrée.

III - INTERPRÉTATION TEMPORELLE DÉTAILLÉE

Pour chaque paramètre contrôlé, nous avons choisi quelques sites caractéristiques pour tenter de dégager une évolution temporelle des niveaux de pollution mesurés sur l'ensemble des programmes de surveillance RNO (1974 - 1982).

1. POLYCHLOROBIPHÉNYLES

Nous avons précédemment montré que le bilan de la surveillance des PCB dans l'eau reste très décevant. Trois sites peuvent toutefois être examinés au niveau de l'évolution temporelle des teneurs en PCB dans l'eau :

- deux sites de référence : Brest et Villefranche
- un site soumis à des rejets urbains : Cortiou.

Rade de Brest

Les contrôles dans la rade de Brest débutent en 1977. De mars 1977 à avril 1982, soit cinq années de surveillance, 133 mesures ont été effectuées. Nous avons choisi la station 4, la plus proche de l'agglomération brestoise, pour déceler une tendance temporelle.

Deux mesures sur 39 contrôles sont supérieures à 15 ng/l. Abstraction faite de ces deux valeurs ponctuelles, nous ne décelons aucune variation significative des concentrations en PCB dans l'eau.

Années	Mesures	PCB (ng/l)
1977	11	4 ± 3
1978	12	4 ± 2
1979	3	3 ± 1
1980	5	3
1981	7	3
1982 (1er trim)	1	3

Rade de Villefranche

Sur ce point d'appui, depuis 1975, 160 contrôles ont été effectués. A la station 2, la plus côtière, située dans la rade de Villefranche, les contrôles réalisés depuis 1978 restent inférieurs à 10 ng/l, seuil de détectabilité adopté. Aucune variation temporelle n'est enregistrée.

Cortiou

Les stations choisies, 2 et 6, sont les plus proches de l'émissaire urbain de la ville de Marseille. Les contrôles sont effectués depuis 1979 pour la station 2 et 1980 pour la station 6. Nous observons sur les deux stations des amplitudes importantes. Sur quatre années de surveillance, trois valeurs sur 88 contrôles sont supérieures à 100 ng/l. Les teneurs annuelles moyennes, en ne prenant pas en compte les trois valeurs supérieures à 100 ng/l, sont résumées dans le tableau ci-après :

Années 1979 - 1982	**Station 2**		**Station 6**		**Stations confondues**
	Nbre de contrôles	PCB (ng/l) moyenne	Nbre de contrôles	PCB (ng/l) moyenne	
Tous contrôles (1979 - 1982)	55	15 ± 16	32	24 ± 18	18 ± 17
1979	21	8 ± 7			8 ± 7
1980	11	19 ± 24	12	28 ± 17	21 ± 21
1981	12	18 ± 18	12	16 ± 12	17 ± 15
1982	9	21 ± 14	8	31 ± 12	26 ± 19

Les variations enregistrées d'une année à l'autre ne permettent pas de déceler, de façon suffisamment probante, une tendance évolutive à long terme. Tout au plus, pouvons-nous conclure que cette tendance ne va pas dans le sens d'une régression des apports de PCB vers le milieu marin. Le contrôle pratiqué mensuellement depuis 1980 montre, par ailleurs, la variabilité, parfois importante des apports à court terme.

2. LINDANE

La fréquence des contrôles est généralement analogue à celle des PCB. Nous avons examiné l'évolution des concentrations en lindane sur plusieurs sites de surveillance.

La chronologie des contrôles en **baie de Seine** ne permet pas de déceler une quelconque tendance à long terme. Par contre nous observons une variabilité des concentrations mesurées à court terme, d'un contrôle à l'autre, passant très souvent du seuil de détectabilité de 1 ng/l à plus de 10 ng/l. Cette variabilité à court terme est également observée sur le site de **Cortiou** (fig. 4) qui reflète les apports urbains de l'agglomération marseillaise, variabilité déjà mentionnée pour le contrôle des PCB dans l'eau.

La plus grande stabilité est observée sur les deux sites de référence, **baie de Villefranche** et **rade de Brest**, ou l'on ne décèle aucune tendance évolutive sur six années de contrôles.

TABLEAU VI : Variabilité temporelle du lindane (ng/l) dans l'eau

Zone	Site	Stations	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Référence	Rade de Villefranche	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Référence	Rade de Brest	4	1,7 ± 0,8	1,5 ± 1,0	1,7 ± 0,6	1,6 ±0,5	1,3 ± 0,5	
Estuaire	Gironde	2	4 ± 3	3 ± 3	6 ± 7	4 ± 1	9 ± 4	5 ± 4
Estuaire	Loire	6		2 ± 2	2 ± 1	5 ± 4	4 ± 3	3 ± 2
Rejets urbains	Cortiou	2			10 ± 7	8 ± 9	5 ±4	7 ±5

Nous avons choisi des sites caractéristiques de trois situations types (zones de référence, zone d'estuaire, rejets urbains) pour évaluer quantitativement l'évolution temporelle des concentrations en lindane dans l'eau (tableau VI). Nous n'enregistrons aucune tendance évolutive significative sur plusieurs années de surveillance.

3. DÉTERGENTS

Rappelons que la méthode d'analyse des détergents dans l'eau est standardisée et adoptée par l'ensemble des partenaires concernés, le seuil de détectabilité affiché est homogène et situé à 10 $\mu g/l$. La fréquence des contrôles est plus élevée que celle des organochlorés (PCB, lindane), de sorte que l'évolution temporelle des concentrations mesurées sera exprimée sur certains sites en faisant la moyenne mensuelle sur plusieurs stations de prélèvements, évolution que nous illustrons sur les figures 5 à 10. A l'inverse du contrôle des organochlorés dans l'eau, nous observons trois types de tendances évolutives : stabilité, régression, augmentation.

3.1. **Tendance stable** (fig. 5)

Cette tendance est illustrée sur la **rade de Brest**, site de référence où depuis 1977 les niveaux mesurés restent au niveau du seuil de détectabilité. De 1974 à 1976, les niveaux significatifs relevés sont imputables à une méthodologie mal maîtrisée. Le contrôle dans l'**estuaire de la Gironde** sur huit années de surveillance ne traduit pas une pollution chronique importante et aucune tendance évolutive significative n'est relevée.

3.2. **Tendance régressive** (fig. 5 et 6)

L'illustration du contrôle sur trois sites aussi différents que la **baie de Villefranche**, la **baie de Seine**, et le **golfe de Fos** indique une tendance à une diminution des niveaux de détergents mesurés dans l'eau.

3.3. **Tendance croissante** (fig. 7, 8, 9, 10)

Quatre sites de surveillance, différents par leur nature géographique, présentent une tendance évolutive croissante :

- **Golfe du Morbihan**
- **Estuaire de la Loire**
- **Baies de Marennes Oléron**
- **Bassin d'Arcachon**

Ces sites n'ont de point commun que situés sur la façade atlantique et faisant l'objet d'un contrôle par un seul et unique laboratoire d'analyse. Rappelons, par ailleurs, que, sur l'échelle de comparabilité inter-sites RNO pour l'année 1981, ils s'individualisaient également comme se rattachant à des zones à contamination significatives (40 - 100 $\mu g/l$ en moyenne), s'intercalant entre les zones à faible contamination (10 - 30 $\mu g/l$) et à très forte contamination illustrée par les rejets urbains de Cortiou (environ 100 $\mu g/l$).

Nous avons évalué en première approximation le taux de croissance annuel sur chacun de ces sites :

	Stations	taux de croissance annuel ($\mu g/l$. an)
Golfe du Morbihan	3,4	3,0
	1,2	6,20
Estuaire de la Loire	2,3,7,8	6,15
	4,6	5,84
Baies de Marennes Oléron	1,2,3,4,5	5,00
	6	6,20
Bassin d'Arcachon	1,2,3,4	6,60
	5,6	8,40

Ceci représente un taux de croissance annuel des détergents dans l'eau sur huit années de surveillance, sur les quatre sites concernés, très homogène, en moyenne de 5,9 ± 1,5 (25 %) $\mu g/l$ par an.

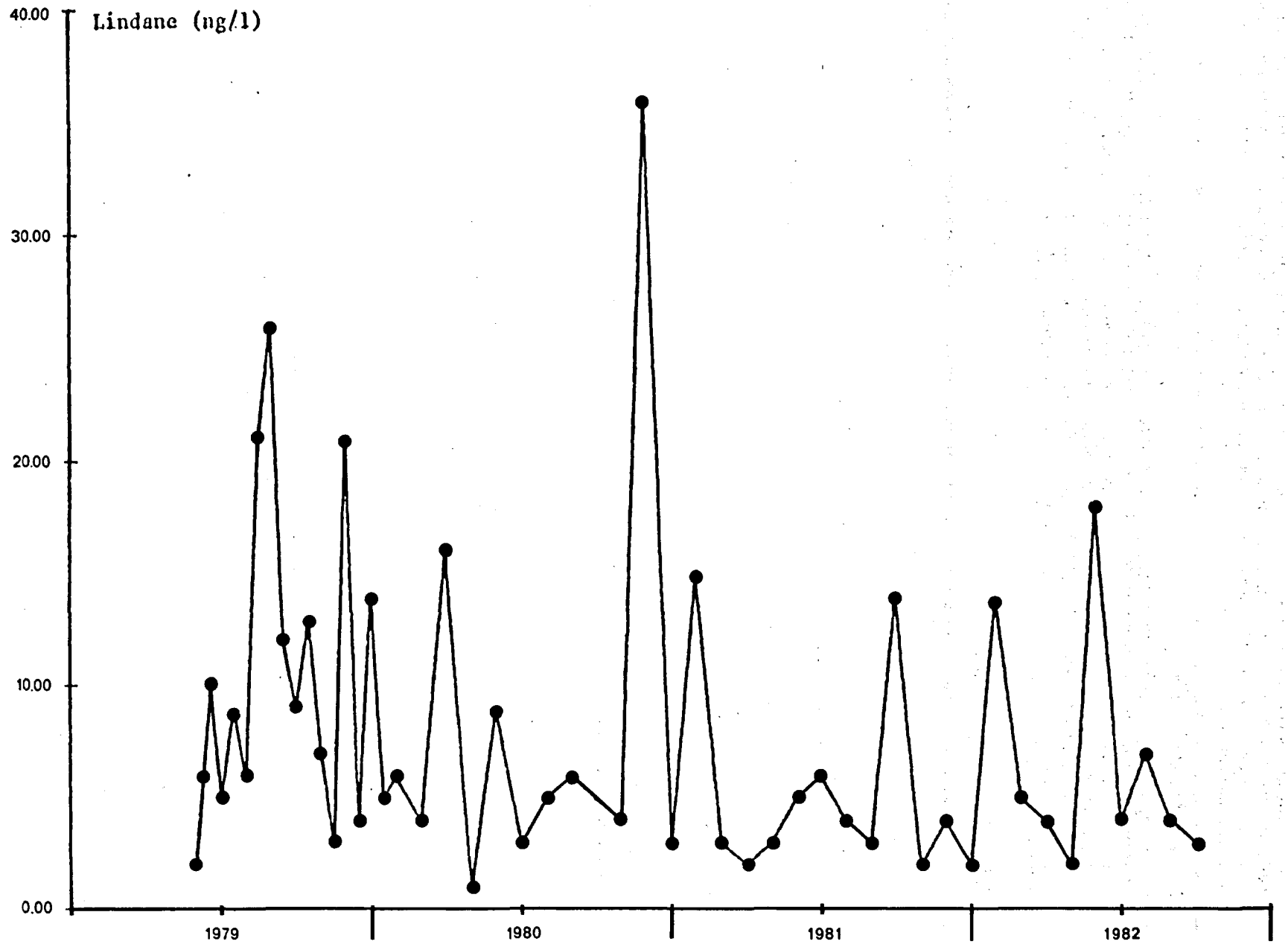


Figure 4 -Lindane (ng/l). CORTIOU. Station 2.

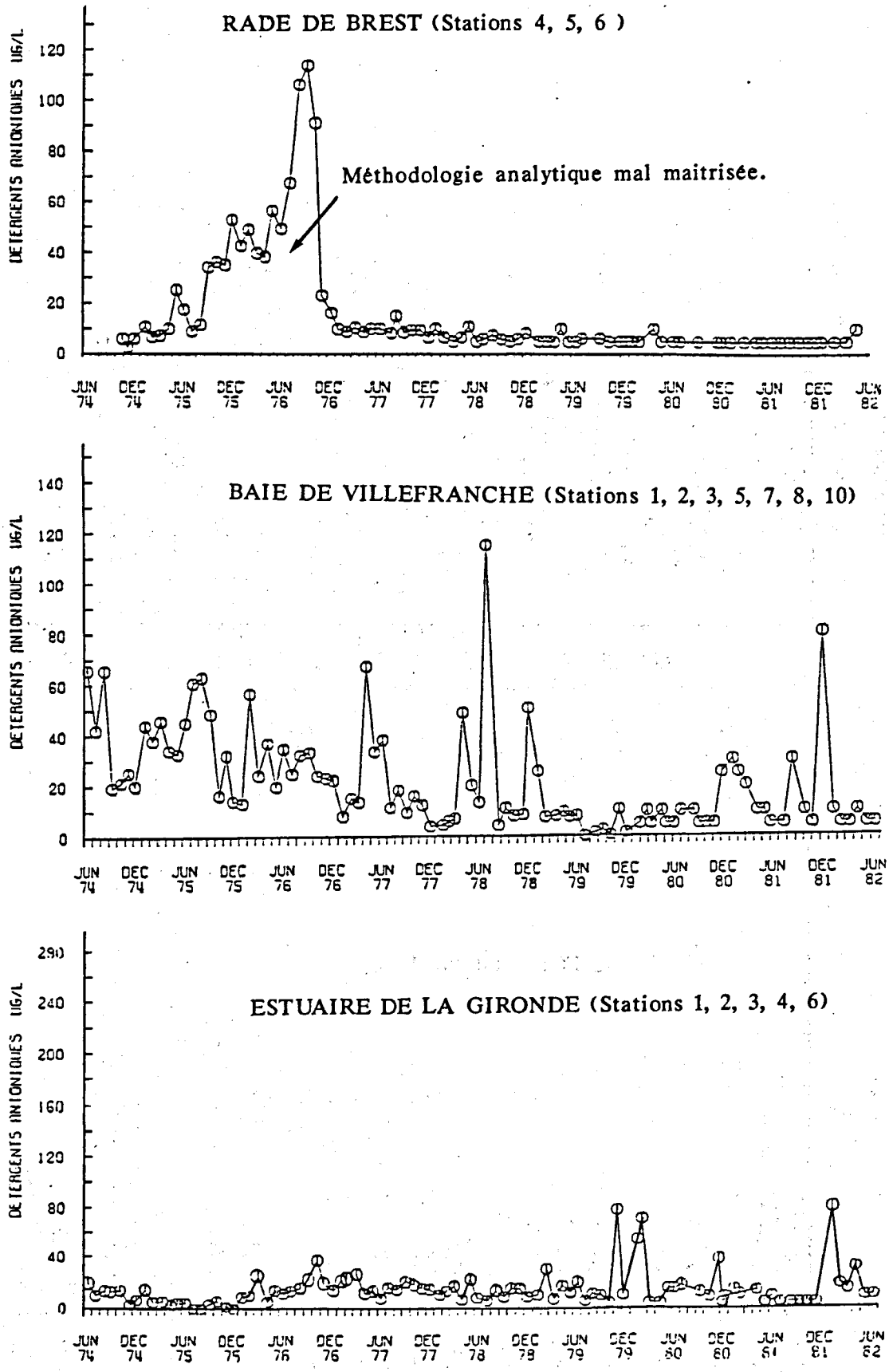
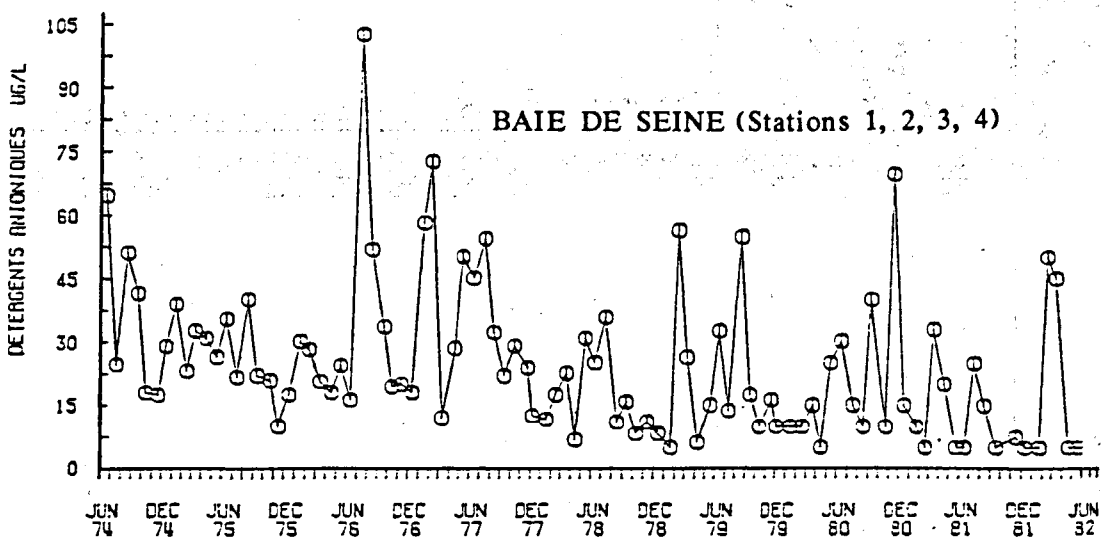


Figure 5 - Détergents (μg/l) dans l'eau.



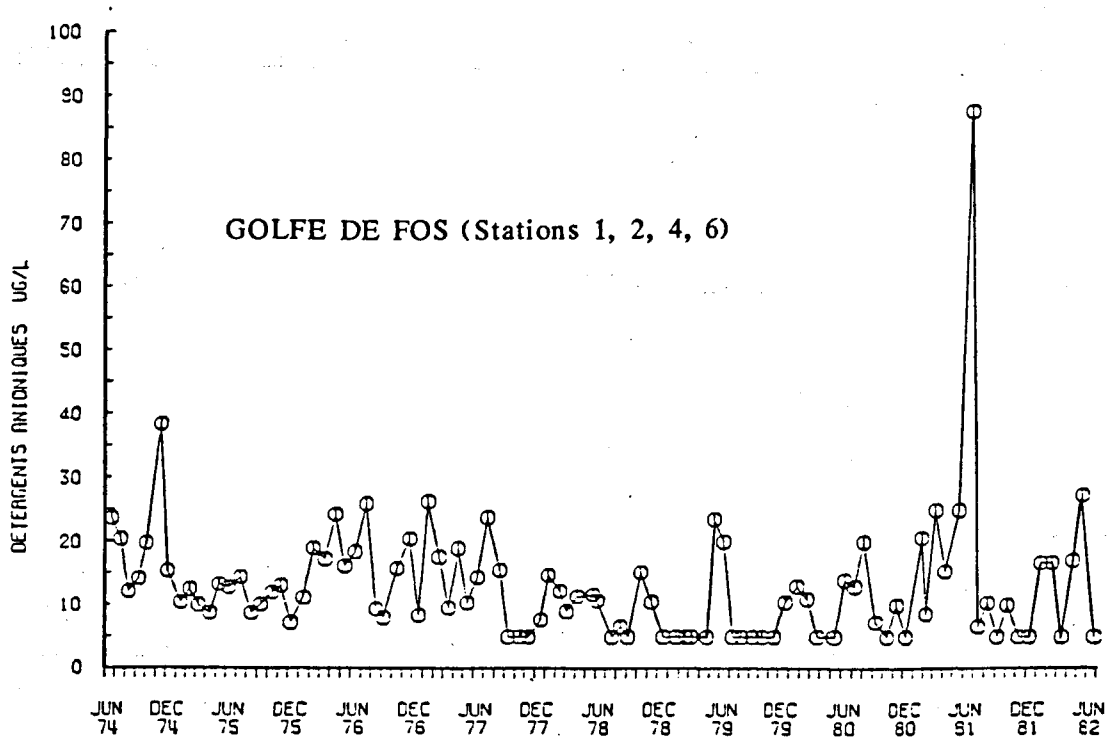
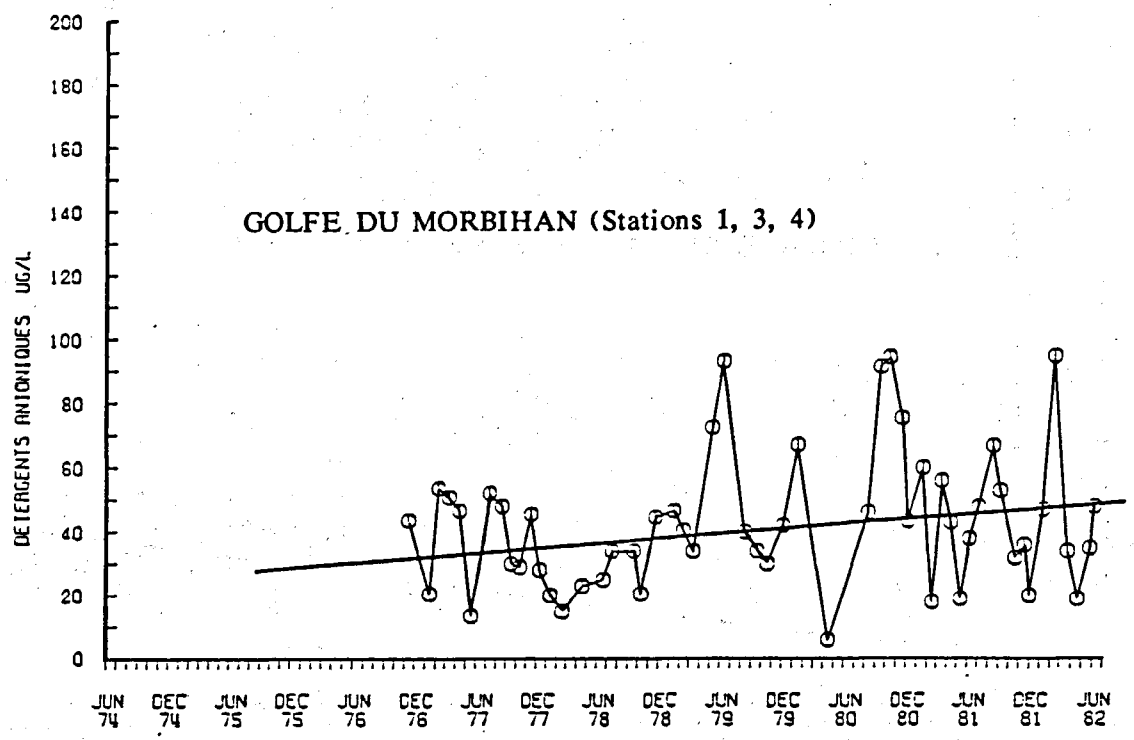


Figure 6 - Détergents (μg/l) dans l'eau.



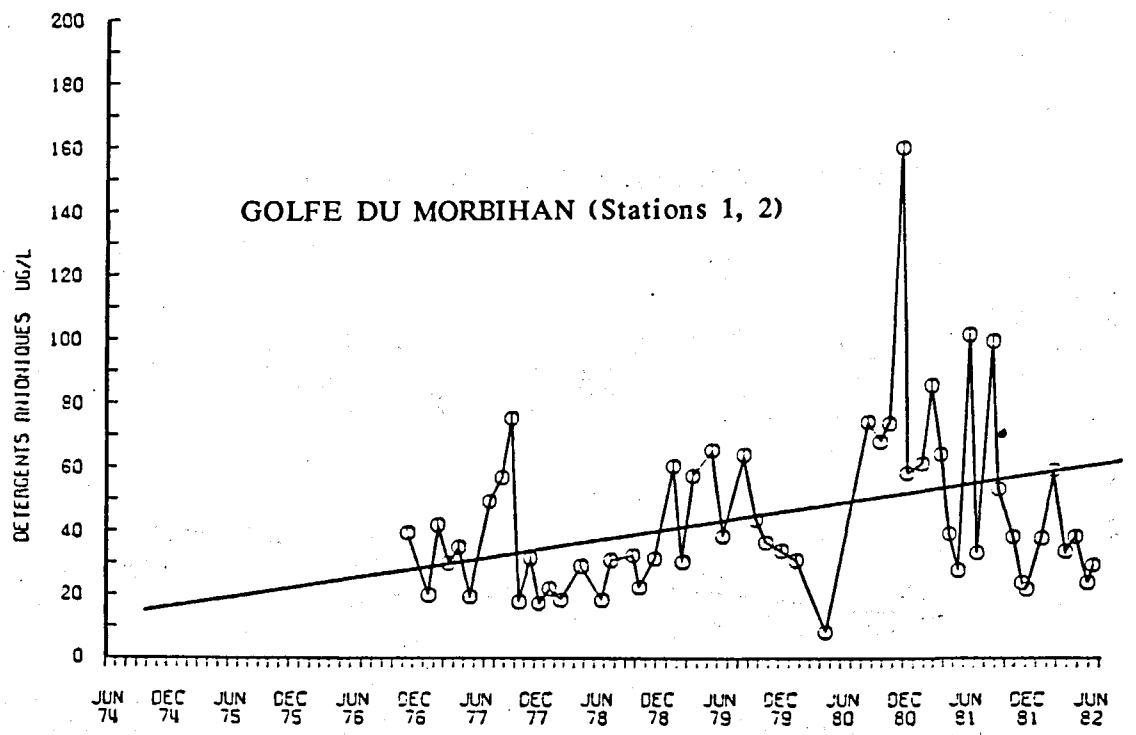
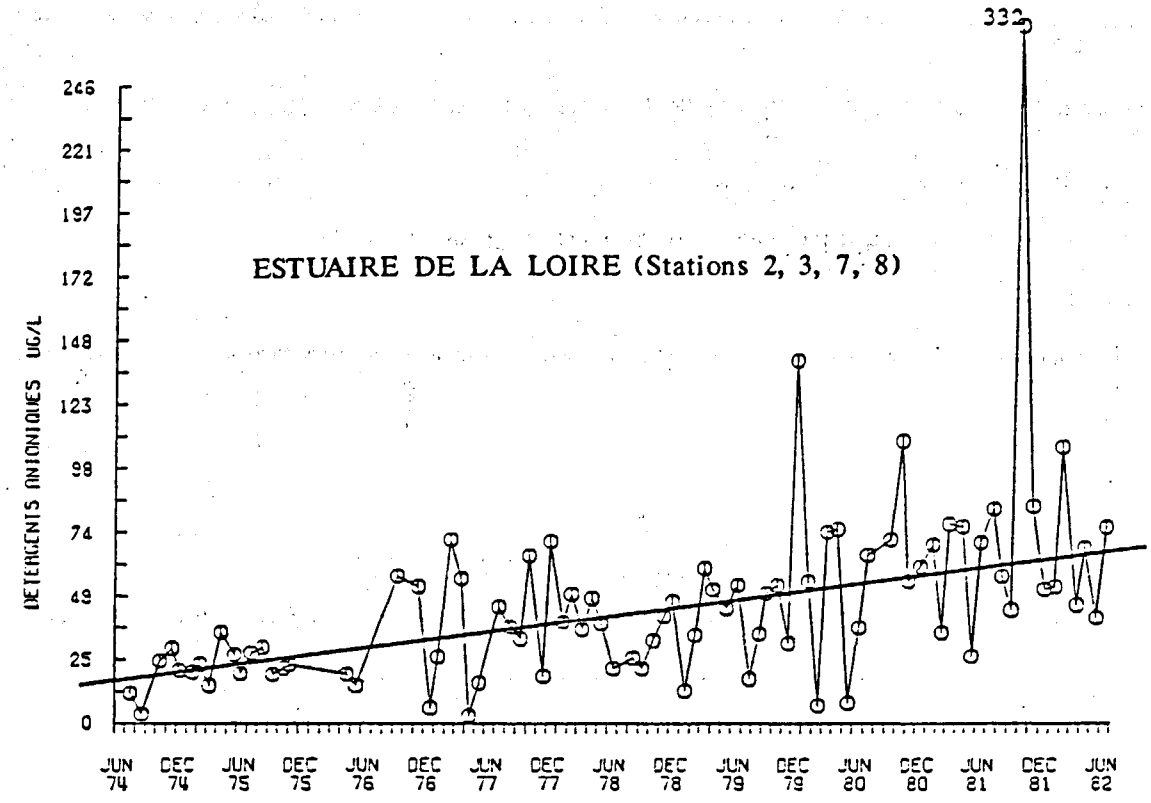


Figure 7 - Détergents (μg/l) dans l'eau.



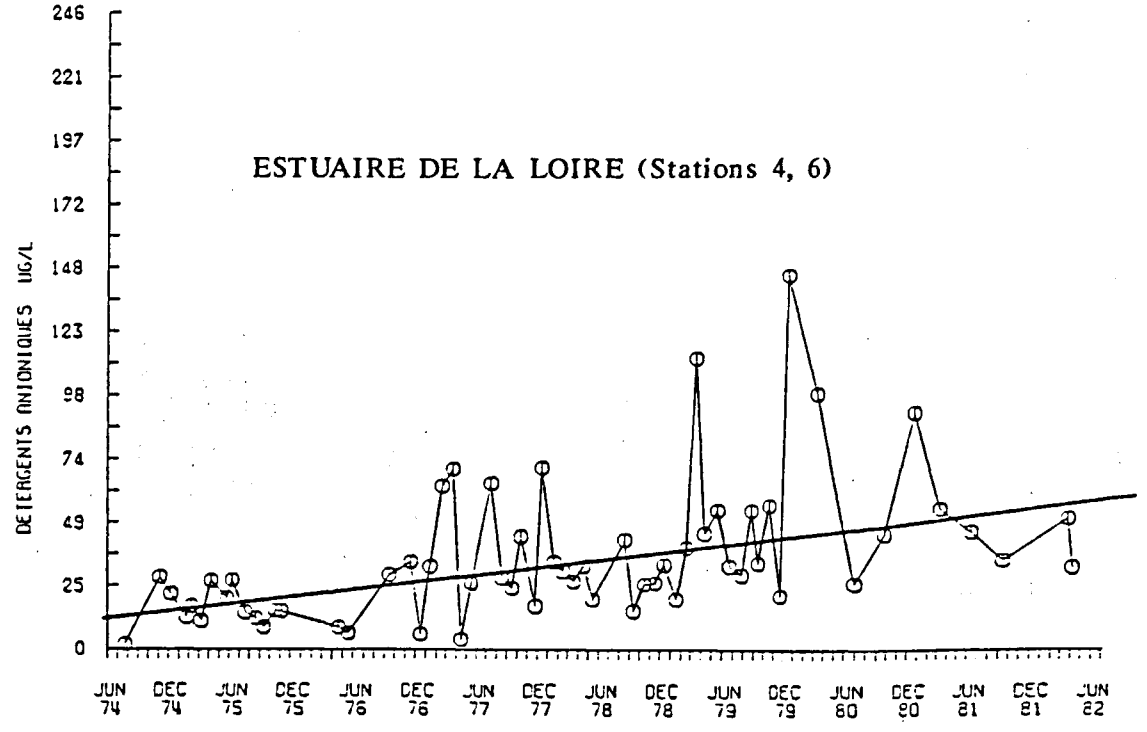
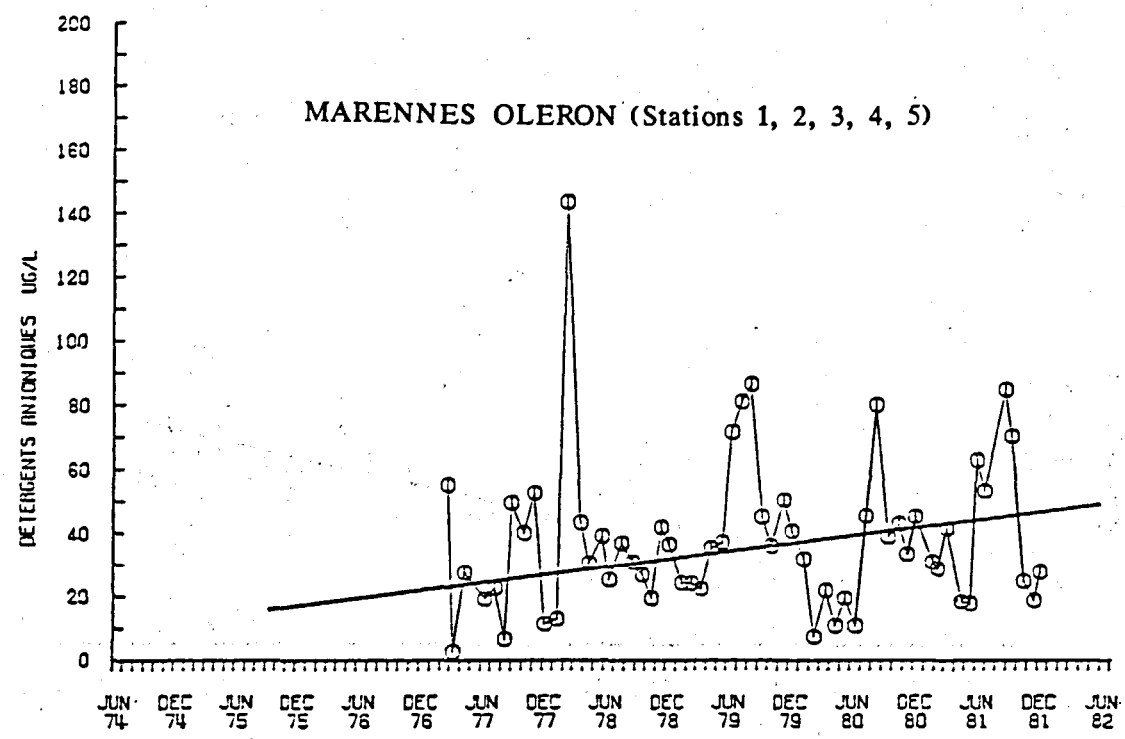


Figure 8 - Détergents (μg/l) dans l'eau.



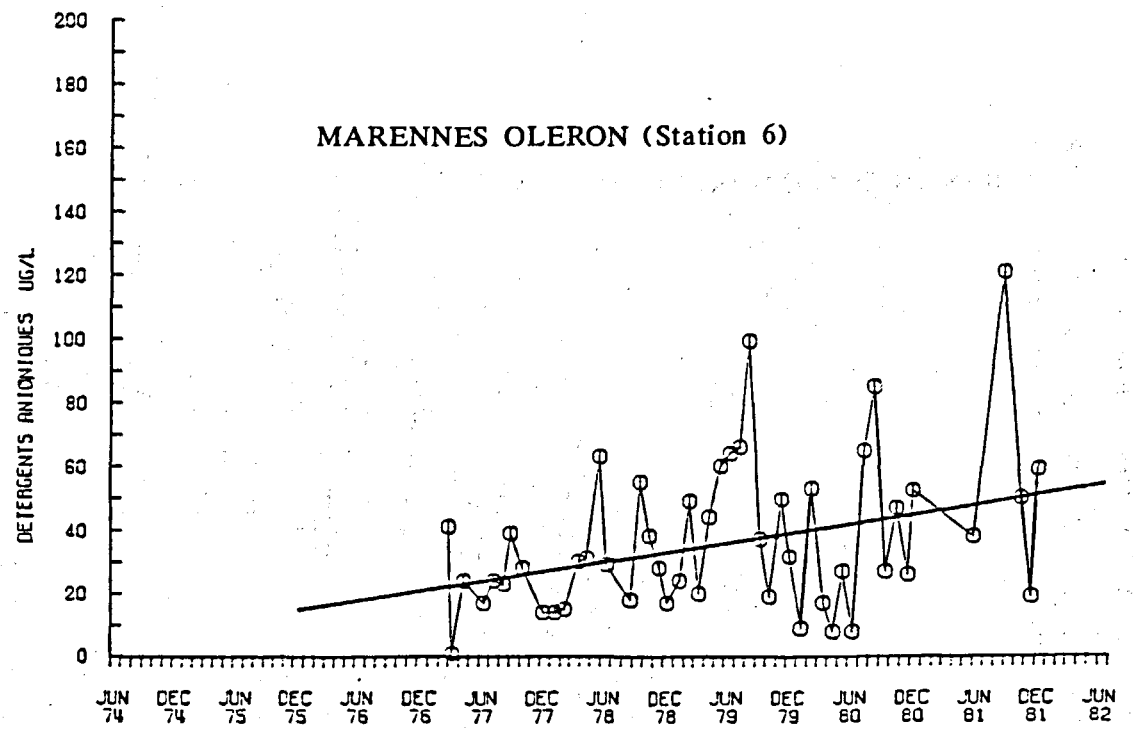
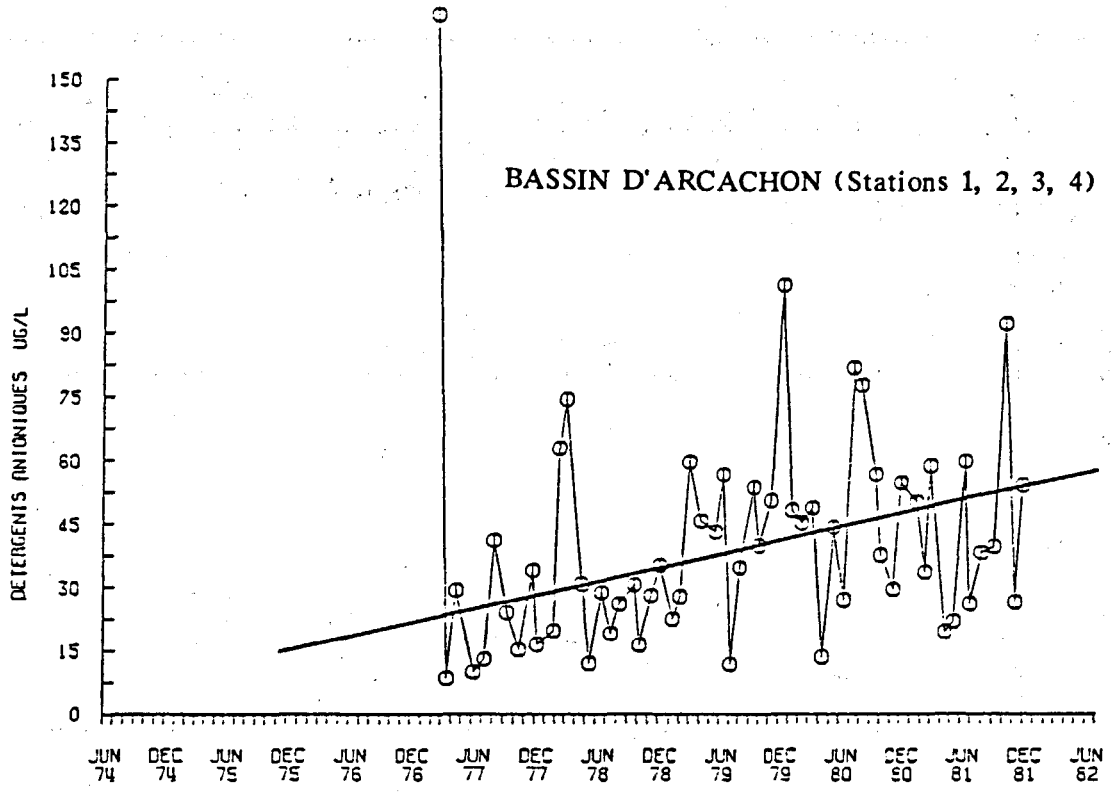


Figure 9 - Détergents (μg/l) dans l'eau.



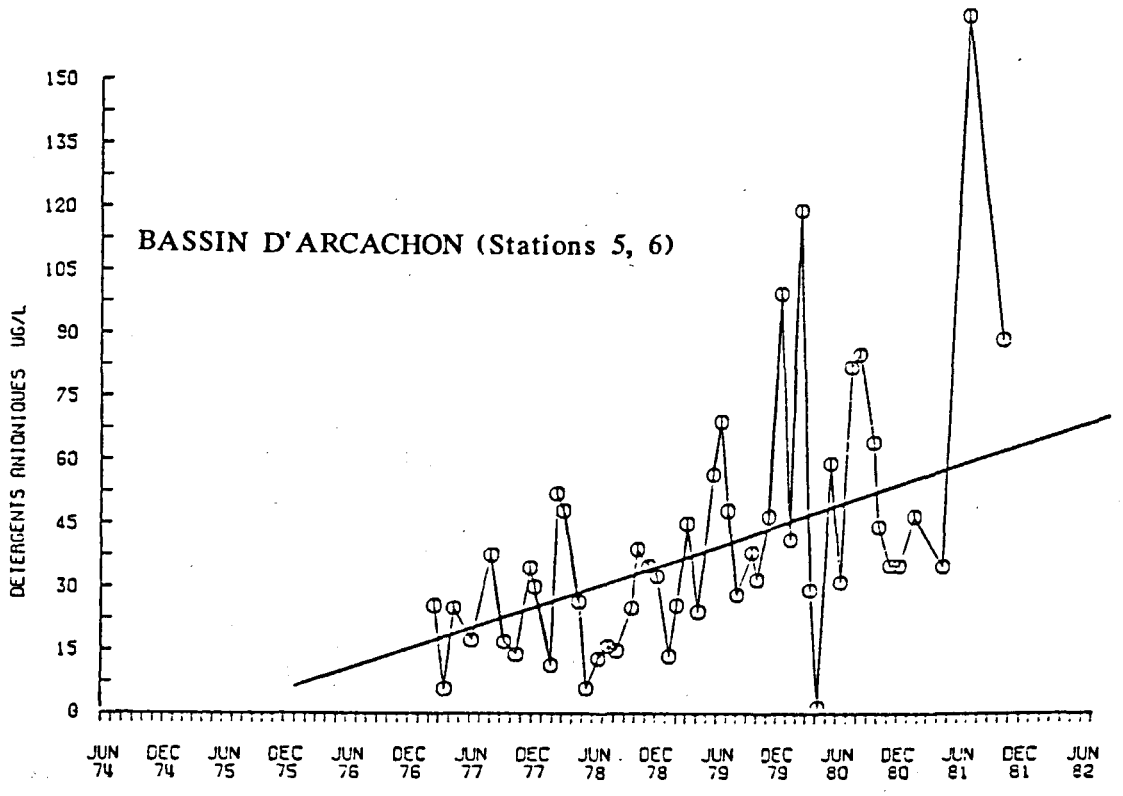


Figure 10 - Détergents (μg/l) dans l'eau.

A cette tendance évolutive croissante, pour quatre des sites de surveillance, nous formulerons deux hypothèses se rattachant à leur dénominateur commun :

– **L'hypothèse géographique** liée à une évolution démographique sur la façade atlantique entrainant de ce fait une augmentation des rejets en détergents dans les eaux ménagères. Nous n'avons pas d'éléments sur ce sujet. Mais si nous admettons l'hypothèse d'une relation entre évolution démographique et taux de croissance annuel des détergents dans l'eau, il faudrait conclure à une évolution démographique semblable sur des secteurs de la façade atlantique aussi variés que golfe, estuaire, baie, et bassin, ce qui à priori semble douteux.

– La deuxième **hypothèse** serait d'ordre **analytique** puisque l'ensemble des contrôles est réalisé par un même laboratoire. Il est bien difficile d'émettre un avis explicatif. A titre d'exemple, que nous qualifierons de caricatural, la dégradation progressive d'une solution étalon non renouvelée pourrait rendre compte d'une telle dérive.

– **Autre hypothèse :** Et si l'utilisation des détergents augmentait ? (taux par habitant).

IV - CONCLUSION

Le bilan de la surveillance des polluants chimiques organiques dans l'eau fait apparaître plusieurs faits significatifs.

1. PROBLÈMES MÉTHODOLOGIQUES

Il existe toujours des problèmes méthodologiques malgré l'amélioration analytique apportée par la mise en œuvre d'exercices d'intercalibration depuis 1977.

Le seuil de détectabilité pour mesurer un paramètre chimique doit être adapté aux niveaux de concentrations attendus dans le milieu. La surveillance des PCB à Dunkerque et des hydrocarbures en Gironde et à Fos montre qu'un seul inadapté entraine non seulement une inexploitation des données de données surveillance, mais plus grave, une inexactitude manifeste des résultats reportés. D'où une **conclusion importante** : le seuil affiché influence la qualité de la mesure analytique.

		Années 1975-1979		Année 1981	
Site	Paramètre	Seuil	Niveaux de pollution moyens	Seuil	Niveau pollution moyens
DUNKERQUE	PCB	5 ng/l	20 - 25 ng/l	100 ng/l	50 % des résultats entre 100 - 850 ng/l
FOS	Hydrocarbures	10 µg/l	50 µg/l	50 µg/l	130 à 170 µg/l

Des problèmes méthodologiques spécifiques apparaissent :

1.1. PCB

- Seuils de détectabilité trop élévés : 20, 30, 50, 100, 200 ng/l pour **baie de Seine, Gironde, Fos, Dunkerque, canal de l'Orne**.
- Reproductibilité analytique (?) concernant la variabilité des résultats reportés par le laboratoire chargé de la surveillance de cinq sites (**Morbihan, Loire, Marennnes-Oléron, Arcachon, Thau**).

1.2. Hydrocarbures

- Choix de la technique de mesure des hydrocarbures totaux dans l'eau : Spectrométrie IR ou spectrofluorescence UV.
- Absence de contrôle sur la façade atlantique (**Morbihan, Loire, Marennes-Oléron, Arcachon**) et **étang de Thau**.

1.3. Détergents

Malgré la standardisation méthodologique pour la mesure des détergents dans l'eau, nous constatons que le laboratoire chargé du contrôle sur cinq sites de surveillance, très différents sur le plan géographique (**golfe du Morbihan, estuaire de la Loire, baie de Marennes-Oléron, bassin d'Arcachon, étang de Thau**), singularise ces sites par rapport aux autres, les présentant comme des zones à contamination significative (40 à 100 μg/l). Ceci pose donc un problème d'intercomparabilité avec les autres laboratoires. Par ailleurs, et également de façon singulière, ce même laboratoire définit sur les sites contrôlés une dérive positive des niveaux de détergents mesurés dans l'eau, en moyenne de 5,9 ± 1,5 μg/l par an, dérive homogène pour des sites très différents qui parait difficilement explicable par une simple évolution démographique sur 5 à 8 ans.

2. NIVEAUX DE POLLUTION

Deux constatations principales sur le plan des niveaux de pollution et de leur variabilité.

- Il existe des zones de références comme la Rade de Brest et la baie de Villefranche où les niveaux de pollution et les variations enregistrées restent extrêmement faibles.
- Il existe des zones soumises à des pollutions chroniques plus ou moins fortes. Ces pollutions peuvent être spécifiques selon les secteurs surveillés ou au contraire être générales. Les niveaux de pollution mesurés peuvent rester homogènes sur un cycle annuel ou au contraire présenter une grande variabilité à caractère aléatoire (**baie de Seine, Cortiou**).

Ces faits aboutissent à des **éléments de propositions** pour optimiser la surveillance des polluants chimiques dans l'eau :

- Il est nécessaire d'adopter une **rigueur analytique** afin de s'assurer au mieux de la qualité de la mesure. Ceci pose le problème du choix des partenaires en fonction de leurs compétences pour tel ou tel paramètre analysé.
- Il se pose une stratégie de surveillance des polluants chimiques devant la multiplicité des situations rencontrées. Faut-il poursuivre un schéma de contrôle fixe et homogène sur l'ensemble du littoral ou au contraire adopter une position de souplesse par rapport aux situations locales ? Notre choix va vers une **attitude de souplesse.** Nous pensons qu'il est préférable de définir un schéma de surveillance adapté à chaque site, c'est-à-dire définir la nature du contrôle, le nombre de stations suffisamment représentatives du site étudié, la fréquence des prélèvements, en prenant en compte la nature des polluants rencontrés, les niveaux observés et les variabilités à court terme enregistrées.

DEUXIÈME PARTIE

SURVEILLANCE DANS LA MATIÈRE VIVANTE

M. MARCHAND

I - INTRODUCTION

La seconde partie de ce document concerne la surveillance de la qualité du milieu marin par l'intermédiaire des organismes marins. Certains d'entre eux, les mollusques notamment, possèdent la propriété d'accumuler les polluants chimiques minéraux (métaux) et organiques (hydrocarbures et organochlorés) présents dans l'eau à l'état de traces (gammes du ng/l au μg/l). A titre d'exemple, les facteurs d'accumulation des PCB et du DDT dans la moule et l'huitre par rapport à l'eau se situent entre 50 000 et 120 000 (MARCHAND *et al.*, 1983). Espèces sédentaires, vivant en équilibre avec l'eau, les mollusques peuvent constituer de bons indicateurs, au moment présent de l'échantillonnage, de la pollution du milieu aquatique. Toutefois, en tant qu'espèces biologiques, elles sont également soumises à leur propre rythme physiologique (croissance, mue, reproduction, ...), qui peut modifier de façon saisonnière leurs capacités de bioaccumulation. Malgré ces réserves, ce concept de surveillance existe depuis une quinzaine d'années. Il a été préconisé à l'échelle internationale par GOLDBERG (1975) sous le titre "Mussel Watch", c'est-à-dire l'utilisation de la moule comme sentinelle pour déceler l'état de pollution du milieu marin. Cette surveillance est réalisée, dans le cadre du RNO, sur l'ensemble du littoral français principalement chez les deux mollusques lamellibranches, la moule (*Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis*),l'huitre creuse (*Crassostrea gigas*) et l'huitre plate (*Ostrea edulis*),mais également par l'analyse de prélèvements de coques, de crevettes et de poissons.

Si nous faisons figurer dans ce document l'ensemble des résultats obtenus, nous avons limité notre interprétation des données RNO aux seuls résultats concernant le contrôle des hydrocarbures et des organochlorés dans les moules et les huitres, sur trois années pleines du dernier semestre 1979 au premier semestre 1982.

Une première remarque s'impose concernant les **méthodologies analytiques utilisées.** Alors que pour le contrôle de l'eau et du sédiment, le RNO fait appel à plusieurs laboratoires d'analyses, répartis sur l'ensemble du littoral, le contrôle dans la matière vivante est réalisé de manière centralisée par un seul

laboratoire, celui du centre de Nantes de l'IFREMER (anciennement ISTPM). A défaut de ne pouvoir certifier l'exactitude analytique, l'avantage réside au moins dans une certaine reproductibilité analytique, permettant une comparaison plus fiable inter-site et une recherche des tendances évolutives dans le temps. Signalons toutefois qu'un changement de protocole analytique pour le dosage des hydrocarbures (de 1974 à 1978, l'analyse des hydrocarbures totaux était réalisée par chromatographie en phase gazeuse ; depuis 1979, l'analyse mesure les hydrocarbures aromatiques totaux par chromatographie liquide haute pression) interdit toute intercomparaison des résultats de surveillance **avant et après 1979.** Les protocoles analytiques utilisés par le laboratoire de contrôle pour le dosage des organochlorés et des hydrocarbures sont décrits par BOUTIER (1981) et MICHEL (1983).

En 1980-1981, 871 contrôles ont été effectués sur 38 sites de surveillance du littoral (tableau I). L'effort porte essentiellement sur l'analyse des moules et des huitres (680 contrôles). La périodicité des prélèvements est en principe trimestrielle.

TABLEAU I : Contrôle RNO dans la matière vivante (1980 - 1981)

	Moules	Huitres creuses	Huitres plates	Coques	Crevettes	Poissons	Total
Dunkerque	16			8	5	17	46
Boulogne	18			4			18
Canche				4			4
Authie				4			4
La Somme				4	1		5
Dieppe / Fécamp	11						11
Baie de Seine	46				5	4	55
Est Cotentin	20				1	2	23
Ouest Cotentin	7						7
Mt St Michel	8	5	3	3		5	24
La Rance	15		9				24
Baie de St Brieuc	31		7		2	21	61
Baie de Morlaix		22	6				28
Aber-Wrac'h		7					7
Rade de Brest		22	8		4	23	57
Odet	4						4
Aven / Belon / Laïta	5		4				9
Lorient		9	2				11
Golfe du Morbihan		31				6	37
La Vilaine	15					6	21
Estuaire de la Loire	28	9			1	14	52
La Vendée		9					9
Pertuis breton	8	7					15
Marennes-Oléron	9	27			2	3	41
Estuaire de la Gironde		20			2	7	29
Bassin d'Arcachon		41	1		3	21	66
Adour		9					9
St Jean de Luz	1	8					9
Bidassoa		9					9
Banyuls	8					1	9
Tech / Têt	6	2					8
Etang de Thau	35				1	8	44
Golfe de Fos	47						47
Marseille	11					8	19
Toulon	14						14
Cannes / Villefranche	16					5	21
Beaulieu / Menton	8						8
Corse	6						6
TOTAL	393	237	40	23	27	151	871

II - PRÉSENTATION DU DOCUMENT

1. NIVEAUX DE CONCENTRATION ET COMPARAISON INTER-SITES

Les paramètres étudiés sont les hydrocarbures aromatiques totaux, les PCB, les composés du DDT et le lindane (uniquement analysé durant le premier semestre 1982). Les concentrations sont exprimées par rapport au poids sec des échantillons prélevés, en $\mu g/kg$ (ppb) pour les composés organochlorés et en mg/kg (ppm) pour les hydrocarbures. Nous avons travaillé sur les moyennes observées sur trois années de surveillance (1979 - 1982) pour les mollusques et deux années (1980 - 1981) pour les autres espèces, par site du surveillance. Pour faciliter l'interprétation des données, nous avons compartimenté certaines stations de prèlevements en secteurs pour mieux mettre en évidence des zones d'apports polluants et des gradients de dispersion. C'est le cas par exemple de la baie de Seine (estuaire et baie), la baie de Saint-Brieuc (baie et zone extérieure), Morlaix (rivières de Morlaix, de la Penzé, Aber Benoît), la rade de Brest et sa zone urbaine nord, etc...

Les concentrations moyennes calculées figurent dans les tableaux II à IV pour les coques, crevettes et poissons et dans le tableau V pour les moules et les huitres.

Les gammes de concentrations rencontrées seront comparées pour les seuls organochlorés aux résultats d'autres pays, notamment ceux obtenus par GOLDBERG *et al.* (1978) dans le cadre du programme de surveillance "Mussel Watch" réalisée sur l'ensemble du littoral est et ouest des Etats-Unis. N'ayant pas à notre connaissance une intercomparaison analytique entre la méthode mise au point pour le dosage des hydrocarbures aromatiques totaux dans les organismes marins et les autres méthodes utilisées par ailleurs, nous n'avons pas recherché à inter-comparer des résultats obtenus par des protocoles analytiques différents.

De l'ensemble des résultats de surveillance, une comparaison des niveaux de contamination des niveaux inter-site sur le littoral français est réalisée. De cette comparaison, nous avons essayé de cerner les gammes de concentrations des polluants organiques dans les moules et les huitres, les plus représentatives pour le littoral français, des niveaux de référence (secteurs non soumis à des apports polluants), de pollutions chroniques faibles, significatives et préoccupantes.

TABLEAU II : Surveillance RNO (1980/1981) - Hydrocarbures aromatiques totaux (mg/kg) et organochlorés (µg/kg) dans les coques (*Cardium edule*) - Concentrations exprimées en poids sec.

Site de surveillance	Stations	Nombre de mesures	Hydrocarbures	PCB	Σ DDT	% DDT	PCB/Σ DDT
Dunkerque	3	8	1,5 ± 0,6	112 ± 35	12 ± 8	57 ± 17	9,3
Somme	1	4	2,5 ± 0,9	163 ± 37	10 ± 5	44 ± 12	16,3
Authie	1	4	1,9 ± 0,6	150 ± 50	11 ± 4	41 ± 5	13,6
Canche	1	4	2,7 ± 1,0	200 ± 168	21 ± 19	53 ± 11	10,5
Mt St Michel	3	3	0,9 ± 0,8	85 ± 64	6 ± 2	42 ± 16	14,2

TABLEAU III : Surveillance RNO (1980/1981) - Hydrocarbures aromatiques totaux (mg/kg) et organochlorés (µg/kg) dans les crevettes - Concentrations exprimées en poids sec.

Site de surveillance	Nombre de mesures	Hydrocarbures	PCB	Σ DDT	% DDT
Dunkerque	5	0,9 ± 1,3	54 ± 22	< 15	
Somme	1	0,7	193	< 10	
Baie de Seine	5	0,6 ± 0,3	437 ± 199	< 15	
Est Cotentin	1	0,2	679	183	14
Baie de St Brieuc	2	0,1 ± 0,1	48 ± 34	7 ± 1	72
Rade de Brest	4	0,2 ± 0,2	191 ± 166	58 ± 49	70
Estuaire de la Loire	1	0,1	358	1880*	79
Marennes-Oléron	2	0,7 ± 0,1	≤ 27	< 4 - 100	< 5
Estuaire de la Gironde	2	0,2 ± 0,1	46 ± 37	< 20 - 84	26
Bassin d'Arcachon	3	0,6 ± 0,5	69 ± 35	22 ± 11	41 ± 21
Etang de Thau	1	0,4	841	189	7

(*) Observation isolée.

TABLEAU IV : Surveillance RNO (1980/1981) - Hydrocarbures aromatiques totaux (mg/kg) et organochlorés (µg/kg) dans les poissons - Concentrations exprimées en poids sec.

Site de surveillance	Espèce	Nombre de mesures	Hydrocarbures	PCB	Σ DDT	% DDT
Dunkerque	Plie	17	0,2 ± 0,1	156 ± 92	18 ± 9	27 ± 16
Baie de Seine	Limande	4	0,3 ± 0,1	1291 ± 525	35 ±10	21 ± 3
Est Cotentin	Plie	2	0,2 ± 0,1	844 ± 407	115 ± 54	21 ± 6
Mt St Michel	Plie	5	0,1 ± 0,2	47 ± 5	< 5	
Baie de St Brieuc	Plie (06/80)	8	0,1 ± 0,1	53 ± 63	< 10	
	Plie (02/81)	7	0,7 ± 0,4	527 ± 534	31 ± 25	44 ± 23
	Plie (11/81)	6	0,2 ± 0,1	137 ± 70	24 ± 14	35 ± 11
Rade de Brest	Plie	4	0,1	111 ± 54	21 ± 4	67 ± 6
	Sole	19	0,2 ± 0,1	79 ± 35	10 ± 6	
La Vilaine	Plie	3	0,0	115 ± 14	13 ± 8	55 ± 5
	Sole	3	0,1 ± 0,1	38 ± 16	< 5	
Golfe du Morbihan	Plie (1980)	1		42	< 20	
	Plie (1981)	5	0,1 ± 0,1	190 ± 44	17 ± 7	23 ± 6
Estuaire de la Loire	Plie (1980)	7	0,0	128 ± 32	< 20	
	Plie (1981)	7	0,4 ± 0,1	413 ± 131	46 ± 17	21 ± 6
Marennes - Oléron	Plie	2	1,0 ± 0,6	308 – 907	28 – 286	91 – 22
	Sole	1	0,3	59	7	33
Estuaire de la Gironde	Plie	4	0,0	215 ± 91	29 ± 6	31 ± 7
	Flet	3	0,5 ± 0,1	196 ± 11	45 ± 15	30 ± 2
	Sole	1	0,1	424	72	31
Bassin d'Arcachon	Plie	5	0,2 ± 0,1	161 ± 87	101 ± 54	24 ± 5
	Sole	16	0,1 ± 0,1	156 ± 100	47 ± 23	24 ± 9
Banyuls	Sole	1	0,25	138	34	<10
Etang de Thau	Sole	8	0,1 ± 0,1	156 ± 100	47 ± 23	24 ± 9
Marseille	Bogue	2	0,25 ± 0,05	625 ± 268	178 ± 90	43 ± 3
	Dorade	1	0,3	603	162	41
	Picarel	2	0,5 ± 0,4	1415 ± 105	356 ± 246	50 ± 2
	Capelan	1	0,6	410	106	35
	Tacot	1	0,1	415	64	34
	Sardine	1	0,4	1917	397	18
Cannes	Bogue	2	0,3 ± 0,2	139 – 1316	43 – 302	44 – 30
	Dorade	1	0,5	1890	292	43
	Anchois	2	0,2 ± 0,1	173 – 1115	50 – 457	43 – 53

TABLEAU V: Surveillance RNO (1979/1982) - Hydrocarbures aromatiques totaux (mg/kg) et organochlorés (µg/kg) dans les moules (M) et les huîtres (H) - Concentrations exprimées en poids sec.

Site	Espèce	Localisation	Station	Période	Hydrocarbures	PCB	Σ DDT	Lindane
Dunkerque	M		1,2	79/82	3,9 ± 3,3	526 ± 253	59 ± 52	94 ± 2
				79/80	2,9 ± 1,3	821 ± 323	97 ± 84	
				80/81	4,6 ± 4,2	486 ± 203	45 ± 17	
				81/82	4,1 ± 3,6	440 ± 189	40 ± 11	
Boulogne	M		1,2	79/82	2,9 ± 2,3	420 ± 248	49 ± 34	6 ± 2
				79/80	2,9 ± 2,6	566 ± 390	98 ± 47	
				80/81	3,2 ± 2,8	343 ± 168	34 ± 20	
				81/82	2,6 ± 1,9	423 ± 236	41 ± 12	
Dieppe/ Fécamp	M		1,2	79/82	3,4 ± 2,6	991 ± 613	47 ± 39	9 ± 2
				79/80	2,5 ± 1,3	1323 ± 757	61 ± 51	
				80/81	3,8 ± 1,8	845 ± 275	32 ± 9	
				81/82	3,8 ± 3,6	694 ± 393	38 ± 32	
Baie de Seine	M	Zone nord	8	79/82	5,7 ± 2,4	2287 ± 880	44 ± 16	6
		estuaire	6,2,3,1	79/82	18,5 ± 11,8	4387 ± 2301	126 ± 84	13 ± 2
		Zone ouest	9,10,11	79/82	4,0 ± 3,4	1080 ± 689	48 ± 25	9 ± 3
		estuaire	6,2,3,1	79/80	13,8 ± 9,0	4488 ± 2217	117 ± 115	
			6,2,3,1	80/81	20,3 ± 6,1	4971 ± 2310	108 ± 43	
			6,2,3,1	81/82	20,0 ± 15,8	3493 ± 1596	133 ± 91	
Est Cotentin	M		6,4,2	79/82	3,1 ± 2,7	498 ± 201	31 ± 16	
				80/81	3,4 ± 1,2	712 ± 226	42 ± 15	
				81/82	3,0 ± 3,0	426 ± 138	25 ± 11	
Ouest Cotentin	M		1	79/82	1,5 ± 1,2	208 ± 106	27 ± 15	
Baie	M		1	79/82	1,7 ± 1,8	177 ± 20	28 ± 15	8 ± 8
Mt St-Michel	H		2	79/82	2,6 ± 1,5	164 ± 108	33 ± 18	1 ± 2
La Rance	H		2	79/82	3,5 ± 1,6	342 ± 118	54 ± 16	5 ± 1
	M		3,5,6	79/82	2,3 ± 1,7	350 ± 105	47 ± 24	7 ± 2
St-Brieuc	M	Baie	3,4,2	79/82	2,3 ± 1,8	224 ± 75	45 ± 33	3 ± 1
		Sept-Iles	5	79/82	8,9 ± 4,6	96 ± 41	14 ± 11	0,5
		Baie	3,4,2	79/80	1,2 ± 0,8	225 ± 76	53 ± 57	
				80/81	3,3 ± 1,7	208 ± 77	32 ± 8	
				81/82	2,7 ± 2,3	277 ± 129	56 ± 35	
		Sept-Iles	5	79/80	9,0 ± 3,6	130 ± 76	20 ± 21	
				80/81	12,0 ± 5,7	91 ± 21	11 ± 5	
				81/82	5,8 ± 1,4	83 ± 40	13 ± 11	

TABLEAU V (Suite)

Site	Espèce	Localisation	Station	Période	Hydrocarbures	PCB	Σ DDT	Lindane
Morlaix	H	Morlaix	2,1	79/82	5,0 ± 3,0	282 ± 160	33 ± 32	5
		Penzé	3,4	79/82	3,8 ± 1,9	157 ± 72	34 ± 16	6 ± 1
		Aber-Benoit	5	79/82	4,6 ± 16,7	253 ± 117	53 ± 39	4± 1
		Morlaix	2,1	79/80	5,5 ± 2,5	353 ± 61	24 ± 6	
		Penzé	3,4	79/80	3,6 ± 1,1	205 ± 55	21 ± 12	
				80/81	4,3 ± 2,6	163 ± 28	19 ± 14	
				81/82	3,5 ± 1,6	135 ± 111	32 ± 24	
		Aber-Benoit	5	79/80	17,3 ± 5,6	324 ± 200	47 ± 44	
				80/81	17,1 ± 8,4	224 ± 60	44 ± 14	
				81/82	15,3 ± 9,4	222 ± 73	70 ± 65	
Brest	H	Zone nord	1	79/82	5,4 ± 4,5	775 ± 224	48 ± 21	
		Zone sud	2,3,4	79/82	4,8 ± 4,0	369 ± 148	52 ± 26	
		Zone nord	1	79/80	2,8 ± 1,6	853 ± 265	60 ± 24	
				80/81	4,1 ± 2,2	711 ± 250	30 ± 9	
				81/82	10,2 ± 5,7	745 ± 102	47 ± 11	
		Zone sud	2,3,4	79/80	3,2 ± 2,5	439 ± 154	50 ± 32	
				80/81	5,0 ± 3,6	370 ± 128	48 ± 6	
				81/82	6,4 ± 4,0	292 ± 141	55 ± 34	
Odet	M		2	79/82	3,6 ± 2,3	433 ± 172	56 ± 29	5 ± 2
				79/80	1,4	189	75	
				80/81	3,2 ± 0,2	392 ± 47	31 ± 10	
				81/82	5,0 ± 3,5	596 ± 6	72 ± 33	
Aven/Laïta	H	Aven	1	79/82	2,3 ± 1,8	451 ± 76	34 ± 39	9
	M	Laïta	2	79/82	2,3 ± 1,8	451 ± 76	34 ± 39	
	H	Aven	1	79/80	0,9 ± 0,2	420 ± 5	< 20	
				80/81	5,2	439	10	
				81/82	2,1 ± 0,5	488 ± 136	70 ± 42	
	M	Laïta	2	79/80	–	–	–	
				80/81	3.5 ± 2.9	674 ± 47	71±7	
				81/82	4,4 ± 2,4	916 ± 251	78 ± 35	
Golfe du Morbihan	H		1,2,3,4	79/82	3,0 ± 0,5	314 ± 159	44 ± 20	8 ± 3
	H			79/80	2,7 ± 1,5	372 ± 121	50 ± 42	
				80/81	2,9 ± 1,7	253 ± 72	36 ± 15	
				81/82	3,1 ± 1,3	341 ± 244	45 ± 23	
Estuaire de la Vilaine	M		1,2,3	79/82	3,5 ± 3,1	329 ± 90	41 ± 15	16 ± 7
				79/80	3,5 ± 5,0	283 ± 61	49 ± 42	
				80/81	3,0 ± 1,9	345 ± 112	38 ± 10	
				81/82	3,8 ± 3,1	349 ± 107	51 ± 10	
Estuaire de la Loire	M		1,2,3,4	79/82	5,4 ± 4,7	956 ± 327	74±35	4 ± 2
	M			79/80	3,14 ± 2,1	1135 ± 393	88±45	
				81/82	5,7 ± 3,8	870 ± 161	55 ± 16	

TABLEAU V (Suite)

Site	Espèce	Localisation	Station	Période	Hydrocarbures	PCB	Σ DDT	Lindane
Vendée	H		1	79/82	2,5 ± 1,0	186 ± 57	130 ± 93	26
Pertuis Breton	M		1	79/82	3,2 ± 2,1	417 ± 107	117 ± 52	25 ± 1
	H		2	79/82	3,8 ± 2,3	339 ± 123	196 ± 84	11 ± 1
Marennes Oléron	M	Bassin	5	79/82	3,5 ± 3,4	443 ± 142	107 ± 47	12 ± 1
	H	Bassin	1,3,4	79/82	3,5 ± 2,9	324 ± 137	85 ± 36	11 ±3
	H	Estuaire	2	79/82	3,3 ± 2,0	272 ± 111	251 ± 106	12 ± 6
	H	Bassin	1,3,4	79/80	1,1 ± 0,4	363 ± 167	80 ± 37	
				80/81	3,6 ± 0,7	315 ± 154	68 ± 18	
				81/82	5,0 ± 3,5	321 ± 115	93 ± 38	
	H	Estuaire	2	79/80	0,9 ± 0,5	319 ± 61	65 ± 15	
				80/81	6,3	503	141	
				81/82	5,4 ± 3,9	584 ± 52	151 ± 20	
Estuaire de la Gironde	H		1,2,3	79/82	2,9 ± 1,5	465 ± 270	123 ± 73	14 ± 5
	H		1,2,3	79/80	1,9 ± 1,9	433 ± 152	102 ± 34	
				80/81	3,0 ± 0,9	452 ± 342	123 ± 91	
				81/82	3,9 ± 1,3	438 ± 290	143 ± 76	
Bassin d'Arcachon	H		1,2,3,4,5	79/82	1,9 ± 0,8	236 ± 117	385 ± 508	18 ± 6
	H			79/80	1,7 ± 0,8	203 ± 59	359 ± 277	
				80/81	2,2 ± 0,9	213 ± 100	271 ± 211	
				81/82	2,0 ± 0,8	290 ± 163	531 ± 810	
Adour	H		1	79/82	5,7 ± 1,9	900 ± 508	114 ± 52	25
				79/80	5,1 ± 2,0	1038 ± 65	101 ± 81	
				80/81	6,7 ± 2,5	1115 ± 820	82 ± 24	
				81/82	5,2 ± 1,2	646 ± 252	115 ± 73	
St-Jean de Luz	H		2	79/82	24,4 ± 11,0	1300 ± 471	231 ± 53	28
				79/80	12,3 ± 1,6	1683 ± 493	243 ± 44	
				80/81	30,1 ± 8,1	1194 ± 486	215 ± 55	
				81/82	26,3 ± 12,0	1230 ±	512	233 ± 64
				81/82	2,1 ± 0,5	488 ± 136	70 ± 42	
Chingoudy	H		1	79/82	26,5 ± 12,9	1345 ± 718	238 ± 76	20
				79/80	13,9 ± 10,0	1240 ± 523	208±73	
				80/81	29,6 ± 11,3	1491 ± 1237	215 ± 71	
				81/82	34,2 ± 9,1	1312 ± 400	279 ± 79	
Tech / Têt	M		1	79/82	5,9 ± 10,0	110 ± 58	69 ± 34	13
	H		1	79/82	5,4 ± 5,3	177 ± 210	55 ± 15	3
Banyuls	M		1,2	79/82	2,9 ± 2,5	455 ± 367	305 ± 198	
Etang de Thau	M		1,2,3,4	79/82	1,7 ± 1,0	299 ± 134	220 ± 81	6 ± 4
				79/80	0,8 ± 0,4	285 ± 152	239 ± 69	
				80/81	2,6 ± 1,3	316 ± 192	232 ± 136	
				81/82	1,7 ± 0,8	296 ± 249	189 ± 72	

TABLEAU V (Suite)

Site	Espèce	Localisation	Station	Période	Hydrocarbures	PCB	Σ DDT	Lindane
Golfe de Fos	M		1,3,4,5,6	79/82 79/80 80/81 81/82	13,9 ± 10,08 7,9 ± 5,2 19,2 ± 14,3 12,9 ± 10,3	771 ± 234 898 ± 260 645 ± 148 671 ± 250	222 ± 97 186 ± 92 192 ± 104 281 ± 121	13 ± 9
Marseille	M	Frioul	2	79/82 79/80 80/81 81/82	3,5 ± 1,7 3,6 ± 2,6 3,3 ± 0,2 3,6 ± 1,9	881 ± 357 882 ± 326 909 ± 570 866 ± 163	1441 ± 87 138 ± 48 95 ± 49 170 ± 111	5 ± 4
Toulon	M		1	79/82 79/80 80/81 81/82	11,6 ± 11,1 9,7 ± 9,7 11,2 ± 6,7 14,0 ± 15,7	1825 ± 1972 3885 ± 2506 1010 ± 419 760 ± 242	87 ± 31 91 ± 25 73 ± 24 97 ± 40	9 ± 8
St-Tropez	M		1	79/82	5,7 ± 4,3	288 ± 164	90 ± 27	6
Cannes Villefranche	M M		1,2	79/82 79/80 80/81 81/82	5,7 ± 2,9 3,3 ± 1,1 6,3 ± 2,6 7,6 ± 2,9	887 ± 685 825 ± 424 911 ± 1070 872 ± 414	124 ± 67 130 ± 83 84 ± 31 149 ± 67	6 ± 1
Beaulieu	M		1	79/82 79/80 80/81 81/82	4,1 ± 4,3 0,9 ± 0,2 2,7 ± 0,9 7,8 ± 5,5	490 ± 301 548 ± 435 443 ± 320 475 ± 177	109 ± 35 117 ± 25 87 ± 32 122 ± 44	5 ± 2
Corse Est	M		1,2	79/82	1,6 ± 1,0	83 ± 38	70 ± 27	5 ± 3

2. TENDANCES

Une première synthèse des données RNO parue en 1977 dans le bulletin RNO N° 10, n'était pas utilisable, seuls figuraient les niveaux extrêmes sans indication des concentrations moyennes par site de surveillance. D'autres synthèses ont été réalisées par BOUTIER (1981), MICHEL et ABARNOU (1983) sur la surveillance RNO dans les mollusques. En complément aux travaux RNO, d'autres travaux réalisés essentiellement en méditerranée depuis 1972 par des équipes scientifiques différentes, ont été utilisés et permettent de dégager sur certains secteurs des tendances évolutives des niveaux de PCB et de de DDT dans les mollusques sur une période de 10 ans. Cette évolution est intéressante à connaître, car elle permet d'apprécier l'effet des règlementations (limitation des rejets de PCB, interdiction de l'utilisation en agriculture en DDT) sur les niveaux de contamination de l'environnement marin par ce type de composés.

III - NIVEAUX DE CONTAMINATION DES POLLUANTS ORGANIQUES

1. COMPARAISON HUÎTRES-MOULES

Le tableau VI illustre une comparaison sur cinq sites de surveillance des teneurs en polluants organiques dans la moule et dans l'huître. Il n'apparait pas de différence significative pour les hydrocarbures aromatiques, les PCB et les composés du DDT. Par contre, il semble que la moule accumule plus de lindane que l'huître. Rappelons que le lindane a une solubilité dans l'eau beaucoup plus grande (de l'ordre du mg/l) que les hydrocarbures polyaromatiques et les résidus de PCB et du DDT (de l'ordre du μg/l), et de ce fait un caractère lipophile moins marqué. Cette différence de propriété physico-chimique explique en premier lieu les faibles taux d'accumulation de lindane observés dans les deux mollusques. Par ailleurs les différences relevées entre la moule et l'huître peuvent être éventuellement explicables par rapport aux taux de filtration différents pour les deux mollusques.

2. HYDROCARBURES AROMATIQUES

Les concentrations observées dans les deux mollusques varient de 1 à plus 20 mg/kg (fig. 1). Les niveaux de référence, de 1 à 2 mg/kg, sur des sites de surveillance admis comme non soumis à des apports polluants significatifs sont communs pour l'ensemble des façades maritimes du littoral, de la manche à la Méditerranée. Les plus fortes concentrations (> 20 mg/kg) sont observées localement au sud de l'Atlantique : (St-Jean de Luz et Chingoudy) à proximité de la frontière espagnole. Ces teneurs reflètent vraisemblablement plus un état de contamination très localisé (les prélèvements sont effectués en fond de baie en zone urbanisée) que des apports polluants provenant de l'Espagne. De fortes concentrations (10 à 20 mg/kg) sont relevés au débouché de l'estuaire de la Seine, dans les zones industrialo-portuaires du golfe de Fos et de la rade de Toulon. On observe également sur le littoral de la Bretagne nord, région à densité urbaine faible et peu industrialisée, de fortes teneurs en hydrocarbures aromatiques, traduisant l'impact des pollutions accidentelles par hydrocarbures à la suite de naufrage des navires pétroliers "Amoco Cadiz" (1978) et "Tanio" (1980) : Aber Benoit : 16,5 mg/kg ; rivière de Penzé : 3,8 mg/kg ; rivière de Morlaix : 5,0 mg/kg ; région des Sept Iles à l'ouest de la baie de St-Brieuc : 8,9 mg/kg. Les gammes de concentrations rencontrées sont résumées dans le tableau VII.

TABLEAU VI : Comparaison des teneurs en hydrocarbures aromatiques totaux (mg/kg) et en organochlorés (µg/kg) entre les moules (M) et les huîtres (H).

SITES	Hydrocarbures		PCB		Σ DDT		Lindane	
	M	H	M	H	M	H	M	H
Baie Mont St-Michel	1,7 ± 1,8	2,6 ± 1,5	1 ± 20	164 ± 108	28 ± 15	33 ± 18	8 ± 8	1 ± 2
La Rance	2,3 ± 1,7	3,5 ± 1,7	350 ± 105	342 ± 118	47 ± 24	54 ± 16	7 ± 2	5 ± 1
Pertuis breton	3,2 ± 2,1	3,8 ± 2,3	417 ± 107	339 ± 123	117 ± 52	196 ± 84	25 ± 4	11 ± 1
Marennes-Oléron	3,5 ± 3,4	3,5 ± 2,9	443 ± 142	324 ± 137	107 ± 47	85 ± 36	12 ± 1	11 ± 3
Tech / Têt	5,9 ± 10,0	5,4 ± 5,3	110 ± 58	177 ± 210	69 ± 34	55 ± 15	13	3

TABLEAU VII : Gammes de concentrations en hydrocarbures aromatiques totaux dans les moules et les huîtres (mg/kg, poids sec).

	Concentrations (mg/kg)	Sites de surveillance
Sites de référence	1 - 2	Manche : Ouest Cotentin, baie du Mt St-Michel. Atlantique : bassin d'Arcachon. Méditerranée : Corse Est.
Pollution chroniques faibles	2 - 5	Dunkerque, Boulogne, Dieppe, Est Cotentin (+), la Rance, baie de St-Brieuc, rivière de Penzé (*), rade de Brest, Odet, Aven, Lorient, Golfe du Morbihan, estuaire de la Vilaine, Vendée, Pertuis breton, Marennes-Oléron, estuaire de la Gironde, Banyuls, Marseille, Beaulieu.
Pollutions chroniques significatives	5 - 10	Zone extérieure de la baie de St-Brieuc (*), Morlaix (*), Lorient, Adour,Tech / Têt, Cannes.
Pollutions chroniques fortes	10 - 20 > 20	Estuaire de la Seine, Aber-Benoit (*), golfe de Fos, Toulon. St-Jean de Luz, Chingoudy.

(+) Influence de l'estuaire de la Seine.
(*) Impact des pollutions accidentelles (Amoco Cadiz, Tanio).

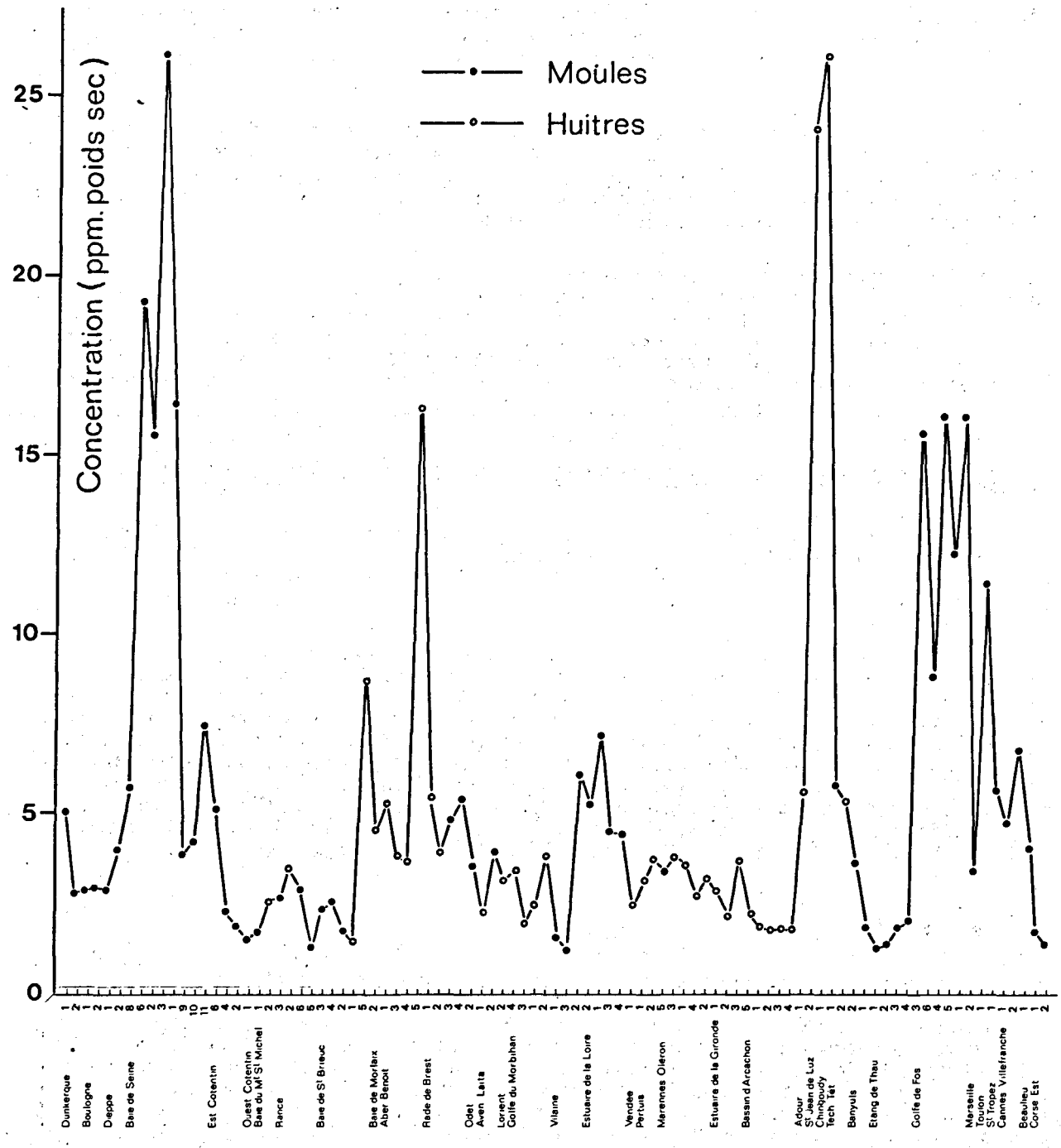


Figure 1 - Hydrocarbures aromatiques dans les huîtres et les moules.

3. POLYCHLOROBIPHÉNYLES

La gamme de concentrations relevées varie de 80 à plus de 5 000 μg/kg (fig. 2). Les plus faibles valeurs inférieures à 100 μg/kg sont observées dans la région des Sept Iles à l'ouest de la baie de St-Brieuc et la Corse Est. Les teneurs les plus importantes (> 2 000 μg/kg) sont relevées au débouché de l'estuaire de la Seine et traduisent une situation très particulière par rapport à l'ensemble du littoral. On peut aisément observer que l'influence des apports polluants en PCB de l'estuaire de la Seine est sensible selon un gradient de dispersion jusqu'à l'extrémité ouest de la baie de Seine, en bordure du Cotentin et au nord jusqu'à Dieppe. Les concentrations importante de 700 à 2 000 μg/kg, sont relevées au débouché des autres grands estuaires (exception pour la Gironde) dans les zones industrialo-portuaires (Fos) face aux grandes zones urbaines (Marseille, Toulon, Cannes) et également à proximité de la frontière espagnole sur la façade atlantique (Adour, St-Jean de Luz et Chingoudy). Les gammes de concentrations observées sont sensiblement les mêmes que celles relevées dans la littérature (tableau VIII). Soulignons toutefois que les concentrations de référence correspondent à des sites non pollués de la côte est et de la côte ouest des Etats-Unis, sont inférieurs à 50 μg/kg, en moyenne 22 ± 12 μg/kg (GOLDBERG *et al.*, 1978), soit 4 fois moins par rapport aux valeurs dites de référence pour le littoral français.

Les valeurs les plus élevées sur le littoral américain à proximité des zones industrialisées se situent entre 400 et 8 700 μg/kg. La concentration la plus forte jamais rencontrée est citée par FARRINGTRON *et al.* (1983), de 17 000 μg/kg de PCB dans les moules prélevées à New Bedford (Mass.) à proximité d'une usine fabricant des condensateurs électriques. Les gammes de concentrations relevées sur le littoral français sont résumées dans le tableau IX.

Si l'on compare la distribution des PCB avec celle observée pour les hydrocarbures aromatiques, on observe une corrélation significative de la contamination commune PCB/Hydrocarbures dans les deux mollusques indicateurs de pollution, dans les zones soumises aux pollutions chroniques (fig. 3). Des exceptions sont toutefois relevées, les sites des Sept Iles et de l'Aber-Benoit en Bretagne soumis aux pollutions accidentelles par hydrocarbures des pétroliers "Amoco Cadiz" et "Tanio", le golfe de Fos et surtout les sites de St-Jean de Luz et de Chingoudy proches de l'Espagne, qui se caractérisent par un "excédent" de contamination en hydrocarbures par rapport aux PCB.

4. COMPOSÉS DU DICHLORODIPHÉNYLTRICHLOROÉTHANE

Nous n'avons considéré que les concentrations en DDT total, soit la somme du DDT et de ses deux principaux métabolites (DDD et DDE). Le pourcentage de DDT par rapport au DDT total dans la moule et l'huître varie en moyenne de 25 à 64 %, il excède rarement 50 % ($\overline{m}$ = 41 ± 11 %). Les gammes de concentrations rencontrées se situent entre 15 et 300 μg/kg, et sont illustrées par la figure 4.

A la différence des hydrocarbures aromatiques et des PCB, les niveaux qualifiés de référence pour les composés du DDT varient selon les façades maritimes : Mer du Nord - Manche - Bretagne Sud : 15-30 μg/kg ; Méditerrannée : 70 μg/kg ; et Atlantique (sud de la Loire) : 100-120 μg/kg. Il apparait donc que l'ensemble du littoral Atlantique au sud de La Loire soit soumis à une contamination faible mais significative par les composés du DDT. C'est sur cette frange maritime que les niveaux de contamination les plus élevés sont relevés (> 200 μg/kg) : estuaire de Marennes, bassin d'Arcachon, St-Jean de Luz et Chingoudy. La même observation peut être formulée en Méditerranée où nous retrouvons des concentrations supérieures à 200 μg/kg à Banyuls, l'étang de Thau et le golfe de Fos. Les concentrations les plus faibles, inférieures à 60 μg/kg, (à l'exception de l'estuaire de la Seine : 126 μg/kg) sont relevés sur l'ensemble Mer du Nord, Manche, Bretagne Sud. Le tableau X résume ces observations.

5. LINDANE

Nous avons précédemment observé que le lindane est faiblement concentré dans les mollusques lamellibranches et que d'autre part il semble plus accumulé dans la moule que dans l'huître. Les gammes de concentrations observées varient en moyenne de 1 à 30 μg/kg (fig. 5). Comme pour les composés du DDT, nous constatons une sectorisation de la distribution des concentrations le long du littoral. Les valeurs les plus faibles sont relevées sur la façade Mer du Nord - Manche - Bretagne Sud et excèdent rarement 10 μg/kg, les niveaux qualifiés de référence sont inférieurs à 3 μg/kg. En Méditerranée, les niveaux observés varient de 5-10 μg/kg pour la majorité des sites surveillés. En contraste, les plus faibles concentrations sur la façade Atlantique au sud de la Loire avoisinent 10 à 12 μg/kg, les plus fortes concentrations sont comprises entre 20 et 30 μg/kg. Dans l'ensemble, cette gamme de concentration apparaît faible en comparaison avec les rares données de la littérature. Il ressort du caractère lipophile faiblement marqué du lindane que les mollusques lamellibranches ne constituent pas un indicateur biologique de contamination de choix pour ce type d'insecticide chloré. Le tableau XI résume les gammes de concentrations rencontrées.

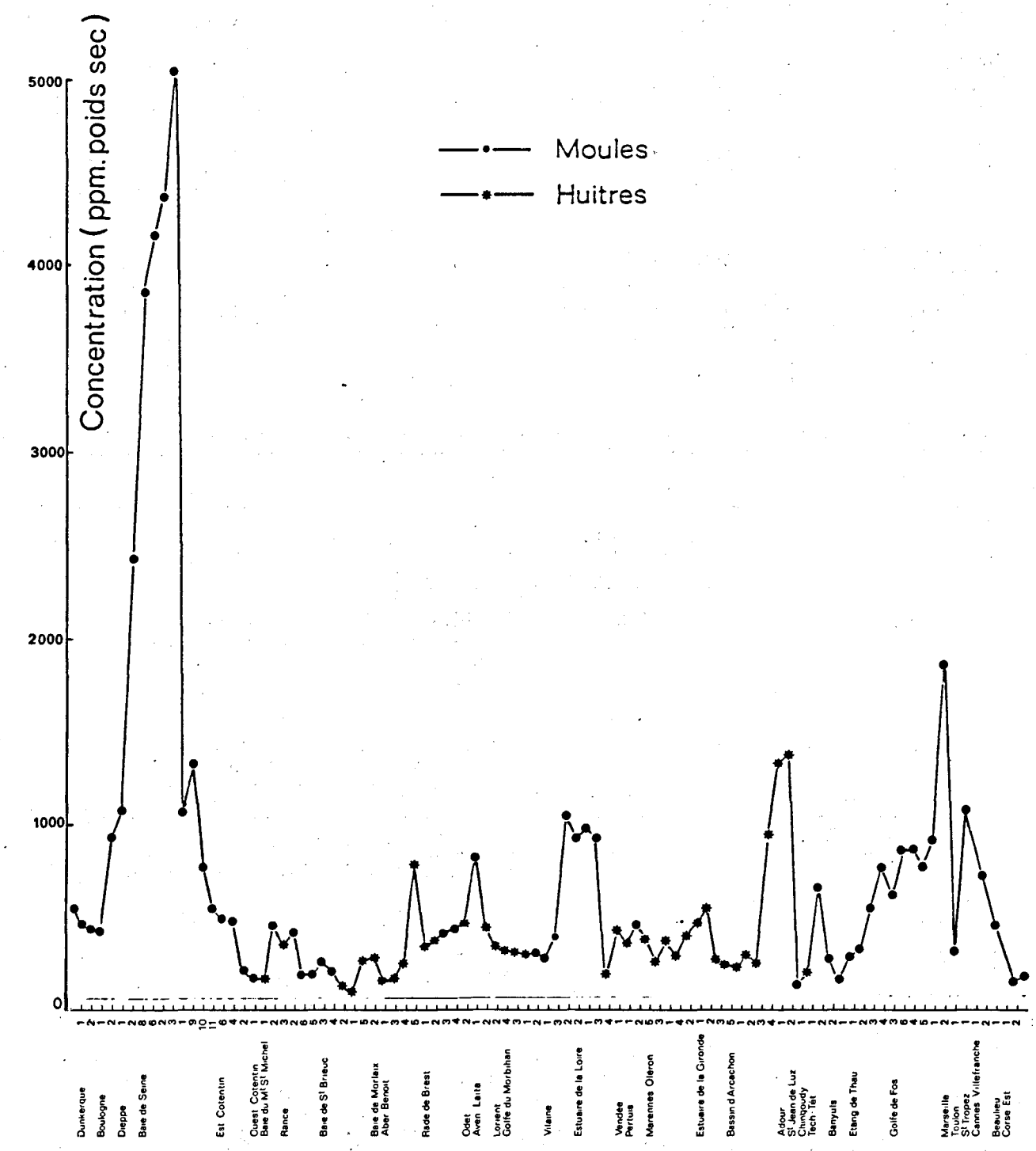


Figure 2 - PCB dans les moules et les huîtres.

TABLEAU VIII : Concentrations des composés organochlorés dans la moule et dans l'huître (µg/kg, poids sec) - (MARCHAND et al., 1983).

Zone	Date	PCB	Σ DDT	Lindane	Références
États-Unis					
– Côte Ouest	1976	7-8 700	< 4-17000	-	GOLDBERG *et al.* (1978)
– Côte Est	1976	15-635	4-30	-	GOLDBERG *et al.* (1978)
Grande-Bretagne					
– Écosse, Côte Ouest	1977	60-7100	18-23	6-53	COWAN (1978)
– Baie de Liverpool	1974	100-240	10-15	-	RILEY et WHABY (1977)
Espagne					
– Atlantique	1970	400-3700	50-530	15-200	FRANCO-SOLER (1972)
– Méditerranée	1970	2000-9000	100-3250	20-215	FRANCO-SOLER (1972)
France					
– Méditerranée	1973-1974	182-13500	37-10608	-	MARCHAND *et al.* (1976)
– Méditerranée	1976-1977	85-4400	40-1245	-	ALZIEU *et al.* (1979)
– Manche	1976	335-5120	35-330	-	ALZIEU *et al.* (1979)
– Atlantique	1976	10-2060	20-175	-	ALZIEU *et al.* (1979)
– Rade de Brest	1977	230-1260	76-955	4-78	Présente étude

TABLEAU IX : Gammes de concentrations en PCB dans les moules et les huîtres (µg/kg, poids sec).

	Concentrations (µg/kg)	Sites de surveillance
Sites de référence	80-100 100-200	Sept Iles (ouest de la baie de St-Brieuc), Corse Est. Ouest Cotentin, baie du Mont St-Michel, Vendée, Tech/Têt.
Pollutions chroniques faibles	200-400	La Rance, baie de St-Brieuc, Morlaix, Aber-Benoît, rade de Brest, estuaire de la Vilaine, golfe du Morbihan, bassin d'Arcachon, étang de Thau, St-Tropez.
Pollution chroniques Significatives	400-700	Dunkerque, Boulogne, Est Cotentin (*), Odet, Aven, Lorient, Pertuis breton, estuaire de la Gironde, Banyuls, Beaulieu.
Pollutions chroniques fortes	700-100 1000-2000	Dieppe-Fécamp (*), Laïta, estuaire de la Loire, Adour, golfe de Fos, Marseille, Cannes / Villefranche. St-Jean de Luz, Chingoudy, Toulon.
Pollutions chroniques très fortes	> 2000	Estuaire de la Seine.

(*) Influence de l'estuaire de la Seine.

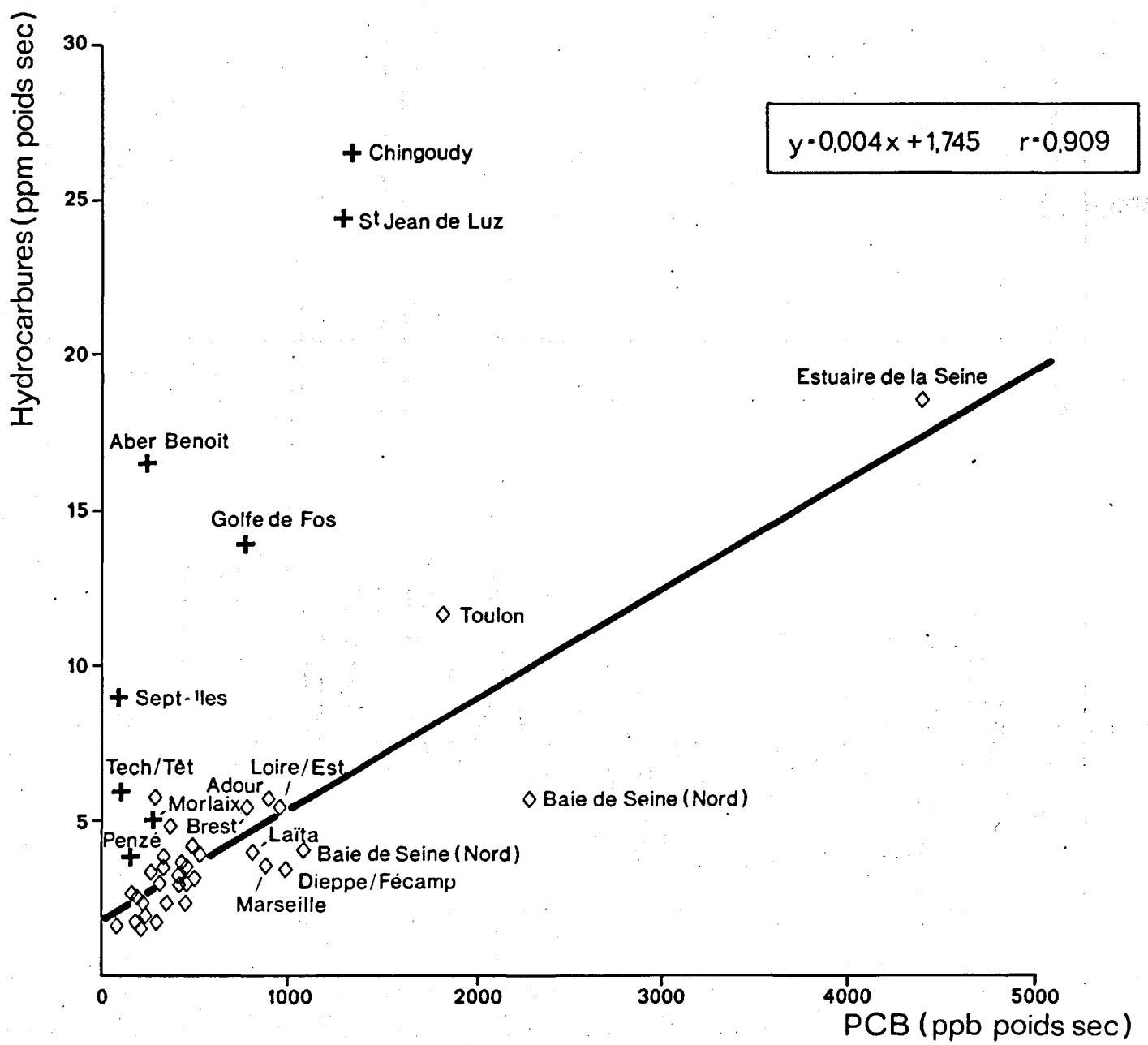


Figure 3 - Relation PCB / Hydrocarbures dans les moules et les huîtres.

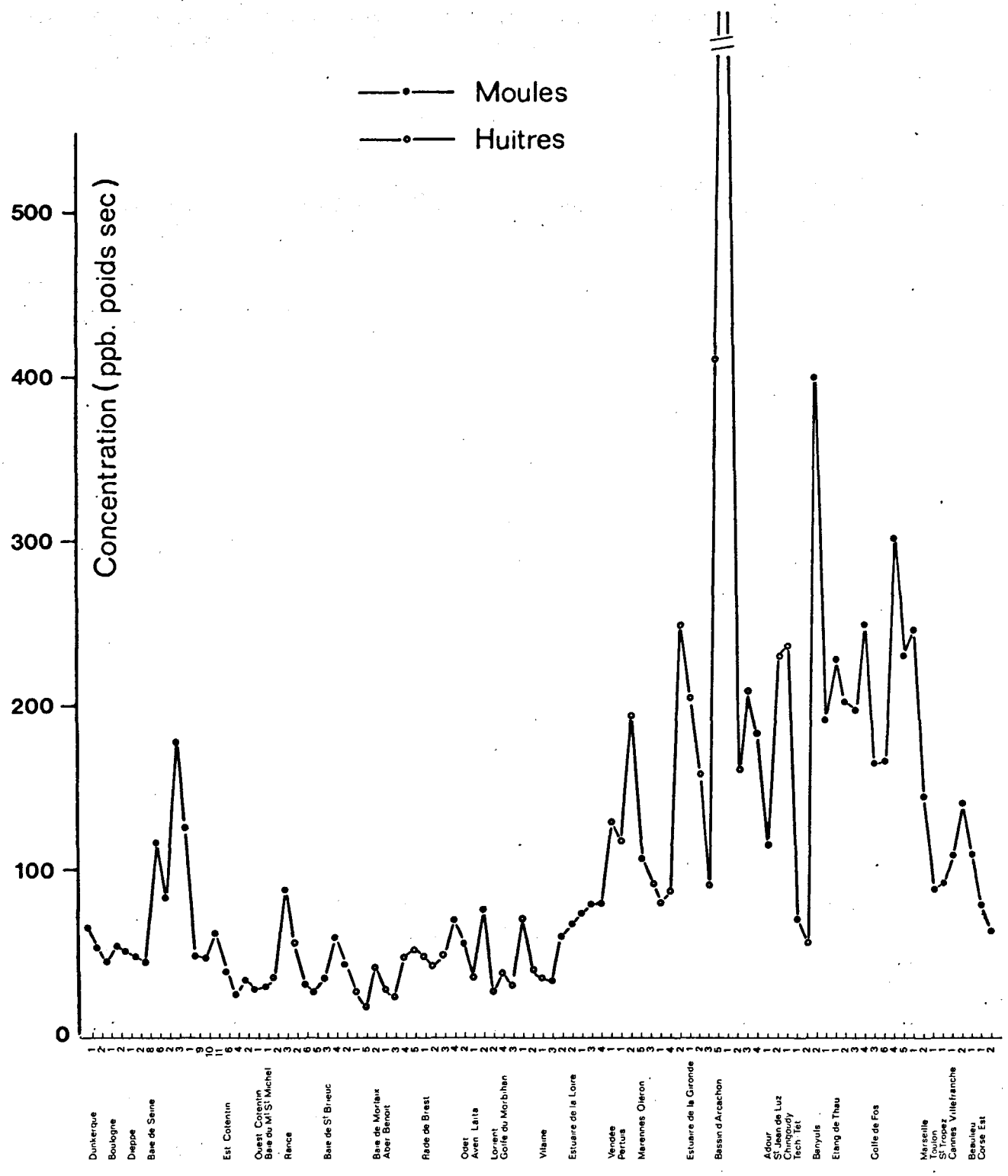


Figure 4 - Somme des DDT (DDT + DDD + DDE) dans les moules et les huîtres.

TABLEAU X : Gammes de concentrations en DDT dans les moules et les huîtres (µg / kg, poids sec).

Façade maritime		Concentrations (µg / kg)	Site de surveillance
Mer du Nord	Sites de "référence".	15-30	Cotentin, baie du Mont St-Michel, Sept Iles, Morlaix.
Manche et Bretagne sud	Pollutions chroniques faibles.	40-70	Dunkerque, Boulogne, Dieppe / Fécamp la Rance, baie de St-Brieuc, Aber-Benoît, rade de Brest, Odet, Aven / Laïta, golfe du Morbihan, la Vilaine, estuaire de la Loire.
	Pollutions chroniques significatives.	100-150	Estuaire de la Seine.
'Atlantique Sud	Niveaux de base.	100-120	Pertuis breton, bassin de Marennes-Oléron, Adour.
	Pollutions chroniques significatives.	120-140	Vendée, estuaire de la Gironde.
	Pollutions chroniques fortes.	200-140	Estuaire de Marennes, bassin d'Arcachon, St-Jean de Luz, Chingoudy.
Méditerranée	Niveaux de base.	70	Tech / Têt, Corse Est.
	Pollutions chroniques significatives.	120-140	Marseille, Toulon, Cannes / Villefranche, Beaulieu.
	Pollutions chroniques fortes.	200-300	Banyuls, étang de Thau, golfe de Fos.

TABLEAU XI : Gammes de concentrations en lindane dans les moules et les huîtres (µg / kg, poids sec).

Concentrations (µg / kg)	Mer du Nord-Manche	Méditerranée	Atlantique
1-3	Baie de St-Brieuc.		
5-10	Dunkerque, Boulogne, Dieppe, Fécamp, Mt St-Michel, la Rance, Morlaix, rade de Brest, Odet, Aven / Laïta, Golfe du Morbihan.	(5-6) étang de Thau, Marseille, St-Tropez, Cannes / Villefranche, Beaulieu, Corse, (7-10) Toulon.	
10-20	Estuaire de la Seine, estuaire de la vilaine.	Tech / Têt, golfe de Fos.	(10-12) Marennes-Oléron, (13-20) estuaire de la Gironde, bassin d'Arcachon.
20-30			Vendée, Pertuis breton, Adour, St-Jean de Luz, Chingoudy.

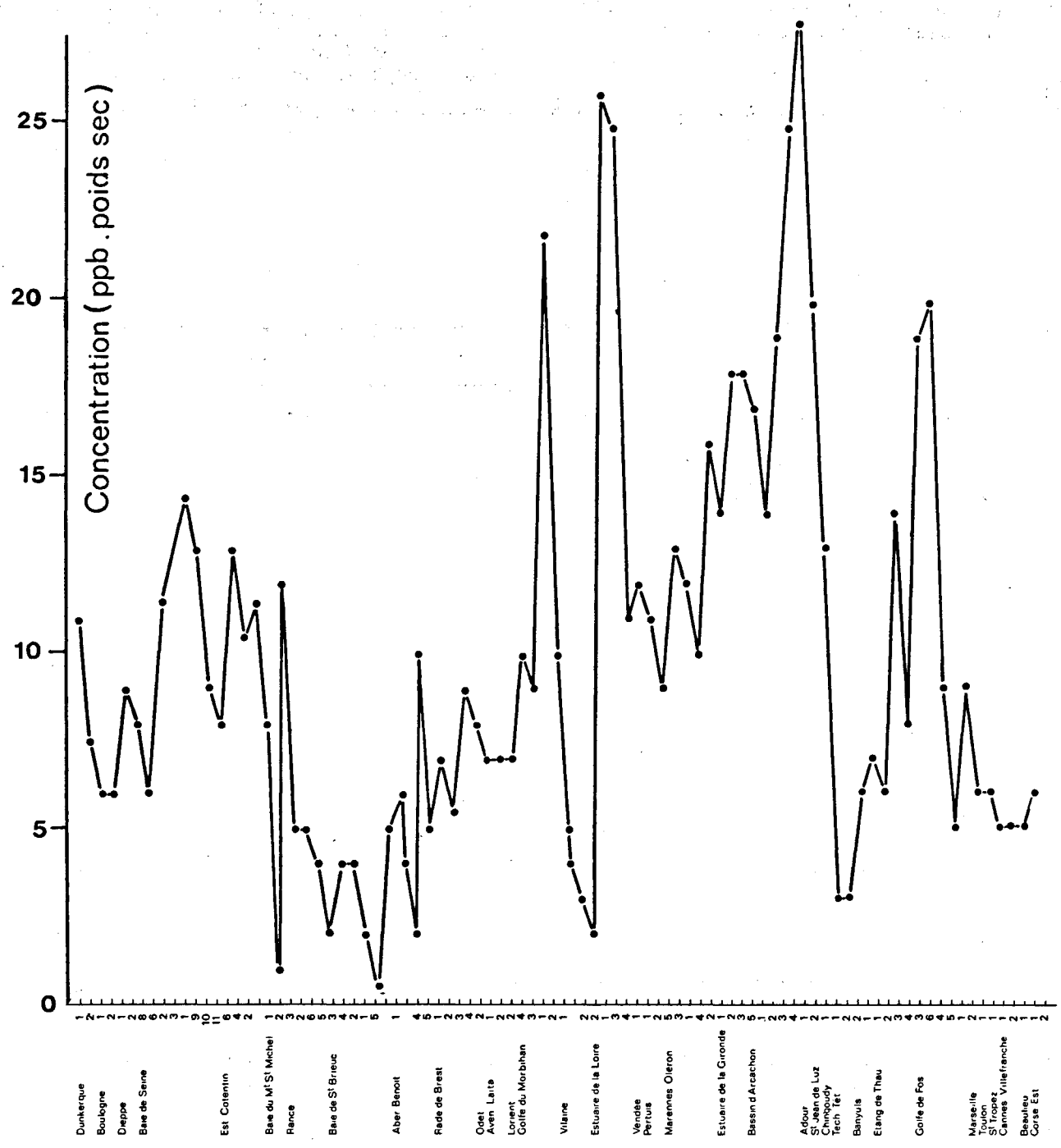


Figure 5 - Lindane dans les huîtres et les moules.

IV - TENDANCES

Nous avons cherché à mettre en évidence des tendances de la contamination en polluants organiques chez la moule et l'huître sur 28 sites de surveillance RNO durant 3 années complètes de surveillance, de 1979 à 1982 (tableau V). Une discussion plus large sur une décennie sera envisagée pour les résidus de PCB et de DDT.

1. HYDROCARBURES AROMATIQUES

En premier lieu, une augmentation générale des niveaux moyens de contamination est observée de 1979/1980 à 1980/1981, sur l'ensemble du littoral. Au vu des résultats de la troisième année, différentes tendances apparaissent selon certaines zones géographiques du littoral (fig. 6).

Plusieurs sites présentent une grande stabilité sur 3 années de surveillance : Boulogne, golfe du Morbihan, estuaire de la Vilaine, bassin d'Arcachon, Adour, étang de Thau, Marseille. Les niveaux de contamination se stabilisent au débouché de l'estuaire de la Seine de 1980 à 1982.

Sur la façade atlantique et méditerranéenne, on peut observer sur de nombreux sites une augmentation systématique sur les 3 années de surveillance, c'est le cas de la rade de Brest, l'Odet, le bassin de Marennes Oléron, l'estuaire de la Gironde, Toulon, Cannes et Beaulieu.

Des tendances plus aléatoires sont également observées pour les deuxième et troisième années de surveillance, mais dans tous les cas, les niveaux de concentrations observées de 1980 à 1982 sont significativement plus élevés que ceux mesurés en 1979/1980 : Estuaire de la Loire, St-Jean de Luz, Chingoudy et golfe de Fos.

Les concentrations d'hydrocarbures observées en Bretagne Nord illustrent la marque des pollutions accidentelles de l'"Amoco Cadiz" (1978) et du "Tanio" (1980). De la baie de St-Brieuc à la rivière de la Penzé en baie de Morlaix, la première augmentation est vraisemblablement liée à la pollution du "Tanio", suivie d'une diminution générale en 1981/1982, signe du processus d'auto-répuration des mollusques. Dans l'Aber-Benoit, site non touché par la pollution du "Tanio", mais uniquement par celle de l'"Amoco Cadiz" la tendance de 1979 à 1982 est celle d'une contamination lente mais significative.

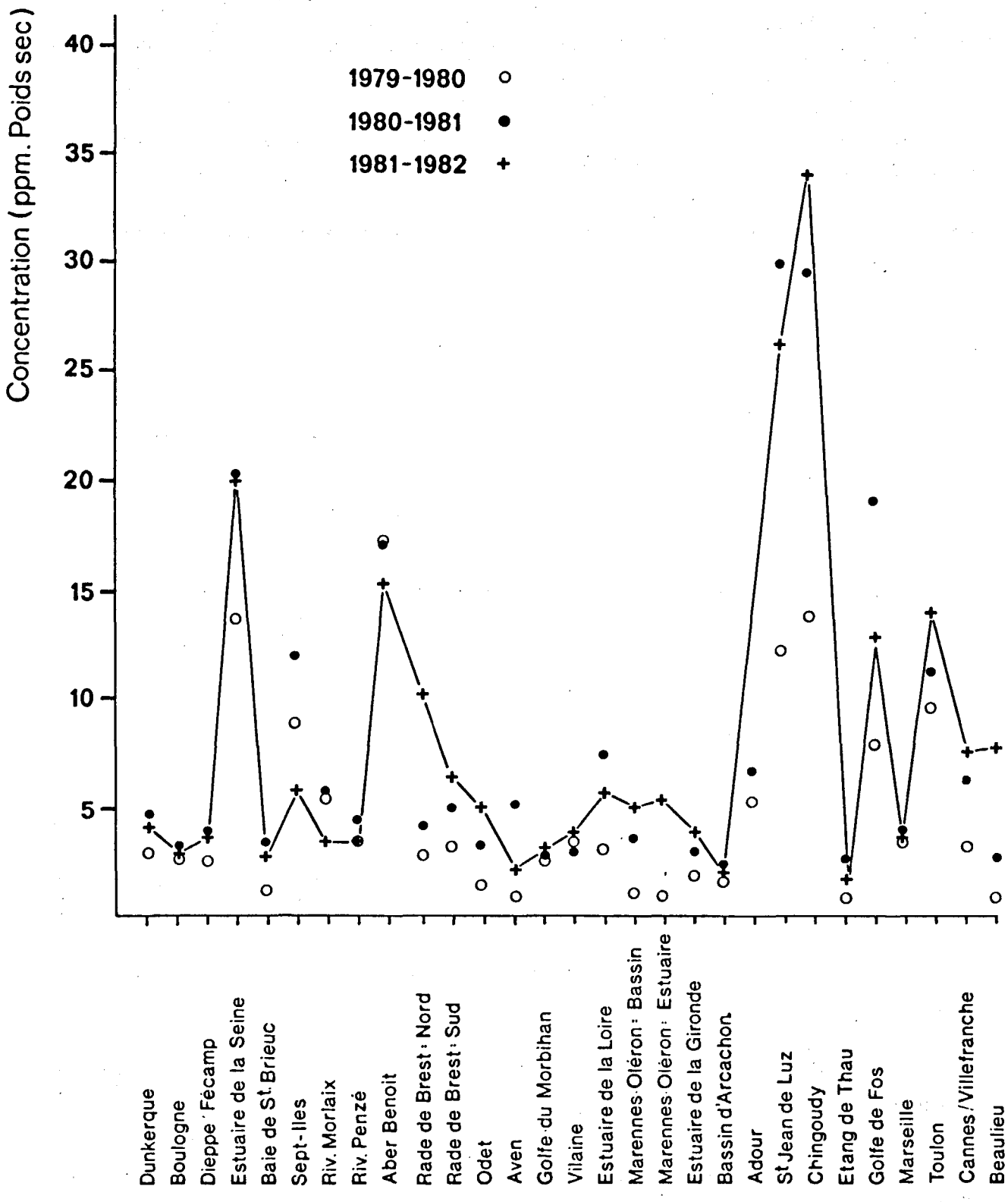


Figure 6 - Hydrocarbures dans les huîtres et les moules.

2. POLYCHLOROBIPHÉNYLES

On peut observer en premier lieu une remarquable stabilité des concentrations moyennes annuelles durant les 3 années de surveilance (fig. 7) sur des sites tels que la baie de St-Brieuc, les Sept-Iles, le golfe du Morbihan, l'estuaire de la Vilaine, le bassin de Marennes Oléron, l'estuaire de la Gironde, le bassin d'Arcachon, l'étang de Thau, Cannes/Villefranche et Beaulieu. Une telle reproductibilité tend donc à confirmer l'efficacité des mollusques comme indicateurs biologiques de la pollution du milieu aquatique. On observe par ailleurs une diminution quasi-générale des niveaux de contamination de 1980 à 1982 par rapport à la première année de surveillance 1979/1980. Nous avons cherché à mieux discerner une tendance évolutive de l'état de contamination du milieu sur une plus longue période de 6 ans, en incluant les travaux de l'ISTPM réalisés par ALZIEU *et al.* (1976). Nous avons séparé les sites présentant un état de pollution chronique faible à significatif (fig. 8) où les teneurs en PCB dans les mollusques varient de 200 à 700 μg/kg (tableau IX), des sites fortement contaminés où les concentrations sont supérieures à 700 ug/kg (fig. 9). D'une manière générale, on relève une diminution significative des niveaux de concentrations de 1976 à 1980. De 1980 à 1982, la tendance évolutive est plus aléatoire, marquée soit par une stabilisation des niveaux de concentrations, soit, pour un grand nombre de sites, par une augmentation d'une année sur l'autre. Nous avons calculé pour ces 6 années de surveillance les concentrations moyennes des PCB pour les sites faiblement à moyennement contaminés (fig. 8) et pour 4 sites fortement contaminés : Dunkerque, estuaire de la Loire, Chingoudy et Fos (nous avons volontairement exclu le cas extrême de l'estuaire de la Seine et Toulon à cause d'une variation brutale en 1979/1980). Si l'on admet que les concentrations mesurées dans les mollusques reflètent l'état de pollution du milieu aquatique, les résultats présentés dans le tableau XII tendent à démontrer que le degré de contamination du milieu a diminué d'environ 33 % dans les sites soumis à des apports polluants importants et d'environ 10 % dans les zones littorales soumises à des pollutions diffuses faibles à moyennes. Sur ces dernières zones, on observe une augmentation des niveaux de concentrations de 1980 à 1982.

TABLEAU XII : Évolution des concentrations de PCB dans les mollusques (μg/kg) (moules et huîtres) de 1976 à 1982.

	1976	1979/80	1980/81	1981/82
Sites faiblement à moyennement contaminés.	368 ± 96	344 ± 88	306 ± 91	330 ± 59
Sites fortement contaminés.	1241 ± 316	1023 ± 197	844 ± 444	823 ± 370

Les premiers travaux de PCB dans les mollusques en France ont été réalisés en méditerranée en 1972 par DE LAPPE *et al.* (1972) et de 1973 à 1974 par MARCHAND *et al.* (1976). Nous avons sélectionné quelques sites méditerranéens sur lesquels des prélèvements ont été poursuivis en 1974, 1975, 1980 et 1981 (HAX NIENCHESKI, 1982). L'évolution des niveaux de contamination des PCB dans la moule sur une décennie de 1972 à 1981 est illustrée par la figure 10. La très forte diminution d'un facteur 8 à 10, observée en 1972 à 1975 coïncide avec la mise en application des premières règlementations concernant la dispersion des PCB dans l'environnement. Les mesures effectuées en 1980 et 1981 par HAX NIENCHESKI (1982) semblent révéler une reprise de la contamination du milieu aquatique par rapport aux anneés 1974 - 1975. Cette augmentation des niveaux de concentrations de 1980 à 1981 est également relevée par les contrôles RNO effectués sur de nombreux sites de surveillance du littoral.

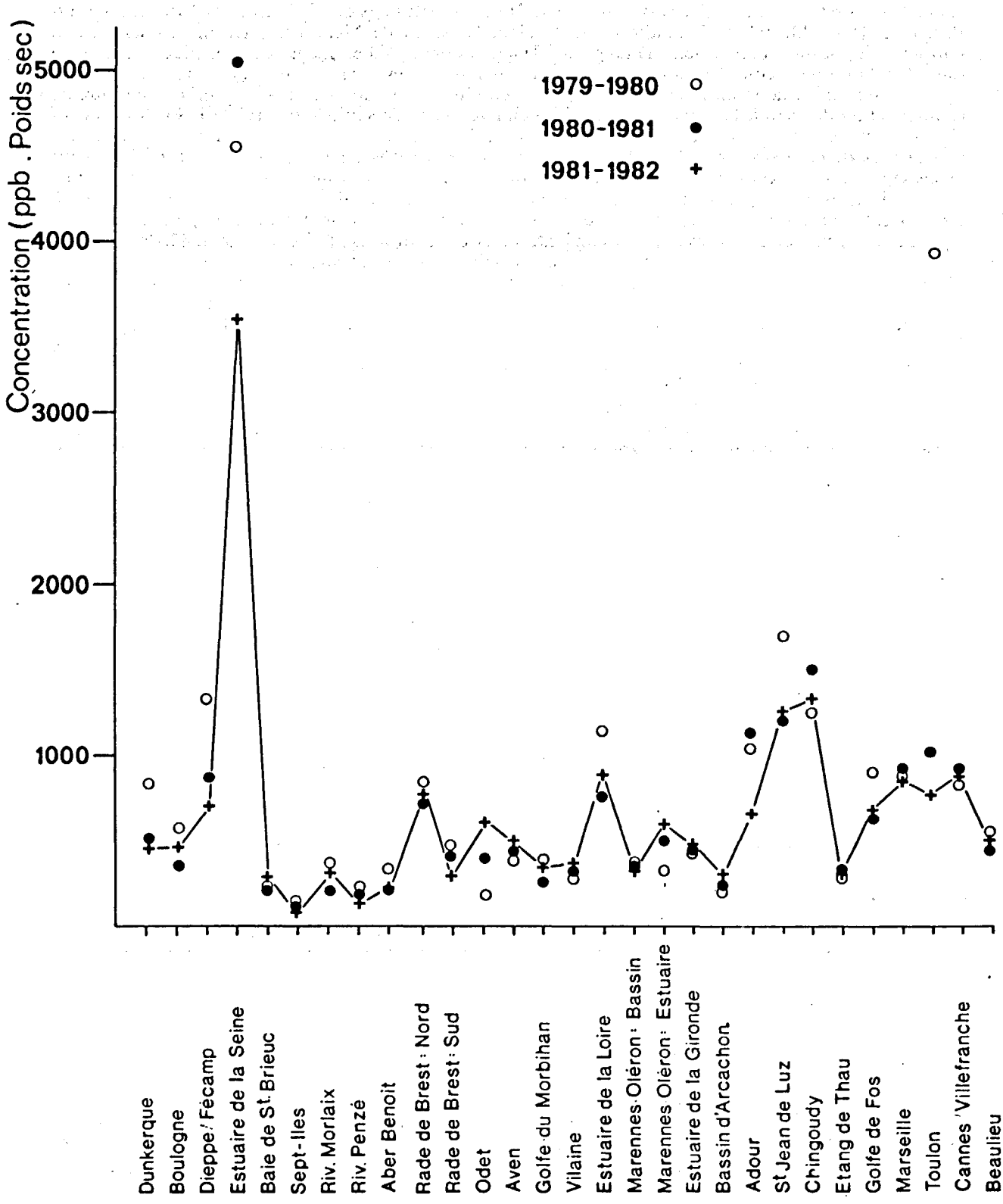


Figure 7 - PCB dans les huîtres et les moules.

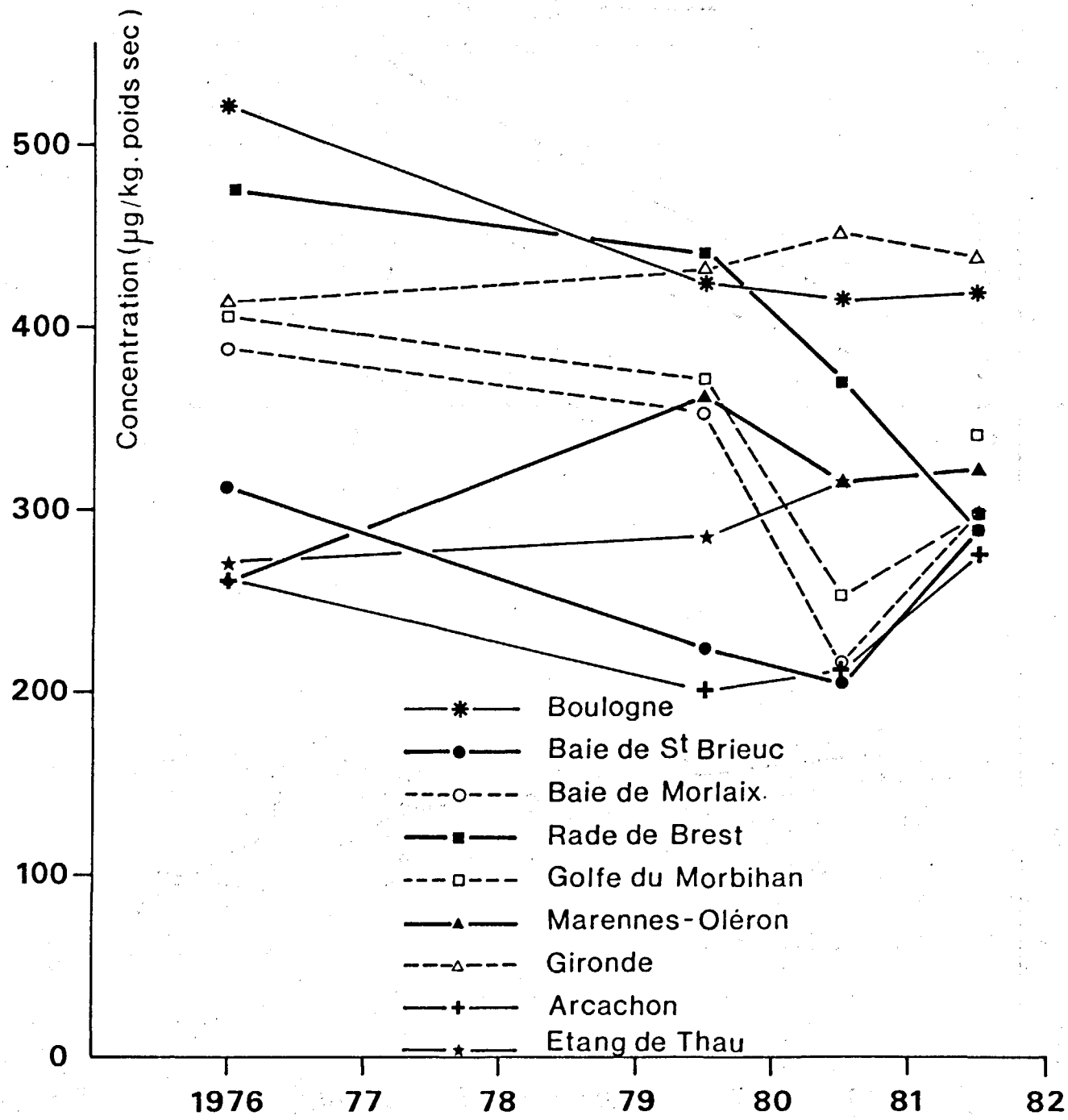


Figure 8 - PCB, sites faiblement à moyennement contaminés.

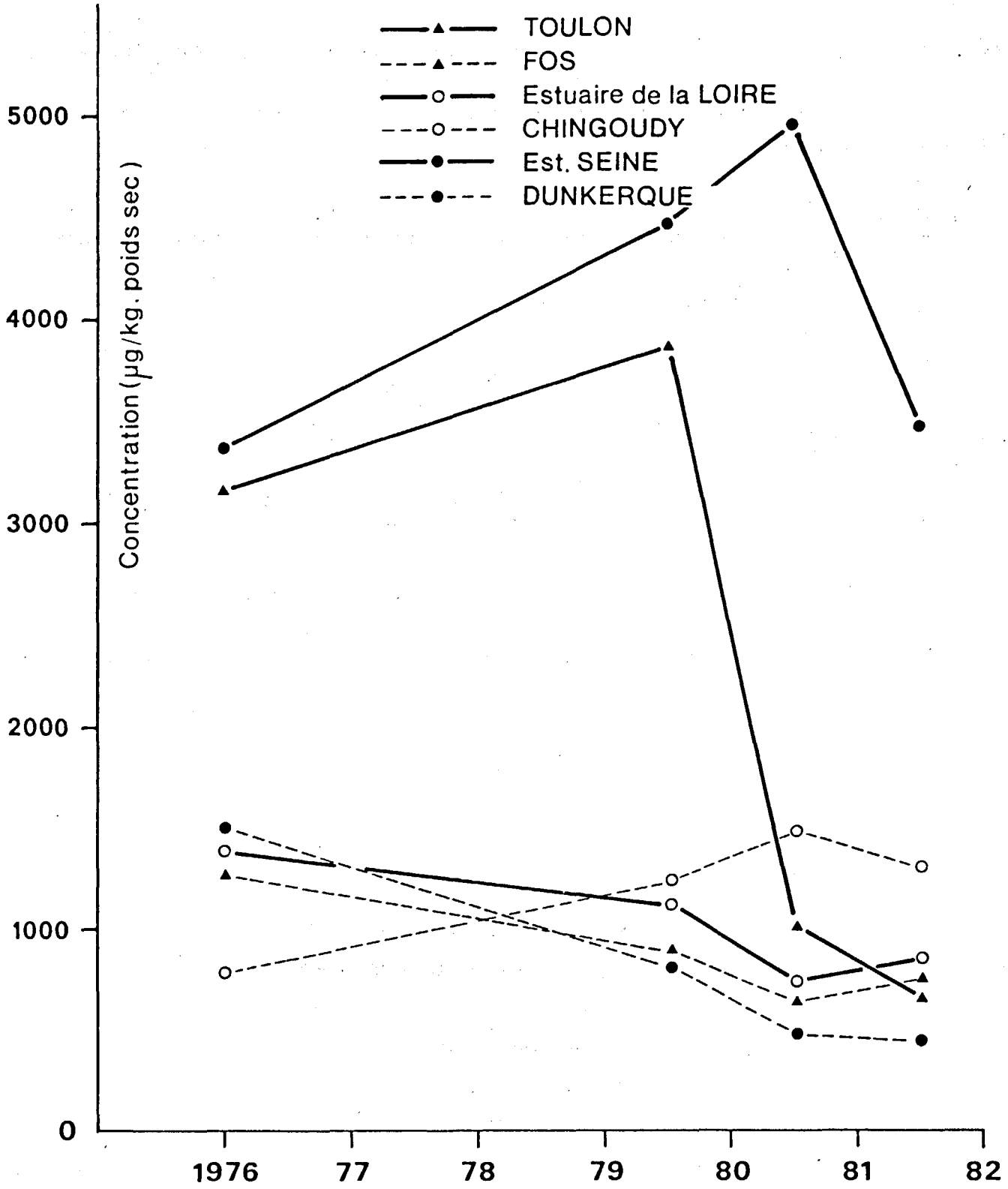


Figure 9 - PCB, sites fortement contaminés.

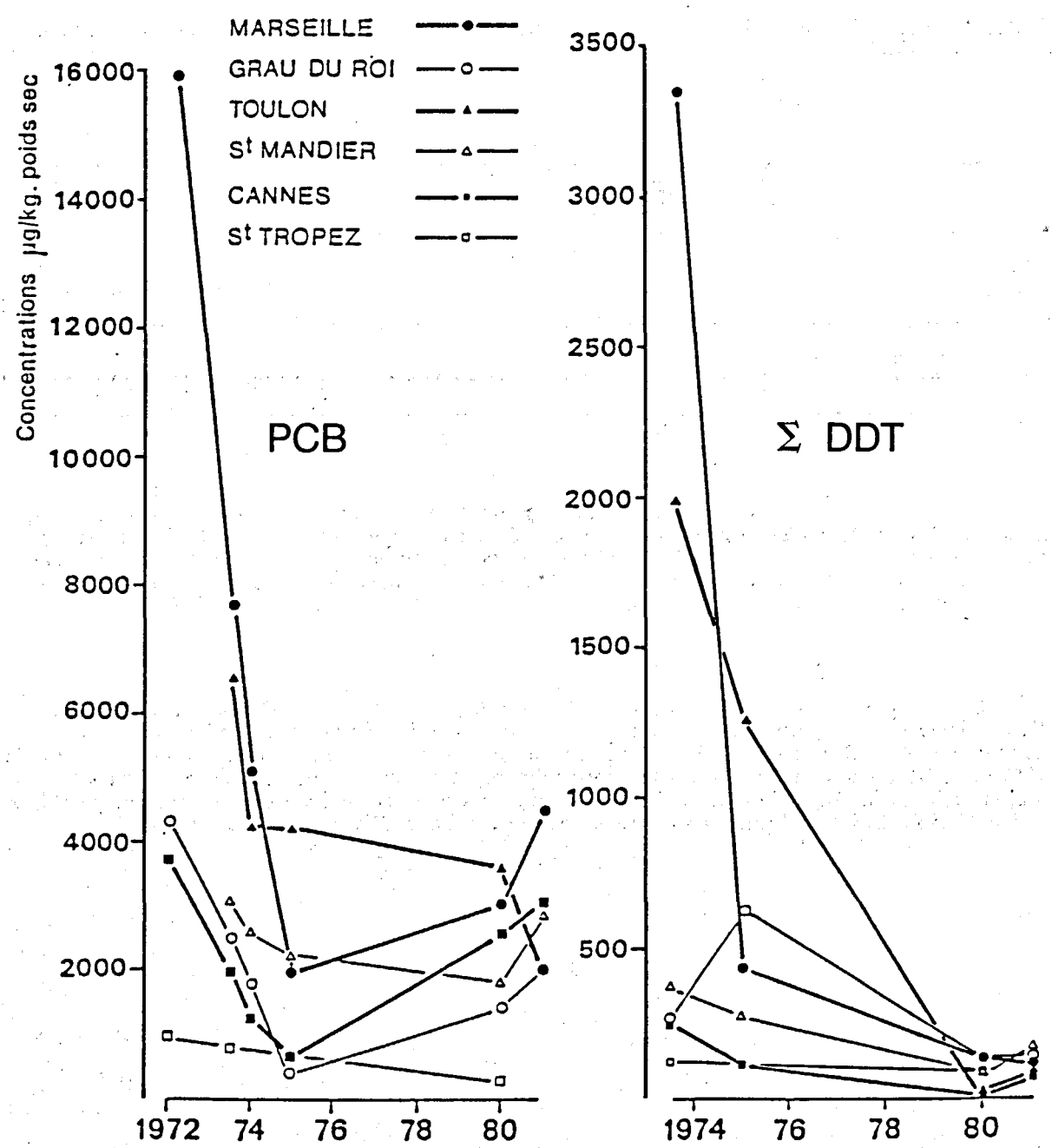


Figure 10 - PCB et somme des DDT (DDT + DDD + DDE) de différents sites.

3. COMPOSÉS DU DICHLORODIPHÉNYLTRICHLOROÉTHANE

L'évolution des concentrations du DDT dans les mollusques sur 3 années de surveillance est illustrée sur la figure 11. Mis à part les sites de la façade n° 1, de Dieppe à Dunkerque, les niveaux de concentration de 1979 à 1982 restent sensiblement les mêmes de la Manche au sud de la Bretagne. Sur la façade Atlantique Sud et en Méditerranée, les teneurs sont plus importantes, une tendance évolutive croissante est décelable sur de nombreux sites. Pour confirmer cette différence de tendance entre deux zones littorales, Manche /région Bretagne d'une part et Atlantique Sud/Méditerranée d'autre part, nous avons inclu les résultats antérieurs de l'ISTPM réalisés par ALZIEU *et al.* (1976) (fig. 12 et 13, tableau XIII).

TABLEAU XIII : Évolution des niveaux de concentrations des composés du DDT dans les mollusques (µg/kg) de 1976 à 1982.

	1976	1979/80	1980/81	1981/82
Mer du Nord - Manche région Bretagne.	99 ± 71	66 ± 31	53 ± 27	58 ± 31
Atlantique Sud/ Méditerranée.	160 ± 94	181 ± 99	168 ± 80	230 ± 153

Il semble que sur 6 ans de 1976 à 1982, une diminution de l'état de pollution du milieu aquatique par les résidus de DDT d'environ 41 % est enregistrée dans la région littorale Mer du Nord - Manche - région Bretagne, cette évolution est marquée par une stabilité autour des années 1980/1982. A l'inverse pour la zone littorale de l'Atlantique Sud et de la Méditerranée, une évolution plus aléatoire est observée orientée vers une augmentation des niveaux de contamination de l'ordre de 44 % de 1976/1982.

Comme pour les PCB, les travaux en Méditerranée de MARCHAND *et al.* (1976) et de HAX NIENCHESKI (1982) permettent sur quelques sites d'évaluer les tendances évolutives sur presque une décennie de 1973 à 1981 (fig. 10). L'effet de la règlementation interdisant l'utilisation phytosanitaire du DDT dès 1972 est discernable par les très fortes diminutions d'un facteur 10 observées sur les sites de Toulon et Marseille de 1973 à 1975. L'augmentation des niveaux de 1980 à 1981 observée par HAX NIENCHESKI (1982) confirment les observations de surveillance RNO sur cette zone littorale.

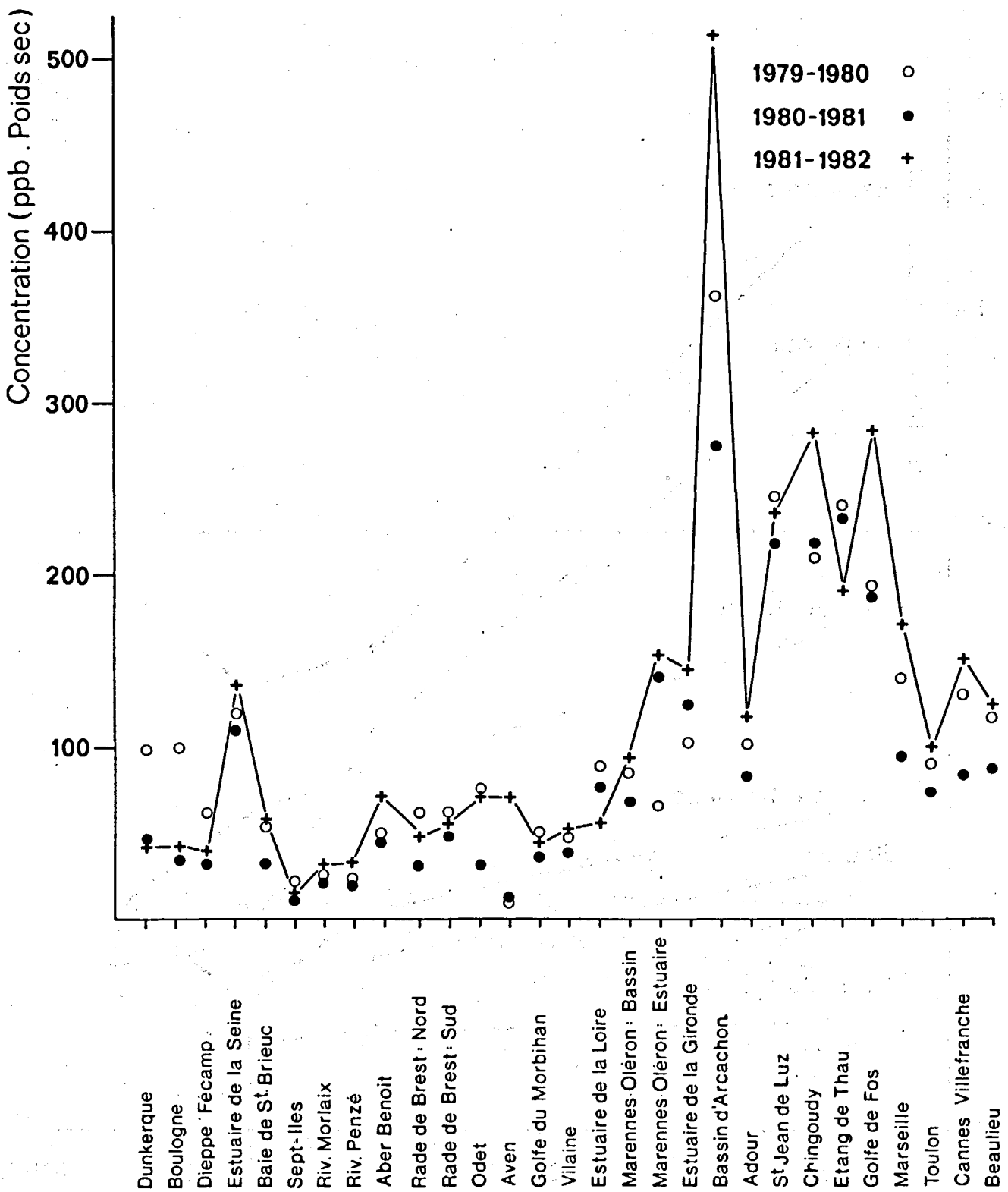


Figure 11 - Somme des DDT (DDT + DDD + DDE) dans les huîtres et les moules.

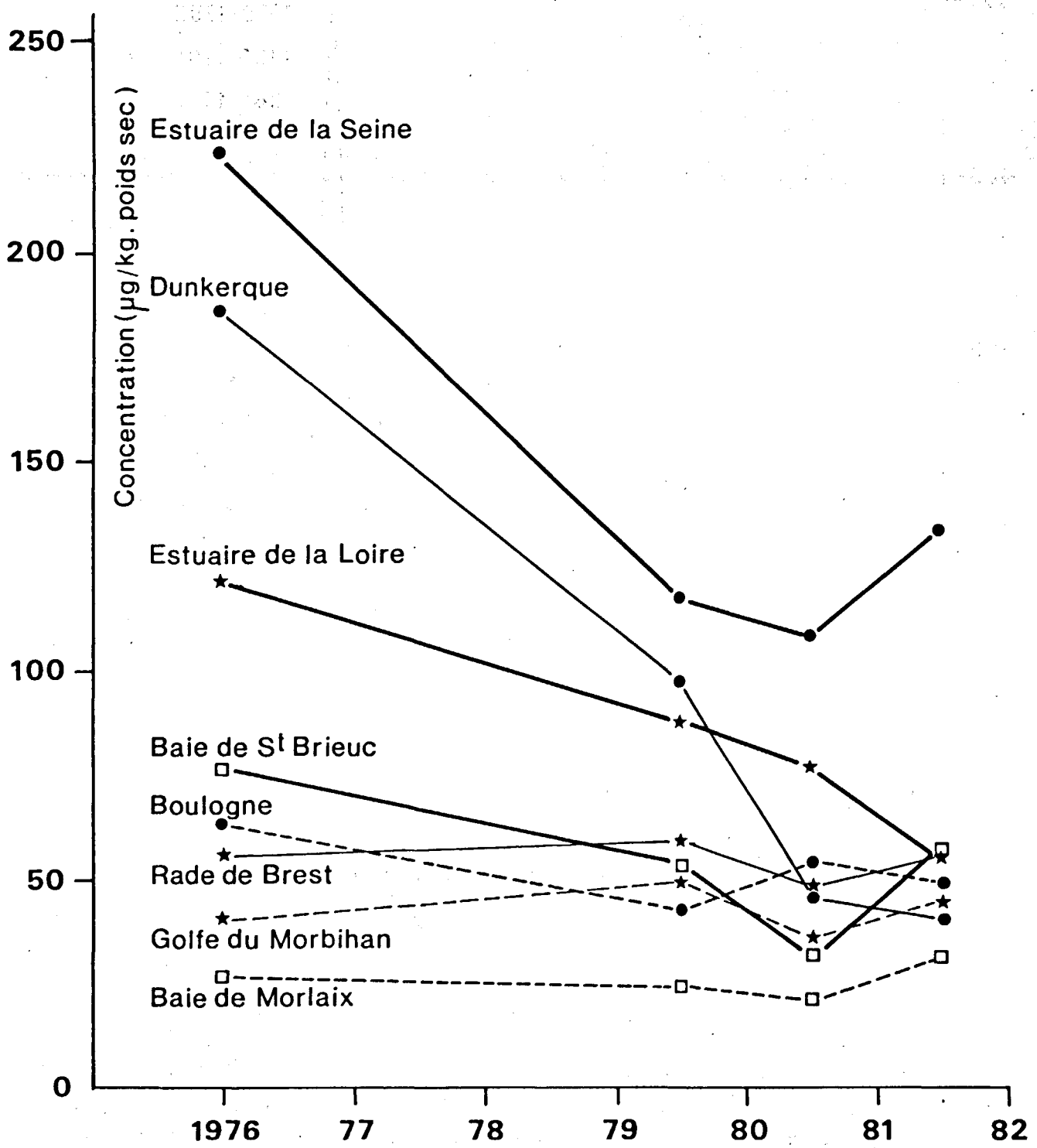


Figure 12 - Somme des DDT (DDT + DDD + DDE) en Mer du Nord, Manche et Bretagne.

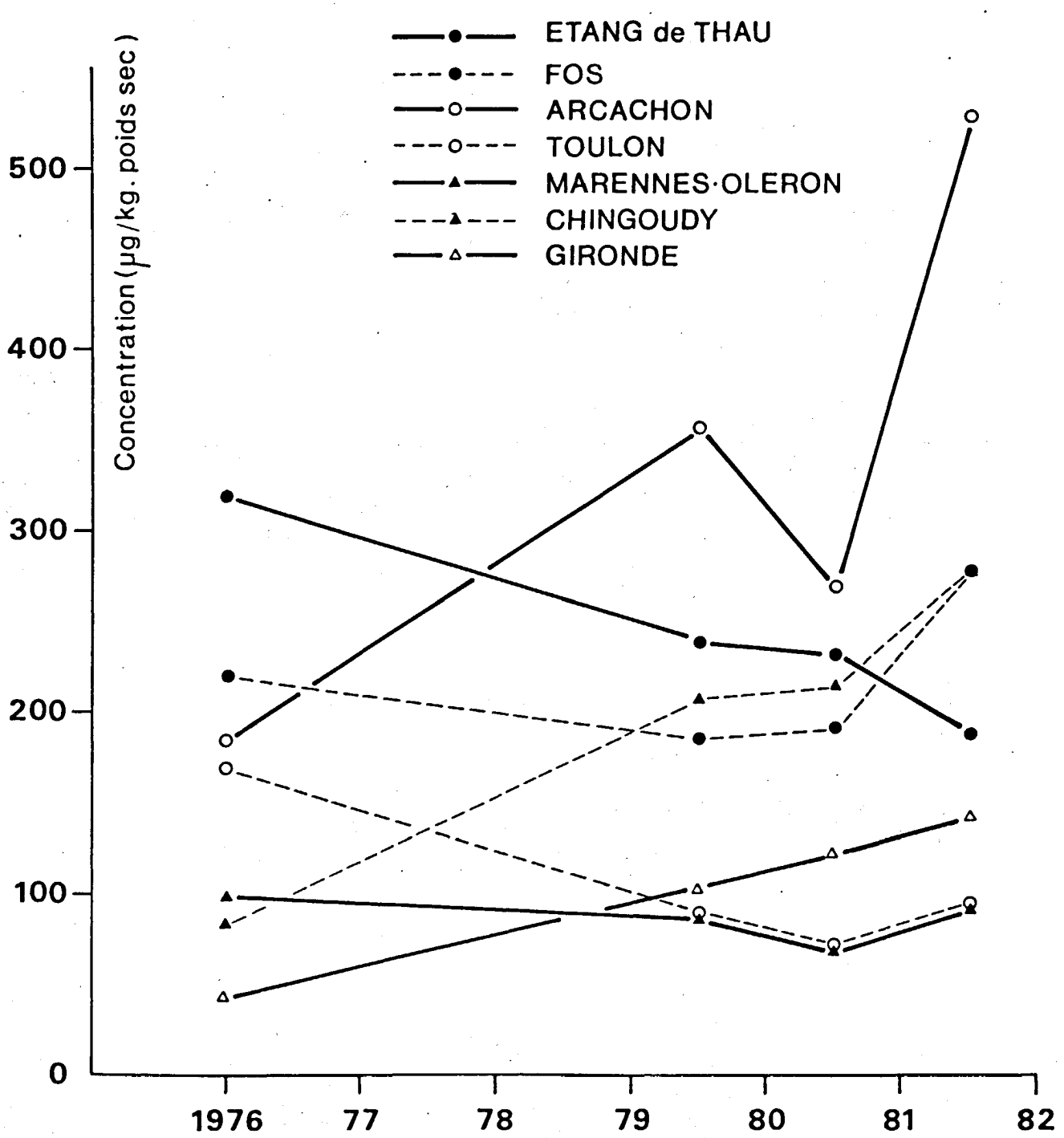


Figure 13 - Somme des DDT (DDT + DDD + DDE) en Atlantique Sud et Méditerranée.

V - RELATION MOLLUSQUES - EAU DE MER

Prenant en exemple la surveillance des PCB, nous avons vu au niveau des concentrations moyennes annuelles, calculées sur plusieurs sites, la remarquable stabilité des teneurs en PCB dans les mollusques durant 3 années de surveillance. Cette reproductibilité semble indiquer une réelle efficacité des mollusques comme indicateurs biologiques de la pollution du milieu aquatique. Nous avons cherché à relier les teneurs observées dans les mollusques à un niveau de contamination dans l'eau en adoptant un coefficient d'accumulation moyen de 80 000 (MARCHAND *et al.*, 1983) et à comparer les niveaux réellemement observés dans l'eau soit par les travaux RNO, soit par d'autres travaux scientifiques (tableau XIV). Une corrélation est obtenue entre les concentrations de PCB dans l'eau calculées et observées pour des sites faiblement à fortement contaminés (Dunkerque, Dieppe/Fécamp, estuaire de la Seine, rade de Brest, estuaire de la Loire) (fig. 14). On peut également constater que les valeurs calculées à partir des teneurs dans les mollusques sont en accord avec les estimations semi-quantitatives mesurées dans l'eau (teneurs inférieures au seuil de détectabilité). Deux conclusions peuvent être tirées de ces observations concernant les PCB. D'une part, les mollusques semblent constituer des indicateurs biologiques fiables de l'état de pollution du milieu aquatique. D'autre part, la surveillance de l'état de pollution du milieu aquatique par l'analyse directe de l'eau de mer nécessite une méthodologie analytique adaptée capable de mesurer des teneurs minimales de PCB de 5 ng/l, seuil de détectabilité traduisant un état de pollution chronique faible mais déjà significatif.

Si l'on considère à présent les résidus de DDT, en adoptant un coefficient moyen de bioaccumulation dans les mollusques de 118 000 (MARCHAND *et al.*, 1983), les niveaux observés dans les mollusques le long du littoral, de 15 à 400 μg/kg correspondent à des teneurs dans l'eau de 0,1 à 3,3 ng/l. Des concentrations aussi faibles expliquent l'absence d'identification de ces composés dans l'eau compte tenu des méthodologies analytiques utilisées pour les contrôles RNO.

TABLEAU XIV : Relations mollusques / eau de mer. Concentrations de PCB dans l'eau de mer calculées à partir des données de surveillance dans les mollusques.

	MOLLUSQUES (µg / kg)	EAU DE MER (ng / l)		
		Calculé	Observé	
Dunkerque	526 ± 253	6,6 ± 3,2	22 - 25 12 ± 11 3,7 ± 3,1	RNO MARCHAND 1983 b INTERSITE 1
Dieppe / Fécamp	420 ± 248	5,2 ± 3,1	3,4± 2,6	INTERSITE 1
Estuaire de la Seine	4 387 ± 2 801	55 ± 29	29 ± 12	INTERSITE 1
Est Cotentin	498 ± 201	6,2 ± 2,5		
Ouest Cotentin	208 ± 106	2,6 ± 1,3		
Rade de Brest	369 ± 148	4,6 ± 1,8	≤ 3.4	RNO
Golfe du Morbihan	314 ± 159	3,9 ± 2,0	< 8 (63 % des contrôles)	RNO
Estuaire de la Loire	956 ± 327	11,9 ± 4,1	11 ± 10 (50 % des contrôles)	RNO
Marennes Oléron	443 ± 142	5,5 ± 1,8	< 8	RNO
Estuaire de la Gironde	465 ± 270	5,8 ± 3,4	< 30	RNO
Bassin d'Arcachon	236 ± 117	3,0 ± 1,5	< 8 (70 % des contrôles)	RNO
Etang de Thau	299 ± 134	3,7 ± 1,7	< 8 (75 % des contrôles)	RNO
Golfe de Fos	771 ± 234	9,6 ± 2,9	< 50	RNO
Cannes / Villefranche	887 ± 685	11,0 ± 8,6	< 10	RNO

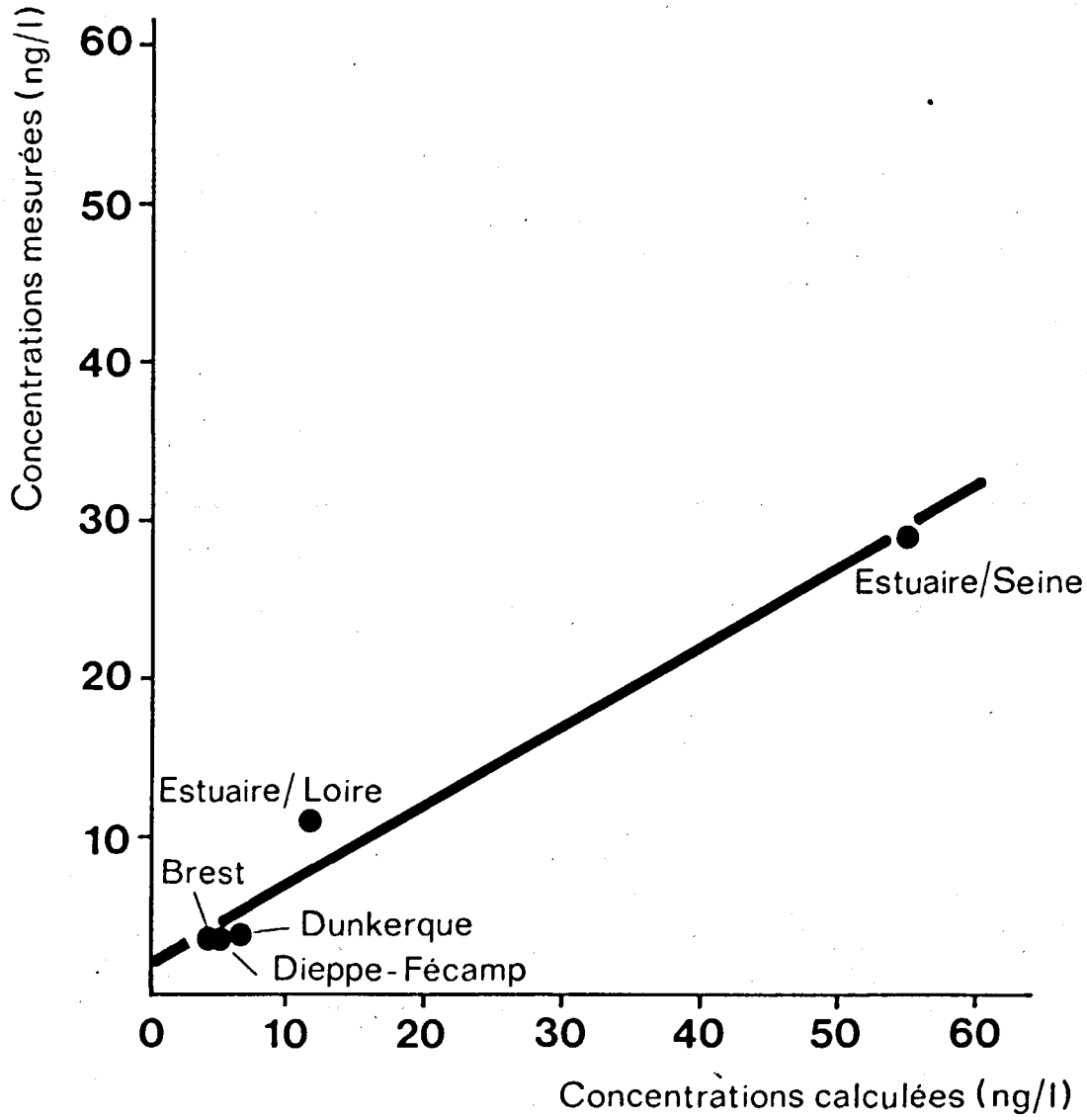


Figure 14 - PCB dans l'eau de mer.

VI - RELATION POLLUTION - DÉMOGRAPHIE EN SITES ESTUARIENS

Si nous admettons comme évident que la pollution de l'environnement résulte des activités humaines et donc sensiblement de la destiné des populations dans les pays industrialisés, il nous a semblé intéressant de chercher à vérifier ce concept en prenant les PCB comme exemple de contaminant chimique et en utilisant les données de surveillance RNO dans les mollusques des 3 grands estuaires de la Seine, la Loire et la Gironde.

La figure 9 illustre pour les sites fortement contaminés par les PCB, la situation extrême de l'estuaire de la Seine dès les premiers contrôles réalisés en 1976. A l'opposé, la Gironde apparaît comme un site moyennement contaminé où les niveaux de concentrations des PCB restent stables de 1976 à 1982. L'estuaire de la Loire occupe une situation intermédiaire (tableau XV).

TABLEAU XV: Concentrations moyennes des PCB dans les mollusques (μg/kg) des estuaires de la Seine, Loire et Gironde.

	1976	1979/80	1980/81	1981/82
Estuaire de la Gironde	414	433	452	438
Estuaire de la Loire	1 400	1 135	757	870
Estuaire de la Seine	3 380	4 488	4 971	3 493

Si nous admettons que les concentrations observées dans les mollusques reflètent une image de l'état de pollution du milieu aquatique, nous avons comparé le degré de pollution des estuaires de la Loire et de la Seine par rapport à celui de la Gironde. Par ailleurs, nous avons recencé les populations urbaines en zone estuarienne et fluviale pour chaque estuaire : Gironde (442 000 hab.), Loire (1 225 000 hab.) et Seine (3 950 000 hab.), et de la même manière nous avons évalué les rapports démographiques de la Loire et de la Seine par rapport à la Gironde. Le tableau XVI démontre la relation évidente entre le niveau de contamination du milieu marin ou côtier soumis aux apports polluants estuariens et l'importance démographique des populations riveraines. Il ressort sur l'exemple des PCB que l'estuaire de la Loire est sensiblement 2 à 3 fois plus pollué que celui de la Gironde et l'estuaire de la Seine 9 à 10 fois.

Nous avons cherché à porter plus loin le raisonnement. Les travaux de MARCHAND *et al.* (1985) évaluent un apport polluant annuel en PCB 60 à 110 kg dans l'estuaire de la Loire. Sur une telle base, nous pouvons calculer un apport polluant moyen annuel de 25 à 436 kg pour l'estuaire de la Gironde et de 235 à 430 kg pour l'estuaire de la Seine. Ceci permet d'évaluer, pour les trois grands estuaires, un transfert vers le milieu marin de 300 à 600 kg/an de PCB, correspondant à une population riveraine de 5 600 000 habitants.

TABLEAU XVI : Comparaison des niveaux de contamination en PCB et de l'importance démographique des populations riveraines sur 3 estuaires : Gironde, Loire et Seine (l'estuaire de la Gironde est pris arbitrairement comme référence).

	POLLUTION DU MILIEU AQUATIQUE					DÉMOGRAPHIE
	1976	1979-80	1980-81	1981-82	Moyenne	
Estuaire de la Gironde	1	1	1	1	1	1
Estuaire de la Loire	3,4	2,6	1,7	2,0	2,4 ± 0,7	2,7
Estuaire de la Seine	8,2	10,4	11,0	8,0	9,4 ± 1,5	8,9

Un tel calcul, aussi imprécis soit-il, donne un flux d'émission de PCB ramené par habitant dans une fourchette de 50 à 100 mg/habitant/an. En utilisant une démarche totalement différente, sur la base des concentrations en PCB observées au niveaux des eaux usées urbaines, MARCHAND (1985) estime un flux d'émission très similaire de 20 à 180 mg/hab./an. Si l'on admet qu'une telle fourchette constitue une "image" des rejets polluants, chroniques et diffus de PCB dans l'environnement, la France avec une population de 55 millions d'habitants, rejetterait une quantité de 3 à 6 tonnes/an de PCB, chiffre qui fait abstraction des rejets sauvages de types industriels ou des rejets accidentels.

VII - CONCLUSION

Sur un plan conceptuel, l'interprétation des données de surveillance RNO dans la matière vivante démontre que les mollusques lamellibranches constituent d'excellents indicateurs biologiques de la pollution du milieu aquatique. Concernant les polluants organiques (hydrocarbures aromatiques, PCB, composés du DDT) nous n'observons pas de différences significatives entre les moules et les huîtres. La reproductibilité des concentrations moyennes annuelles (à raison de prélèvements généralement trimestriels) durant 3 années de surveillance sur des sites soumis à des pollutions chroniques diffuses est remarquable et confirme l'efficacité de tels mollusques pour évaluer l'état de pollution du milieu aquatique. Cette reproductibilité démontre également la maîtrise du contrôle analytique par le laboratoire chargé de ces contrôles. Les très fortes capacités de bioaccumulation des mollusques lamellibranches vis à vis des polluants organiques permettent non seulement d'identifier certains composés non décelables dans l'eau par des techniques classiques mais également d'en évaluer les niveaux de contamination inter-sites et de suivre les tendances évolutives dans le temps. C'est le cas par exemple pour les composés du DDT qui n'étaient pas identifiés par les contrôles dans l'eau.

L'exploitation des données de surveillance dans les mollusques est riche et permet de tirer de nombreux commentaires sur l'état de pollution des zones côtières : comparaison inter-sites, mise en évidence des zones qualifiées de références, des zones soumises à des appports polluants faibles à forts, tendances évolutives dans le temps. Un tel bilan contraste avec celui extrêmement pauvre obtenu à partir des données de surveillance dans l'eau. Nous avons vu dans la première partie de ce document que l'exploitation des mesures dans l'eau se heurtait à la difficulté d'adapter les méthodologies analytiques employées aux teneurs généralement très faibles existant dans l'eau de mer (choix de la technique de mesure pour le dosage des hydrocarbures, problème du seuil de détectabilité pour l'analyse des composés organochlorés). La capacité de bioaccumulation des mollusques résoud naturellement une large part de ces difficultés analytiques, les niveaux de concentrations mesurés étant très supérieurs à ceux trouvés dans l'eau de mer. Notons toutefois qu'un tel concept n'est pas généralisable à l'ensemble des pollutants organiques. Ainsi, le lindane, insecticide chloré, soluble dans l'eau, ne présente pas un caractère lipophile marqué ; il se retrouve dans les mollusques à des niveaux de concentration faibles (1-30 $\mu g/kg$) par rapport aux PCB (80-5 000 $\mu g/kg$) et aux composés du DDT (15-300 $\mu g/kg$).

L'interprétation des données de surveillance dans les deux mollusques permet de dégager plusieurs conclusions :

— nous observons une corrélation significative entre les concentrations en hydrocarbures aromatiques et en PCB mesurées dans les mollusques. Ces deux paramètres semblent caractériser les apports polluants chroniques d'origine industrielle et urbaine. Des exceptions sont relevées, notamment sur la côte nord de la Bretagne où les fortes valeurs en hydrocarbures aromatiques totaux sont la marque des pollutions accidentelles de l'"Amoco Cadiz" et du "Tanio" ;

— les niveaux de contamination observés permettent de discerner les zones qualifiées de référence des zones côtières soumises à des pollutions chroniques faibles à fortes ;

— les sites de référence pour les hydrocarbures aromatiques totaux (1-2 mg/kg) se localisent dans l'ouest Cotentin/Baie du Mont St-Michel, le bassin d'Arcachon et en Corse Est. Les pollutions les plus fortes (> 10 mg/kg) sont relevées au débouché de l'estuaire de la Seine et au fond des baies de St-Jean de Luz et Chingoudy, dans le golfe de Fos et en rade de Toulon, et pour ce qui concerne les pollutions accidentelles ("Amoco Cadiz") dans l'Aber-Benoît ;

— les sites de références pour les PCB (80-100 μg/kg) se localisent dans la région des Sept Iles, la côte nord de la Bretagne et en Corse Est. Toutefois les valeurs observées, qualifiées de "référence" sont 4 fois supérieures aux valeurs mesurées sur les sites non pollués du littoral des Etats-Unis. Les pollutions les plus fortes (> 1 000 μg/kg) sont identifiées dans les fonds de baies de St-Jean de Luz et de Chingoudy, en rade de Toulon et surtout au débouché de l'estuaire de la Seine ;

— la distribution des niveaux de concentrations des composés du DDT est très différente de celles des hydrocarbures et des PCB et correspond à une sectorisation géographique. Les niveaux les plus bas sont de 15-30 μg/kg pour la zone Mer du Nord - Manche - région Bretagne, de 70 μg/kg pour le littoral méditerranéen et de 100 à 120 μg/kg pour la zone Atlantique sud. Les pollutions les plus fortes (> 200 μg/kg) sont mesurées pour l'Atlantique dans l'estuaire de Marennes, le bassin d'Arcachon, les fonds de baies de St-Jean de Luz et de Chingoudy et pour la Méditerranée à Banyuls, l'étang de Thau et le golfe de Fos ;

— les tendances évolutives de la contamination des zones côtières ont été évaluées sur une décennie pour les composés organochlorés : PCB et DDT. Les premières réglementations limitant ou interdisant la dispersion de ces composés dans l'environnement remontent à 1972. De 1972 à 1975, on observe sur quelques sites méditerranéens une très forte diminution des concentrations d'un facteur 8 à 10. De 1976 à 1980, la diminution persiste pour les PCB, évaluée en moyenne à 40 % dans les zones fortement contaminées, à 10 % dans les zones soumises à des pollutions diffuses faibles. Durant cette même période, on observe une diminution des teneurs en DDT dans la région Mer du Nord - Manche - région Bretagne de l'ordre de 40 %. Cette diminution n'est pas observée pour les zones côtières de l'Atlantique Sud et de la Méditerranée. De 1980 à 1982, les concentrations observées tant pour les PCB que pour les composés du DDT semblent indiquer une augmentation faible mais significative des niveaux de contamination du milieu aquatique.

Sur les façades atlantique et méditerranéenne, on peut observer sur de nombreux sites une augmentation systématique des niveaux de concentration en hydrocarbures aromatiques totaux sur trois années de surveillance de 1979 à 1982. Si des tendances plus aléatoires sont également relevées, dans tous les cas les teneurs mesurées de 1980 à 1982 sont significativement plus élevées que celles mesurées en 1979/80.

TROISIÈME PARTIE

SURVEILLANCE DANS LE SÉDIMENT

M. MARCHAND

I - INTRODUCTION

La plupart des polluants chimiques sont facilement absorbés sur les matières en suspension et ont par conséquent tendance à sédimenter. De ce fait, le sédiment de surface peut constituer un bon indicateur de pollution. Il a l'avantage d'être bien représenté dans le milieu marin côtier et estuarien. Son analyse permet généralement de bien situer les apports de pollution et de déterminer les tâches de dispersion. Mais à l'inverse de l'eau et des mollusques filtreurs, le sédiment ne peut prétendre constituer un indicateur immédiat de la pollution du milieu aquatique. Il représente un indicateur d'intégration de la pollution chimique sur plusieurs années. Son analyse ne peut permettre de suivre l'évolution de la qualité du milieu face aux apports polluants chroniques à l'échelle annuelle mais plus raisonnablement à l'échelle de la décennie. Comme pour les mollusques, le sédiment est très mal adapté comme indicateur de pollution pour les substances solubles dans l'eau (ex. le lindane) qui ne manifestent aucune tendance à se fixer sur le matériel particulaire. L'exploitation des résultats obtenus peut être également limitée par la variabilité des sédiments prélevés en zones littorales, notamment au plan granulométrique (vase, sable, sédiment grossier) et à une méconnaissance de la dynamique sédimentaire d'un site donné qui définit les aires de sédimentation préférentielle en milieu marin côtier ou estuarien.

Il est admis que la plupart des polluants chimiques se retrouvent plutôt sur les particules les plus fines. Pour tenter de "normaliser" les contrôles de surveillance, sans adopter d'hypothèses trop contraignantes sur la nature du sédiment, il existe un consensus général pour préconiser l'analyse de la fraction granulométrique inférieures à 63 mm (argiles et silts) pour l'analyse des métaux lourds. Pour ce qui concerne les polluants organiques (hydrocarbures, organochlorés), les connaissances actuelles n'ont pas permis de définir une option restrictive admise par la communauté scientifique. Le contrôle porte donc sur le sédiment total. Toutefois des tentatives de "normalisation" ont été tentées. Ainsi pour les hydrocarbures, MARCHAND et ROUCACHE (1981) adoptent comme critère de pollution par les hydrocarbures pétroliers un rapport hydrocarbure (ppm)/carbone organique (%) supérieur à 50. Ce rapport HC/CO permet d'une part d'évaluer la présence d'hydrocarbures exogènes sur un fond d'hydrocarbures biogènes présent naturellemnt dans le sédiment, d'autre part, de faire abstraction de la nature du sédiment par le fait que la teneur en carbone organique est généralement corrélée à la granulométrie des sédiments.

La surveillance RNO dans le sédiment s'est exercée sur une quarantaine de sites du littoral où les apports au milieu marin peuvent être considérés comme notables, principalement les estuaires de fleuves dont le débit moyen annuel dépasse 20 m^3/s (JOANNY, 1984). Les contrôles ont réellement commencé en 1978. Compte tenu des remarques précédentes, les résultats obtenus ne peuvent constituer dans l'état actuel des choses, un programme de surveillance pour suivre à court terme l'évolution de la qualité du milieu marin. Ils apportent par contre des informations de base sur l'état de pollution du milieu sédimentaire côtier, généralement complémentaires de celles recueillies dans l'eau et les organismes marins. Cette information est utile.

En effet, la contamination du sédiment peut constituer une source secondaire de pollution pour les organismes benthiques et pour le milieu en général par la remise en suspension du matériel sédimentaire durant les tempêtes et les périodes de crues en zones estuariennes.

Le document tente de dégager quelques évaluations sur l'intérêt du contrôle des polluants organiques dans les sédiments, articulés sur les points suivants :

— méthodologie, intercalibration,

— échelles des concentrations rencontrées sur les différents secteurs du littoral,

— reproductibilité du contrôle dans le temps.

II - MÉTHODOLOGIE - INTERCALIBRATION

La quantité de sédiment nécessaire pour une analyse de polluants organiques se situe généralement entre 10 et 100 g. Les contrôles sont effectués sur la fraction totale ou sur le sédiment débarrassé de ses plus gros débris supérieurs à 1 mm.

1. HYDROCARBURES TOTAUX

Un exercice d'intercalibration organisé au niveau national (DUCREUX et BODENNEC, 1985) permet de comparer 3 techniques de mesure des hydrocarbures totaux dans les sédiments ; spectrométrie IR, spectrofluorescence UV et microgravimétrie. Il ressort des résultats reportés, selon un protocole analytique préalablement imposé aux laboratoires participants, que la spectrométrie IR est bien adaptée au dosage des hydrocarbures totaux dans les sédiments pour des gammes de concentrations telles que celles rencontrées dans cet exercice (niveau de 100 à 1 000 ppm). En comparaison les auteurs observent une plus grande dispersion des résultats obtenus par spectrofluorescence UV, notamment pour l'échantillon le plus contaminé. Les résultats obtenus par microgravimétrie présentent une bonne cohérence et une dispersion inférieure aux deux autres techniques analytiques. Toutefois, la microgravimétrie reste une technique limitée pour le dosage de faibles teneurs en hydrocarbures (< 100 ppm). Il ressort de ce travail une conclusion intéressante à savoir que les 3 techniques utilisées pour le dosage des hydrocarbures totaux dans les sédiments : la microgravimétrie et deux méthodes spectrales (spectrométrie IR et spectrofluorescence UV) conduisent à des résultats très cohérents lorsque la phase de purification des extraits est parfaitement conduite (tableau I).

2. ORGANOCHLORÉS

A notre connaissance, trois exercices d'intercalibrations ont été réalisés sur des sédiments marins naturels contaminés par les résidus de composés organochlorés, au niveau international (AGENCE INTERNATIONALE POUR L'ÉNERGIE ATOMIQUE, 1976), aux Etats-Unis (PAVLOU et HOM, 1976) et en France (MARCHAND, 1980).

Les tendances reflétées à l'issue ce ces trois excercices sont présentées dans le tableau II.

TABLEAU I : Comparaison des teneurs moyennes exprimées en hydrocarbures totaux dans deux sédiments d'intercalibration, déterminées par 3 techniques analytiques différentes.

Technique analytique	Déterminations	Hydrocarbures totaux (mg/kg)	
		Echantillon A	Echantillon B
Spectrométrie I.R.	Nombre de résultats	32	32
	Nombre de valeurs exclues *	0	2
	$\overline{m} \pm s$	290 ± 130	1700 ± 420
	Coefficient de variation (% CV)	44	25
Spectrofluorescence UV	Nombre de résultats	14	14
	Nombre de valeurs exclues	1	1
	$\overline{m} \pm s$	300 ± 160	2040 ± 1530
	(% CV)	54	75
Microgravimétrie	Nombre de résultats	5	5
	Nombre de valeurs exclues *	1	1
	$\overline{m} \pm s$	547 ± 109	2414 ± 171
	(% CV)	20	7

(*) Valeurs exclues par le test de CHAUVENET.

TABLEAU II : Comparaison des exercices d'intercalibration pour la mesure des organochlorés dans les sédiments.

	LINDANE	DDT	DDD	DDE	PCB
AIEA 1975					
Tous laboratoires					
$\overline{m} \pm s$	54 ± 120	28 ± 44	16 ± 30	9,5 ± 19	210 ± 70
% CV	220	160	190	200	33
Après test d'exclusion					
$\overline{m} \pm s$	0,9 ± 0,2	13 ± 6,3	8,8 ± 2	3 ± 1,4	210 ± 70
% CV	22	48	23	47	33
Laboratoires sélectionnés					
$\overline{m}$	0,7	13 ± 5,3	7± 4	2,7 ± 0,7	180 ± 39
% CV		41	57	26	22
U.S.A. 1975					
Tous laboratoires					
$\overline{m} \pm s$		20,3 ± 17,9			612 ± 134
% CV		88			22
CNEXO 1980					
Tous laboratoires					
$\overline{m} \pm s$	3,7 ± 4,2	12,2 ± 13,2			156 ± 59
% CV	113	108			38
Sept laboratoires sélectionnés					
$\overline{m}$	3,5 ± 1,5	8,1 ± 5,0			145 ± 37
% CV	43	62			25

Résultats en ng/g ; $\overline{m} \pm s$ = moyenne ± écart-type ; % CV= coefficient de variation
Test d'exclusion : test de CHAUVENET.

Si l'on tient compte de l'ensemble des résultats reportés au cours de ces trois exercices d'intercalibration, la plus faible dispersion par rapport à la moyenne (considérée comme "valeur probable") concerne les PCB (22 - 38 %) en comparaison de la variabilité des résultats de lindane et des composés du DDT (100-200 %). Par contre, si l'on opère un test statistique d'exclusion des résultats non significatifs (test de CHAUVENET), ou si l'on ne considère que les résultats de laboratoires sélectionnés pour leur compétence reconnue, la variabilité de l'analyse résiduelle pour le lindane, les composés du DDT et les PCB est comprise sensiblement entre 20 et 60 %. Ces données sont dans leur ensemble satisfaisantes, dans le sens où une intercomparaison des résultats d'analyses des résidus organochlorés dans les sédiments, notamment pour les PCB, obtenus par des laboratoires différents est possible.

III - POLLUANTS ORGANIQUES DANS LES SÉDIMENTS

Le tableau III donne les gammes de concentrations des organochlorés (lindane, DDT et PCB) et des hydrocarbures totaux observées dans les sédiments prélevés le long du littoral. Ces valeurs varient selon les polluants organiques identifiés : lindane (< 0,1 à 20 ppb), DDT (< 0,1 à 1 500 ppb), PCB (< 0,5 à 15 000 ppb), hydrocarbures totaux (< 10 à 10 000 ppm). A l'exception du lindane, les concentrations mesurées dans les sédiments témoignent de la contamination plus ou moins importante du milieu marin côtier.

En situation extrêmes, relevons trois cas significatifs. Un rejet accidentel de PCB à partir d'une installation industrielle contamine les sédiments amont de la baie d'Escambia (USA) à des teneurs de 483 000 ppb (DUKE *et al.* 1970). Les fonds marins face à Los Angeles, soumis durant 20 ans aux rejets d'une usine productrice de DDT, sont contaminés jusqu'à des taux de 190 000 ppb en composés du DDT (YOUNG *et al.* 1977). Les hydrocarbures de l'"Amoco Cadiz" piégés dans les vasières de l'Aber-Benoît sont mesurés à des concentrations supérieures à 10 000 ppm (MARCHAND et CAPRAIS, 1981).

Le contrôle dans les sédiments le long du littoral ne fait pas apparaître de telles situations, seule exception toufefois, la zone de l'émissaire de Cortiou qui rejette sans traitement les rejets urbains de la ville de Marseille.

Très schématiquement on peut relever quelques faits marquants :

1. LINDANE

Le lindane est un composé relativement soluble dans l'eau (environ 10 mg/l) et ne manifeste aucune tendance à s'absorber sur le matériel particulaire. Son coefficient de partage entre les matières en suspension et l'eau est faible (environ 100) comparé à celui du DDT ou des PCB (environ 50 000). Il n'est donc pas étonnant que ce composé soit peu représenté dans le sédiment, les concentrations observées restent généralement inférieures à 2 ppb. Le sédiment, comme les mollusques, constitue donc un témoin médiocre de la présence ou de l'absence du lindane dans l'environnement aquatique. Compte tenu de ses propriétés physico-chimique, son contrôle doit être réalisé au niveau de l'eau.

TABLEAU III : Polluants organiques dans les sédiments marins côtiers.

		LINDANE (ng/g)	Σ DDT (ng/g)	PCB(ng/g)	HC (μg/g)
DUNKERQUE (1979-1981)					
Port	4	0,2-5,1(3,3 ± 2,1)	< 5	81-1081(400 ± 469)	390-2100(1272 ± 700)
Bande côtière (1979)	6	< 0,1	< 0,1	15-325(134 ± 134)	
Bande côtière (1980)	8	0,2-1,2(0,5 ±0,4)	< 2	10-350(106 ± 10)	
"Large"	3	< 0,1	< 1	< 1-10	
BAIE DE SOMME (1979)					
Canal	1	6	27	84	3485
Baie	4	0,1-0,2	< 0,1-1,5(0,7 ± 0,7)	5-14(10 ±4)	70-159
BAIE DE SEINE (1978-1979)					
Estuaire (1978)	9	0,1-12,1 (4,3 ± 5,6)	< 0,1	3,7-14,5 (10 ± 4)	
Estuaire (1979)	9	0,1-0,6 (0,2, ± 0,2)	< 0,1-0,4	4-26 (15 ± 8)	
Canal de l'Orne	6	< 0,5-1,5 (1,1 ± 0,5)	< 1-12 (5 ± 5)	10-30 (20 ± 7)	
Baie des Veys	4	0,5-1,0 (0,7 ± 0,3)	< 1-4,5 (2 ± 2)	< 10-35 (14 ± 14)	
Baie de Seine	5	0,1-1,3 (1,1 ± 1,0)	< 0,1	< 09-3,8 (2,5 ± 1)	
LA RANCE (1982)	5	< 1-2 (1,2 ± 0,7)	< 1	4-26 (11 ± 8)	
ST-BRIEUC (1979-1980)					
Fond de baie	4	< 0,1	< 1	5-10 (6 ± 3)	
Baie	18	< 0,5	< 1	< 0,5	
BAIE DE LANNION (1978)	4	< 0,1	< 0,1	< 0,5-0,7	
BAIE DE MORLAIX (1978)	4	< 0,2-0,2	< 0,1-0,4	< 0,5-11	
ABER WRAC'H (1982)	1	2	< 1	16	
RADE DE BREST (1981)					
Port	2	< 0,5	< 1-3	180-425 (302 ± 173)	304-1226 (764 ± 651)
Zone Nord	3	0,1-1,2 (0,6 ± 0,5)	< 1-1,5	46-69 (57 ± 11)	139-461 (278 ± 165)
Zone Sud Est	5	0,4-2,8 (0,9 ± 1,0)	< 1	10-29 (17 ± 8)	31-107 (89 ± 50)
Zone extérieure	2		< 0,1	(0,4 ± 0,5)	
ODET (1980)					
Amont	2	< 1	< 1-4	147-168(157 ± 15)	1425-1549 (1487 ± 88)
Aval	3	< 1	< 1	30-55 (39 ± 14)	295-1405 (685 ± 623)
AVEN (1980)	2	< 1	< 1-5	7-63	27-1290
BELON (1980)	1	< 1	< 1	< 30	365
LAITA (1980)	2	<‹ 1	<‹ 1	48-258	165-1210
RADE DE LORIENT (1980)	6	< 1	< 1-3	61-315 (159 ± 116)	609-2862 (1381 ± 895)
GOLFE DU MORBIHAN (1981)					
Rivière d'Auray	2	< 0,5	< 1	18-42 (30 ± 17)	40-72 (56 ± 23)
Golfe	14	< 0,5-2,0	< 1	< 1-33 (7 ± 9)	1-75 (23 ± 23)
ESTUAIRE DE LA LOIRE (1981)					
Amont	5	0,1-1,6 (0,7 ± 0,6)	< 1	35-110 (51 ± 34)	185-238 (217 ± 24)
Aval	5	< 0,1-0,4 (0,2 ± 0,1)	< 1	< 1 (1 max : 23)	< 1 (1 max : 98)
PERTUIS BRETON (1980)	2	< 0,2-1,0	1,5-3,0	< 5	
MARENNES OLÉRON (1980)	5	< 0,4-2,0	< 1-13	< 5-55	< 10-22

TABLEAU III (suite)

		LINDANE (ng/g)	Σ DDT (ng/g)	PCB(ng/g)	HC (μg/g)
ESTUAIRE DE LA GIRONDE (1981)	8	0,6-2,0	< 1	< 5-30	< 10-22
BASSIN D'ARCACHON (1981)	8	< 0,2-13,0	< 2-110 (1 max : 1070)	< 5-48	< 10-359
ADOUR (1980)	2	< 0,2-0,4	< 2	5-350	
St-JEAN DE LUZ (1980)	1	20	27	190	
CHINGOUDY (1980)	2	< 0,2	< 2	< 5-100	
TECH/TET/ARGLY (1980)	3	0,1-0,4 (0,3 ± 0,2)	< 2-9		
AUDE/ORB/HERAULT(1980)	3	0,5-2,5 (1,5 ± 1,0)	6-53		
PETIT RHONE (1980)	10		0,2-0,9 (0,4 ± 0,2)	4-13 (7 ± 3)	
GOLFE DE FOS (1978)					
Rhône	1	3,9	3,8	128	370
Canal de la Durance	2	1,4-2,9 (2 ± 1)	3-13 (7 ± 7)	37-39 (38 ± 3)	150-510 (330 ± 250)
Port de Martigues	1	< 1	216	247	3680
Golfe	14	< 1-10 (3 ± 3)	< 1-35 (10 ± 9)	4-124 (49 ± 8)	70-930 (320 ± 270)
BAIE DE MARSEILLE					
Avant port	1	3,5	1335	750	
Amont	2	3,3-4,3 (3,8 ± 0,7)	21-26 (23 ± 4)	149-166 (157 ± 12)	
Aval	3	0,9-3,6 (2,2 ± 1,0)	4-8 (6 ± 2)	37-10 (54 ± 13)	
MARSEILLE-CORTIOU (*)					
Zone de l'émissaire	3		124-207, max : 1585 (144 ± 40)	13000-15000 (14000 ± 1135)	9220-11400 (10570 ± 960)
Champ moyen	10		11-94 (37 ± 25)	300-1700 (850 ± 490)	540-4800 (1440 ± 1360)
Champ éloigné	20		2-20 (10 ± 5)	20-140 (87 ± 60)	80< 350 (210 ± 70)

(*) ARNOUX *et al.* (1980)

2. COMPOSÉS DU DICHLORODIPHÉNYLTRICHLOROÉTHANE

Nous avions observé par l'analyse des mollusques filtreurs que la contamination par les composés du DDT se localisaient essentiellement en Atlantique, au sud de la Loire et en Méditerranée. L'analyse du sédiment confirme cette conclusion. Les composés du DDT ne sont généralement plus identifiés dans les sédiments (< 1 ppb) prélevés sur les côtes de la Manche et de la région de Bretagne. Des teneurs significatives sont observées sur les autres sites de l'Atlantique et de la Méditerranée, notamment dans l'étang de Thau (6 - 53 ppb), le golfe de Fos (1 - 200 ppb), le bassin d'Arcachon (de 2 à 110 ppb avec un maxima de 1 070 ppb), la baie de Marseille (4 - 1 335 ppb) et surtout au débouché immédiat de l'émissaire de Cortiou (100 à 1 585 ppb).

3. POLYCHLOROBIPHÉNYLES

Les PCB sont plus largement dispersés et leur présence dans les sédiments témoignent d'apports toujours existants vers le milieu marin. La forte absorption de ces composés sur les matières en suspension et les processus de dynamique sédimentaire en zone côtière sont les facteurs dominants de leur tache de dispersion. La figure 1 illustre pour l'ensemble des sites contrôlés les gradients de concentrations très marqués au débouché des rivières (Morlaix, Odet, Aven...) des estuaires (Loire, Seine), dans les zones semi-fermées (rade de Brest, baie de Marseille, golfe de Fos) et dans le champ des rejets urbains (Cortiou). Une étude plus extensive réalisée sur la rade de Brest (MARCHAND *et al.*, 1983) montre bien que les sédiments analysés reflètent à la fois les sources d'apports polluants et les zones de dispersion de ces contaminants (fig. 2,3 et 4). Les plus fortes concentrations de PCB (et de DDT) se localisent dans la partie nord de la rade où se concentrent l'essentiel des apports des rejets urbains industriels et portuaires. Une tache de dispersion est observée plus au sud, explicable par les courants portants allant du port de Brest vers la pointe de l'Armorique. Des teneurs significatives de PCB (et non significatives en DDT) se retrouvent autour des installations navales de l'Ile Longue. La baie de Daoulas montre des apports en PCB et en DDT, tandis que l'Aulne ne reflète que des apports en DDT. La zone centrale de la rade constitue un bassin de dilution où les concentrations sont beaucoup plus faibles par rapport aux zones d'apports polluants définis précédemment. Le secteur de référence est constitué par la zone marine extérieure à la rade.

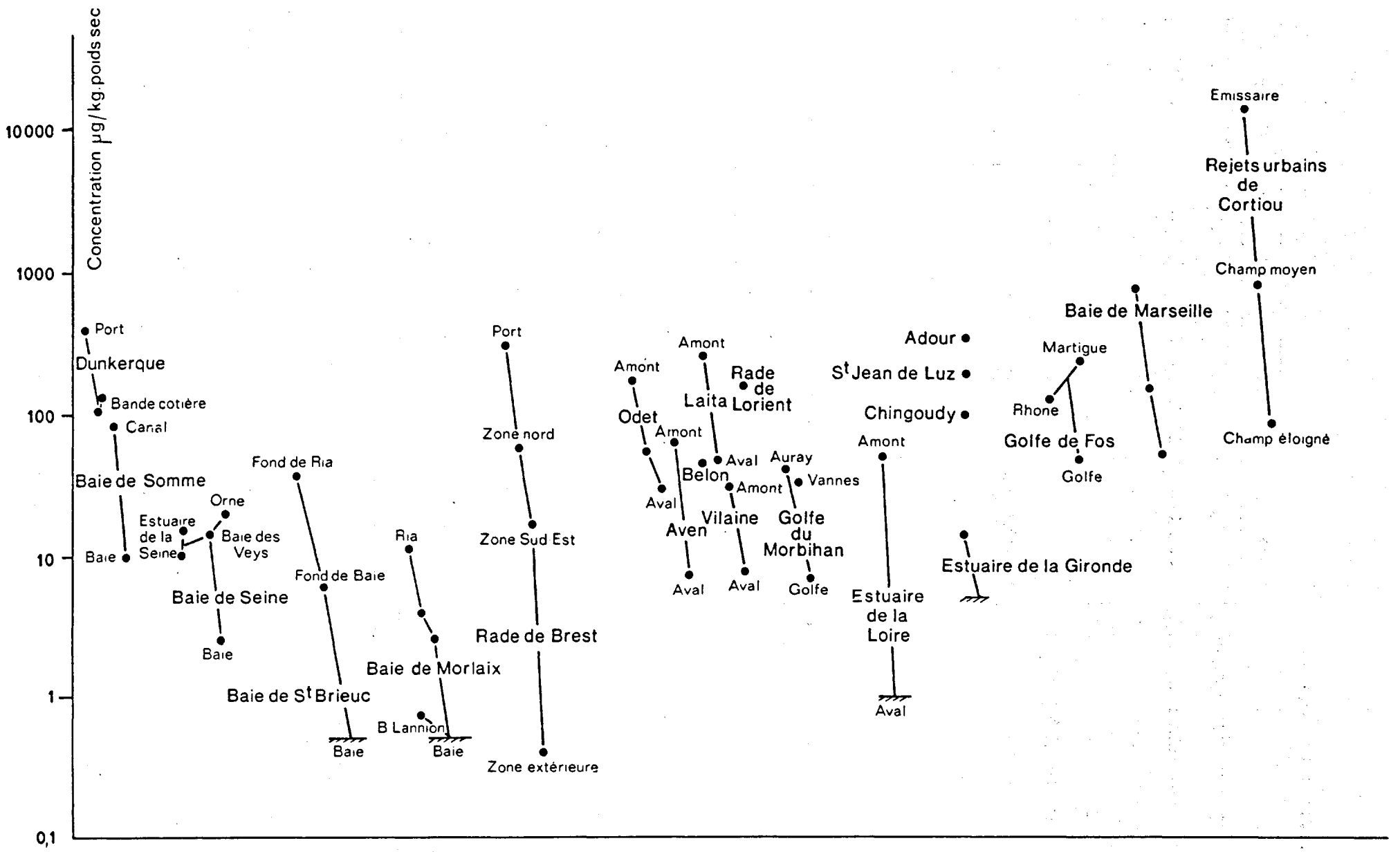
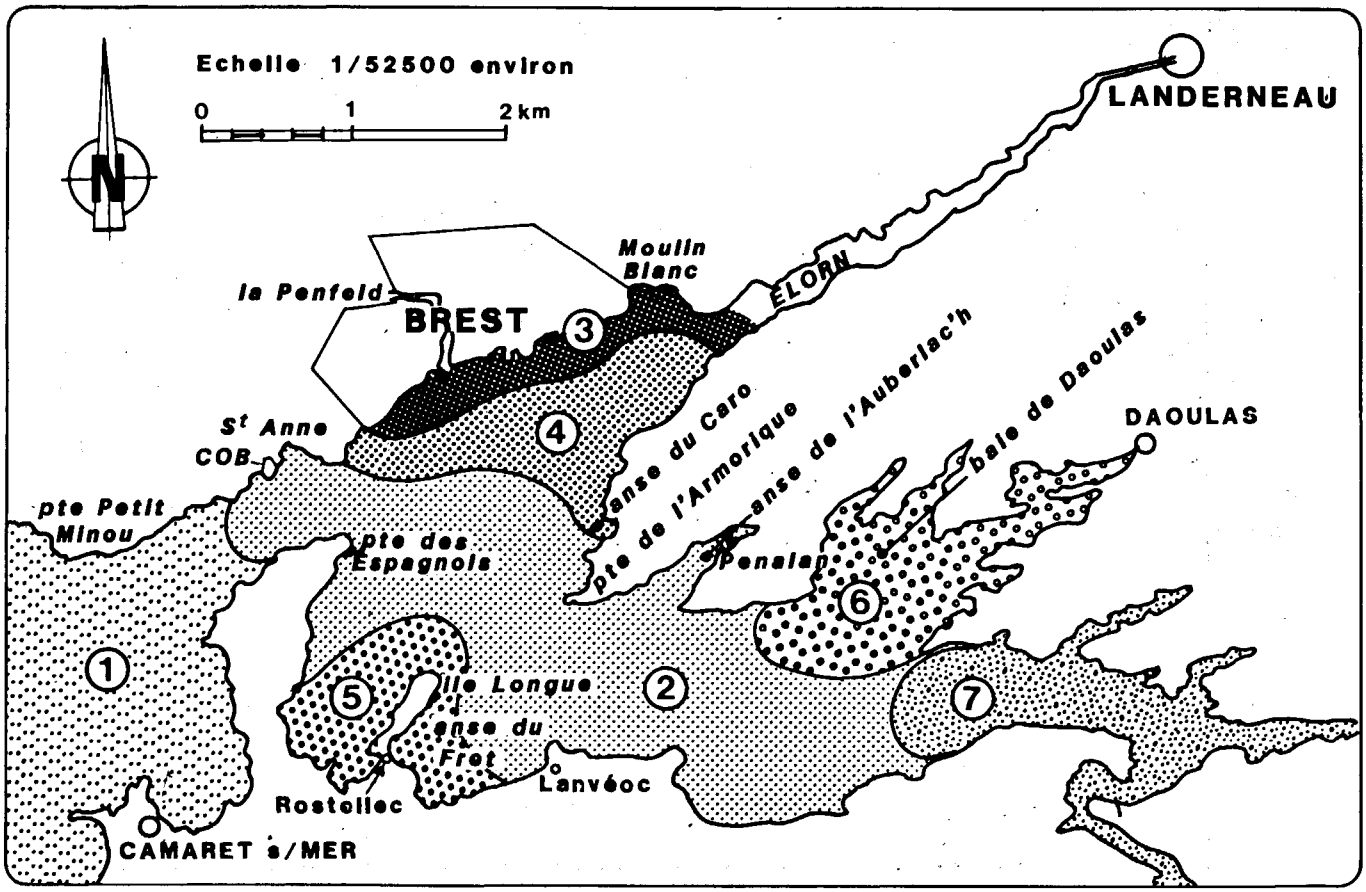


Figure 1 - PCB dans les sédiments.



Concentrations moyennes (ng/g, poids sec)

		PCB	DDT
①	Zone extérieure de la Rade	0,4 ± 0,1	0,1
②	Zone centrale de la Rade	6,5 ± 3,8	0,5 ± 0,2
③	Zone nord urbaine et portuaire	183 ± 2	11 ± 6
④	Zone nord (tache de dispersion)	34 ± 8	2,6 ± 2,7
⑤	Zone sud-ouest (Ile Longue)	33 ± 30	0,6 ± 0,4
⑥	Zone sud-est (baie de Daoulas)	17 ± 11	3,3 ± 2,2
⑦	Zone sud-est (Aulne)	5,1 ± 3,2	2,4 ± 0,2

Figure 2 - Résidus de DDT et de PCB dans les sédiments de la rade de Brest.

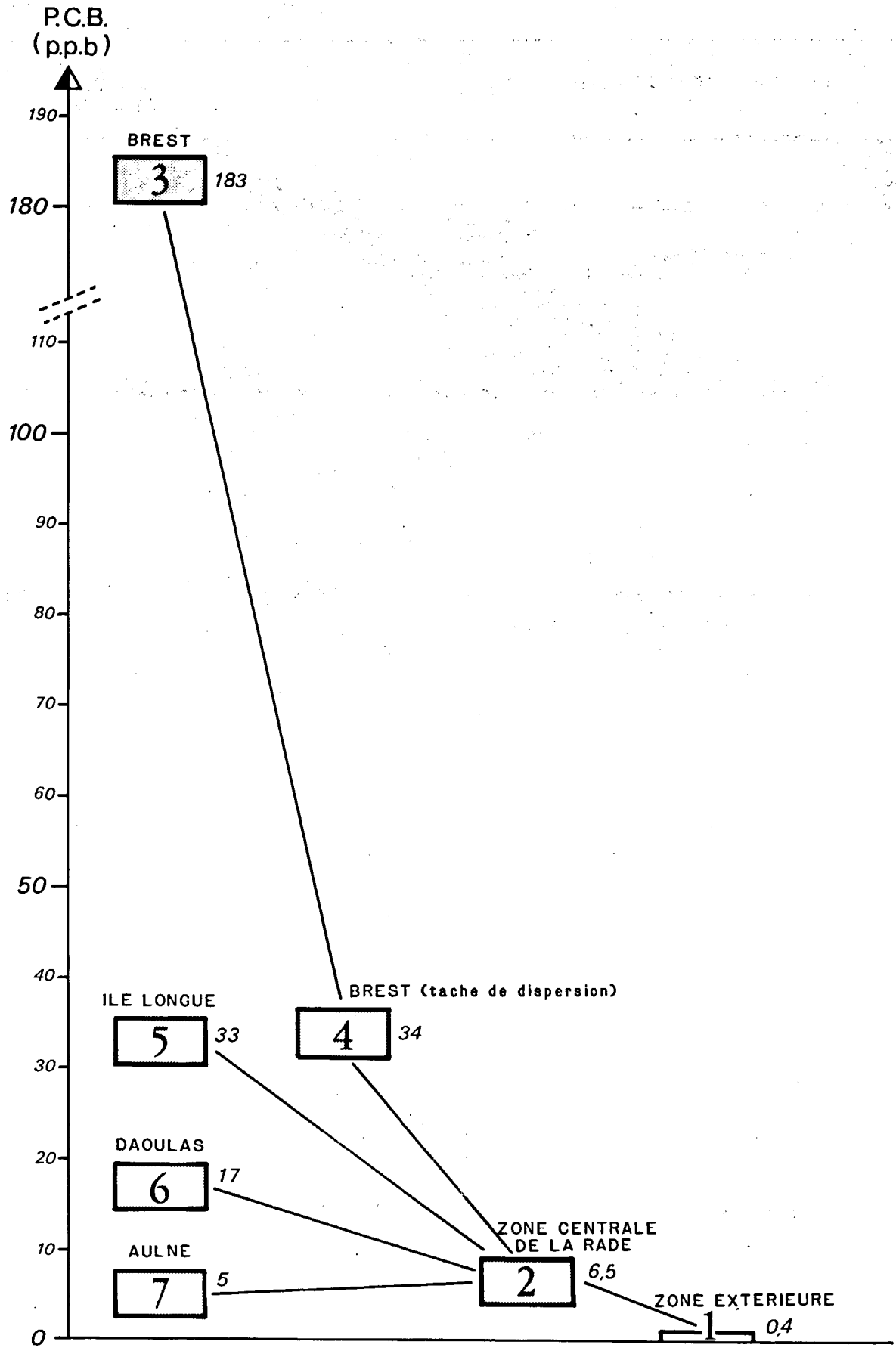


Figure 3 - PCB dans les sédiments de la rade de Brest.

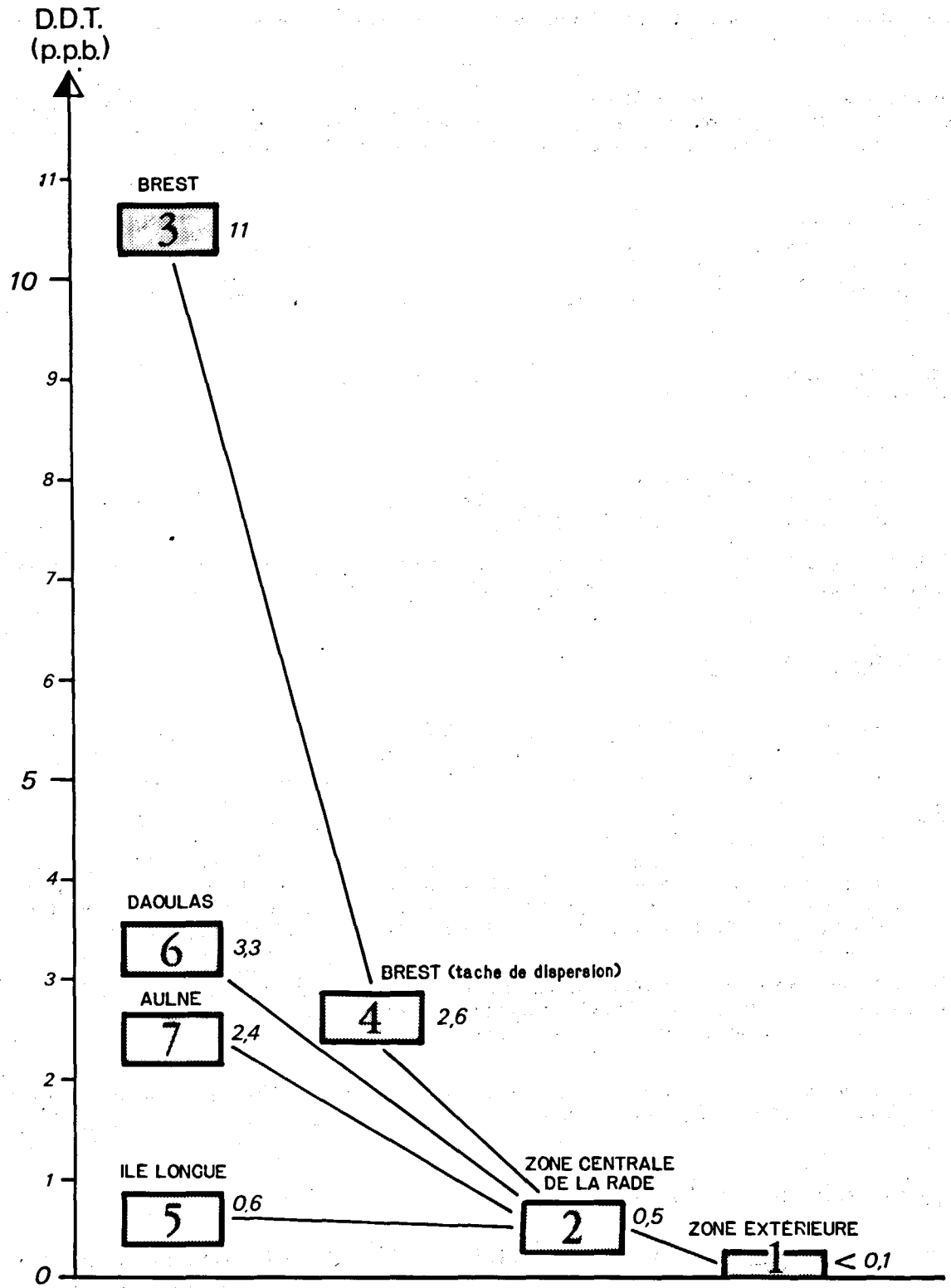


Figure 4 - DDT dans les sédiments de la rade de Brest.

Au niveau quantitatif, on peut relever des gammes de concentrations significatives, correspondant à des types de zones côtières (fig. 1).

— **Zones non contaminées** . . . . . < 0,5 ppb,
ex : baie de St-Brieuc, baie de Lannion, zone extérieure à la rade de Brest.

— **Zones soumises à des apports chroniques de pollution** (zones urbaines, industrielles, portuaires, débouché des rivières, estuaires).

— **Faiblement à modérement contaminées** . . . . . 5 - 50 ppb,
tels que les golfes, estuaires et baies soumis à des apports polluants mais où les phénomènes de sédimentation interviennent en amont et limitent la dispersion des PCB en aval.

ex :	Golfe du Morbihan	:	7 ± 9 ppb
	Baie de Somme	:	10 ± 4 ppb
	Estuaire de la Seine	:	15 ± 8 ppb
	Estuaire de la Loire	:	51 ± 34 ppb
	Golfe de Fos	:	40 ± 8 ppb

— **Fortement contaminées** . . . . . 50 - 500 ppb
au débouché ou à proximité immédiate des zones d'apports.

ex :	Canal de la Somme	:	84 ppb
	Bande côtière face à Dunkerque	:	134 ± 134 ppb
	Zone portuaire de Brest	:	302 ± 173 ppb
	Baie de Marseille	:	157 ± 12 ppb

— **Très fortement contaminées** . . . . . > 1000 ppb,
tel qu'au débouché de l'émissaire de Cortiou : jusqu' à 15 000 ppb.

4. HYDROCARBURES

Il est toujours plus délicat d'interpréter les contrôles d'hydrocarbures totaux dans les sédiments parce que la mesure intègre les hydrocarbures pétroliers (pollution) et les hydrocarbures biogènes, présents naturellement dans les sédiments. La part des hydrocarbures biogènes dépend par ailleurs de la teneur en carbone organique et donc de la nature granulométrique du sédiment analysé. La seule interprétation du résultat lui-même est donc sujet à erreur surtout dans la gamme des faibles concentrations. En première approximation, nous pouvons raisonnablement estimer qu'une concentration d'hydrocarbures totaux dans le sédiment supérieur à 100 ppm témoigne d'une contamination de produits pétroliers ou de pyrolyse. Les contrôles effectués le long du littoral restituent les zones de contamination déjà observées pour les PCB (Dunkerque, zone nord de la rade de Brest, Odet, Aven, Belon, Laïta, estuaire de la Loire, golfe de Fos et évidemment le site de Cortiou).

Nous avions précédememnt observé, au niveau du contrôle dans la matière vivante, une corrélation significative entre les taux de PCB et d'hydrocarbures mesurés dans les mollusques filtreurs, traduisant des apports polluants chroniques d'origine industrielle et urbaine.

Nous retrouvons une telle corrélation dans les sédiments prélevés sur 10 secteurs côtiers du littoral (fig. 5). La droite de régression a pour équation :

$$[PCB]_{ppb} = 0{,}092\,[HC]_{ppm} + 11{,}7 \quad (n = 75, r = 0{,}83).$$

Dans une étude réalisée en Côte d'Ivoire, sur la lagune Ebrié, MARCHAND et MARTIN (1985) observent également ce type de corrélation dans la plupart des sédiments soumis aux apports polluants de la ville d'Abidjan (fig. 6). La droite de régression est sensiblement identique :

$$[PCB]_{ppb} = 0{,}094\,[HC]_{ppm} + 10{,}4 \quad (n = 29, r = 0{,}84).$$

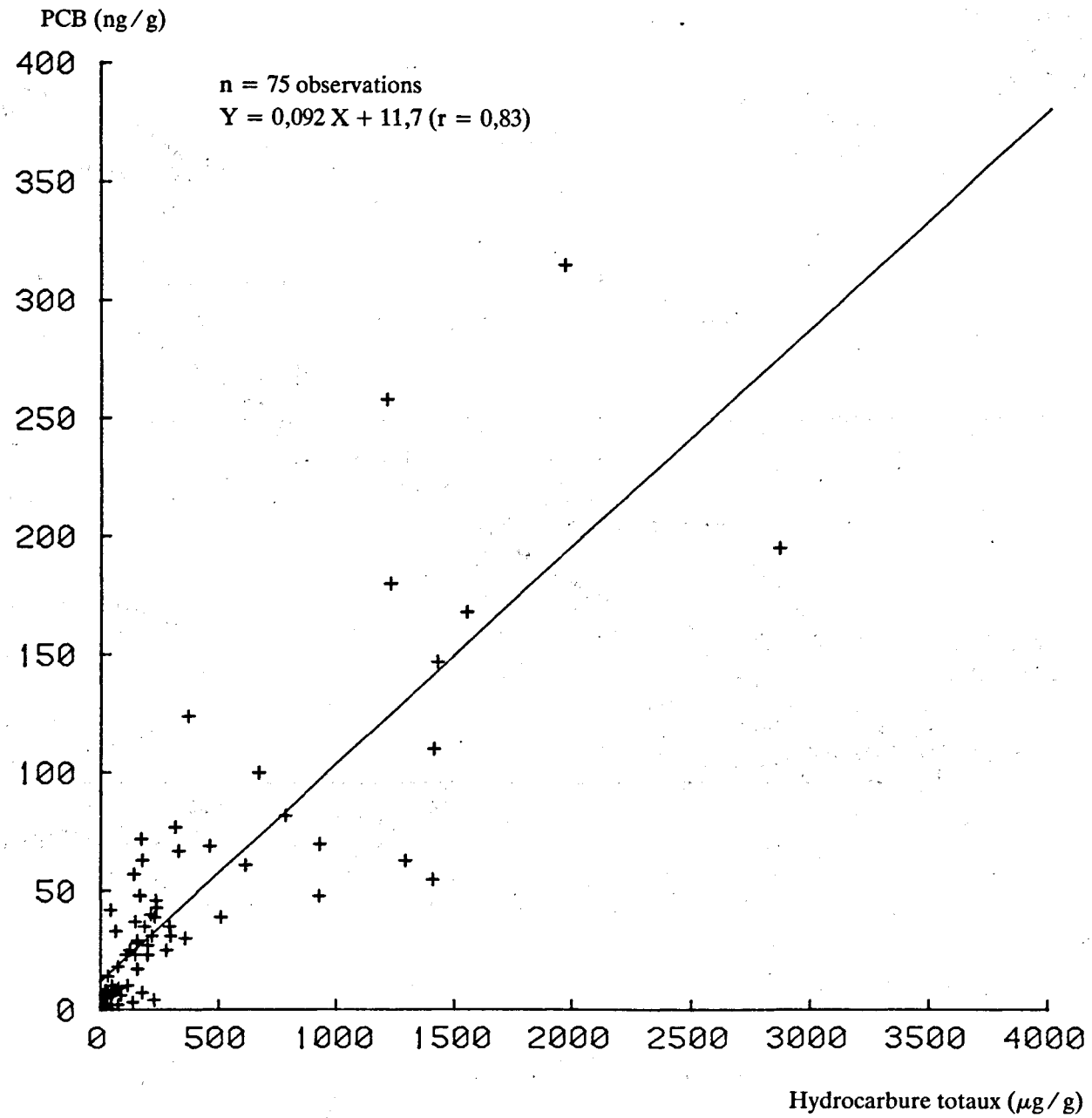


Figure 5 - Corrélation entre les concentrations de PCB et d'hydrocarbures totaux dans les sédiments.

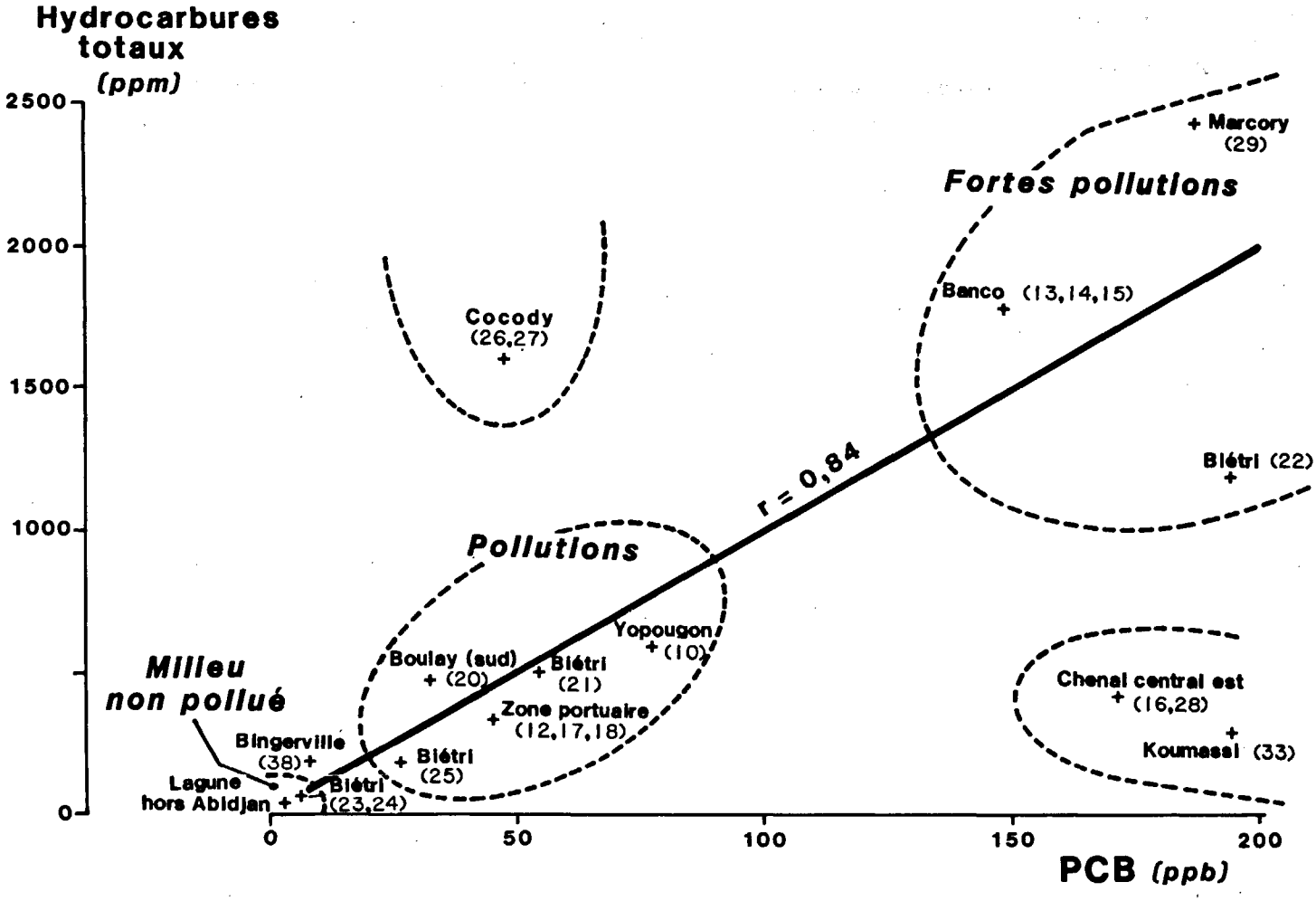


Figure 6 - Corrélation entre les concentrations de PCB et d'hydrocarbures totaux dans les sédiments de la lagune d'Abijan (Côte d'Ivoire), (MARCHAND et MARTIN, 1985).

IV - REPRODUCTIBILITÉ DE LA MESURE DES PCB DANS LE TEMPS

TENDANCE ÉVOLUTIVE

Deux campagnes de prélèvements, à deux années d'intervalle (1979 / 1981 ou 1980 / 1982) ont été réalisées sur plusieurs zones littorales de la région de Bretagne (baie de St Brieuc, rade de Brest, Odet, Lorient, Golfe du Morbihan, estuaire de la Vilaine, estuaire de la Loire) pour observer la reproductibilité de la mesure des PCB dans les sédiments (tableau IV). Malgré l'hétérogénéité inévitable de l'échantillonnage on constate que dans l'ensemble l'ordre de grandeur des niveaux de contamination des PCB observés est respecté d'une campagne à l'autre. Ainsi en baie de Saint-Brieuc, l'absence de contamination du sédiment par les PCB (< 1 ppb) est vérifié pour les deux campagnes. Si l'on compare les niveaux observées sur les six autres sites à deux années d'intervalle, on observe une corrélation significative (r = 0,82) de la forme

$$[PCB]_{(n+2)} = 1{,}30\,[PCB]_n + 5{,}0$$

ce qui semblerait traduire une tendance à l'augmentation de la contamination du sédiment de surface. Une telle tendance n'est formulable qu'en terme d'hypothèse sur une période aussi courte de deux ans. Elle nécessite une confirmation sur une échelle de temps beaucoup plus longue, de l'ordre de 10 ans.

TABLEAU IV : Analyse des PCB (ng / g) dans les sédiments à deux années d'intervalles.

	Station	Année (n)	Année (n + 2)
Baie de St Brieuc (1980 / 1982)	5	< 1	< 1
	14	< 1	< 1
	15	< 1	< 1
	17	< 1	< 1
Rade de Brest (1979 / 1981)	4	12	46
	7	5	2
	9	15	14
	12	10	10
	13	7	29
	14	2	10
	16	3	23
	18	34	180
	19	181	425
	23	183	69
Odet (1980 / 1982)	1	168	135
	3	55	14
	6	31	22
	8	30	38
Lorient (1980 / 1982)	1	61	139
	4	100	75
	9	195	320
	13	110	228
Golfe du Morbihan (1979 / 1981)	1	4	6
	4	3	5
	5	6	6
	6	9	8
	7	6	18
	8	36	42
	11	< 1	1
	14	11	33
	15	2	5
	17	6	5
	18	5	9
	20	1	< 1
Estuaire de la Vilaine (1979 / 1981)	1	10	31
	4	2	8
Estuaire de la Loire (1979 / 1981)	1	18	35
	5	< 1	< 1
	6	< 1	< 1
	8	< 1	1
	10	< 1	1
	16	22	27
	17	17	39
	18	24	110
	19	10	43

V - CONCLUSION

Le contrôle des polluants organiques dans les sédiments permet donc de déceler les zones d'apports polluants localisés au débouché des rivières, dans la partie amont des estuaires, à proximité des zones urbaines et industrielles, dans le champ proche des émissaires urbains. Le sédiment restitue bien les taches de dispersion de ces apports polluants, caractérisées par des gradients de concentrations généralement très marqués. Le milieu sédimentaire constitue un indicateur d'intégration de la pollution chimique pour les substances qui ont une tendance à se fixer sur les matières en suspension. Par contre, le sédiment permet difficilement de déceler la présence dans l'environnement aquatique des substances organiques solubles dans l'eau et de ce fait faiblement absorbables sur le matériel particulaire (ex : le lindane). L'interprétation des données se heurte à l'hétérogénéité des sédiments côtiers (sédiments grossiers, sables, vases) et souffre de l'absence de normalisation comme cela est pratiqué à présent pour l'analyse des métaux sur la fraction tamisée inférieure à 63 μm.

QUATRIÈME PARTIE

CONCLUSION GÉNÉRALE

M. MARCHAND

Tenter d'établir un bilan d'une surveillance en continue sur plusieurs années des polluants organiques dans l'environnement marin côtier est un exercice délicat qui s'accompagne d'une part d'appréciation subjective. Il y a aussi le risque de ne pas faire apparaître suffisamment les nuances qui généralement modulent telle ou telle appréciation de valeur. Enfin un tel bilan dans sa brièveté ne doit pas laisser ignorer l'effort qui a été consacré à la structuration de ce programme de surveillance, à son amélioration au cours des années par la réalisation notamment d'exercices d'intercalibration, à son évolution dans le choix des sites de surveillance.

A la base, le RNO repose sur une conception ambitieuse : la surveillance des polluants chimiques dans les trois compartiments clés de l'environnement marin : l'eau, le sédiment, et les organismes marins. La pratique de cette surveillance a reposé sur deux principes : une surveillance décentralisée, pour l'eau et le sédiment, faisant appel à divers laboratoires prestataires, ou une surveillance centralisée, pour la matière vivante réalisée par un seul laboratoire.

La première question porte donc sur l'évaluation d'une telle conception de surveillance et sur les moyens mis en œuvre. La seconde question concerne les acquis réels apportés par le RNO sur la connaissance de l'état de contamination de l'environnement marin côtier et de son évolution dans le temps.

Conception de surveillance

Il nous semble que le succès le plus manifeste concerne la surveillance des polluants organiques par l'intermédiaire des mollusques filtreurs (moules et huîtres), espèces reconnues pour leur capacité d'accumuler dans leurs tissus un grand nombre de polluants chimiques présents dans le milieu aquatique à l'état de traces. Cette conception de surveillance rejoint celle adoptée par d'autres pays comme les Etats-Unis (programme "Mussel Watch", NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980) et d'autres pays européens. Cette capacité de bioaccumulation permet d'identifier des zones de contamination par les composés du DDT, non décelables par des analyses classiques dans l'eau.

Dans les secteurs faiblement contaminés, nous observons une remarquable stabilité des teneurs moyennes observées sur plusieurs années de surveillance. La reproductibilité de la mesure permet, en se référant à des travaux antérieurs, de déceler des tendances évolutives sur une décennie des niveaux de contamination dans les zones soumises à des apports polluants. Le succès tient aussi pour beaucoup à la maîtrise et par conséquent à la reproductibilité analytique du laboratoire unique chargé des contrôles, ce qui tendrait par conséquent à privilégier le principe d'un fonctionnement centralisé. Dans une telle option, l'assurance de la qualité de la mesure est essentielle et le choix du protocole analytique adopté doit correspondre aux recommandations de la communauté scientifique internationale formulées généralement par les groupes de travail ad'hoc des organismes internatinaux.

Le contrôle dans le sédiment ne constitue pas réellement une surveillance d'évolution de la qualité du milieu marin. Le sédiment constitue un indicateur d'intégration de la pollution chimique et ne peut donc percevoir les évolutions à court terme. Par contre, il permet de déceler les zones d'apport de la pollution et restitue généralement bien les taches de dispersion dans l'environnement marin côtier. Il témoigne de l'état de contamination des fonds marins, source de perturbation des écosystèmes benthiques. Le contrôle des polluants organiques est réalisé sur la faction totale du sédiment. L'interprétation des données se heurte à l'hétérogénéité des sédiments côtiers (sédiments grossiers, sables, vases) et souffre de l'absence de normalisation comme cela est pratiqué pour l'analyse des métaux sur la fraction tamisée inférieure à 63 μm. Des études complémentaires amont sont souhaitables pour mieux valoriser un tel contrôle.

L'échec le plus perceptible concerne le contrôle dans l'eau . Ceci tient à la difficulté analytique majeure de rechercher de manière fiable et reproductible des substances présentes dans l'eau. A cette difficulté inhérente au contrôle dans l'eau l'échec a été amplifié à notre sens par le principe du fonctionnement décentralisé qui a entrainé une hétérogénéité des techniques de mesure (ex : hydrocarbures), une variabilité des seuils de détectabilité pour une technique de mesure unique (ex : PCB), ou une absence de comparaison inter-laboratoires pour une méthode analytique standardisée (ex : détergents). L'interprétation du contrôle dans l'eau reste donc extrêmement pauvre. Le choix de la technique de mesure des hydrocarbures devrait être revu et orienté vers la spectrofluorimétrie UV, avec un étalon de référence unique pour l'ensemble des laboratoires prestataires.

Le contrôle des polluants organiques dans l'eau nécessite dans l'état actuel des choses des laboratoires réellement spécialisés pour l'analyse de substances à l'état de traces.

Faut-il conclure à la primauté des mollusques et du sédiment sur l'eau de mer pour la surveillance des polluants organiques ? Une telle conclusion serait hâtive et inexacte si l'on ne prend pas en considération la nature des polluants chimiques et de leurs propriétés physico-chimiques. L'exemple du lindane, insecticide chloré toujours utilisé, illustre l'existence des substances polluantes solubles dans l'eau et par conséquent faiblement absorbées sur les matières en suspension et faiblement accumulées dans la matière vivante. La surveillance de telles substances dans l'environnement aquatique nécessite le contrôle dans l'eau plutôt que dans les sédiments ou les organismes marins.

Etat de contamination du milieu marin côtier

Le contrôle RNO permet d'évaluer l'état de contamination du milieu marin côtier. Les zones d'apports polluants chroniques par les composés organochlorés et les hydrocarbures sont dans l'ensemble bien localisés, au débouché des rivières et dans les estuaires, dans les secteurs industrialisés et urbains comme Dunkerque, la zone nord de la rade de Brest, les fonds des baies de St-Jean de Luz et de Chingoudy, le golfe de Fos, la baie de Marseille.

Les apports les plus importants sont relevés au débouché de l'émissaire de Cortiou qui rejette les eaux usées de l'agglomération marseillaise. Les secteurs que l'on peut classer de "référence" se localisent vers l'ouest Cotentin et la baie du Mont Saint Michel et sur le littoral est de la Corse.

Nous pouvons relever des situations particulières :

— Les fortes teneurs en hydrocarbures totaux observées dans les mollusques de la côte de Bretagne nord, de la baie de Saint Brieuc à l'Aber-Benoît, témoignent toujours de l'impact sur l'environnement des pollutions accidentelles de l'"Amoco Cadiz" (1978) et du "Tanio" (1980).

— La contamination par les composés du DDT est limitée géographiquement à la zone Atlantique au sud de la Loire (notamment le Bassin d'Arcachon) et à la Méditerranée, et ne touche pas le littoral de la région Bretagne et de la Manche / Mer du Nord).

— La contamination par les PCB est générale sur l'ensemble du littoral. Les concentrations plus faibles mesurées dans les mollusques prélevés dans les secteurs qualifiés de "référence" sont 3 à 4 fois supérieures aux concentrations désirées dans les zones non polluées du littoral des Etats-Unis. Les concentrations les plus élevées sont relévées dans l'estuaire de la Seine, et sont seulement d'un facteur 2 à 2,5 en dessous de la nouvelle norme de salubrité fixée par la Food and Drug Administration aux Etats-Unis (2 ppm, poids frais). La comparaison des niveaux de concentration de PCB dans les mollusques entre les 3 estuaires de la Seine, la Loire et la Gironde est en accord avec les rapports démographiques des populations riveraines (estuaire et fleuve) pour ces 3 estuaires. Cette relation entre niveaux de pollution et démographie tendrait à accréditer l'hypothèse d'une origine de pollution à caractère chronique liée à la forte urbanisation et industrialisation du bassin versant de la Seine pour expliquer les apports de PCB en baie de Seine.

— L'effet de règlementations visant à limiter ou à interdire l'utilisation de certains produits polluants (PCB, DDT) est sensible de 1972 à 1975 au niveau du contrôle de ces composés dans les mollusques. Par contre, il semble se dessiner depuis le début des années 80 une tendance évolutive croissante sur un certain nombre de sites, notamment en zone Atlantique et en Méditerranée.

Remarques supplémentaires

Vraisemblablement, il y aura une modification future de la programmation de surveillance, notamment au niveau conceptuel dans le choix des compartiments à analyser (eau, sédiment, matière vivante) dans le choix également des sites et dans la périodicité des contrôles. Nous souhaitons que ce document puisse aider à la définition optimale d'une nouvelle stratégie de surveillance, pour ce qui concerne les polluants organiques. A ce propos nous formulerons trois remarques supplémentaires :

— La conception de surveillance repose sur la notion de contrôle régulier dans le temps et de ce fait impose une limite spatiale des stations de prélèvements sur un site considéré. L'interprétation que l'on peut tirer actuellement des données de surveillance RNO souffre de cette contrainte inévitable.

Une valorisation sera apportée par les campagnes INTERSITE dont l'objectif est, à l'inverse du RNO, d'assurer à un instant donné une large couverture géographique des prélèvements afin d'évaluer la qualité du milieu marin sur l'ensemble d'une façade maritime. Ainsi la première campagne INTERSITE réalisée en 1983 de Cherbourg à Dunkerque permet de confirmer les deux grande zones d'apports polluants : le secteur industrialisé Dunkerque/Pas-de-Calais et l'estuaire de la Seine. Cette campagne montre par ailleurs que les niveaux de contamination significatifs dans l'eau restent proches de la côte, vraisemblablement à cause d'influence des courants marins portants d'ouest en est qui limitent l'extension de la pollution vers le large. A l'inverse, la seconde campagne INTERSITE, effectuée en 1984 en méditerranée, montre que les apports polluants du Rhône se diluent loin des côtes au large du golfe du Lion

— La surveillance RNO limite le contrôle des polluants organiques à quelques composés ou familles classiquement reconnus comme préoccupants pour l'environnement marin : hydrocarbures, détergents, insecticides chlorés et PCB. On peut se demander si le contrôle d'autres substances polluantes organiques, caractéristiques d'activités urbaines et industrielles ne serait pas souhaitable, telles que les dérivés du phénol (chlorophénols), les solvants chlorés ($CH\ Cl_3$, CCl_4, $CCl_3 - CH_3$, $CH\ Cl = CCl_2$, $CCl_2 = CCl_2$,...).

— Si l'on peut enfin admettre que l'un des objectifs actuels du RNO est atteint à savoir la connaissance de l'état de contamination de l'environnement marin côtier, ne serait-il pas souhaitable de chercher à présent à définir sur des secteurs tests une stratégie de surveillance basée non plus sur l'évaluation des niveaux de contamination mais plutôt sur les efforts de cette contamination globale sur les écosystèmes marins pélagiques et benthiques ?

BIBLIOGRAPHIE

AGENCE INTERNATIONALE POUR L'ÉNERGIE ATOMIQUE, 1976. - Intercalibration of organochlorine compound measurements in marine environmental samples. Progress report n° 1. IAEA International Laboratory of Marine Radioactivity, Monaco : 25 p.

ALZIEU (C.), MICHEL (P.), THIBAUD (Y.), 1976. - Présence de micropolluants dans les mollusques littoraux. Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches Marit. **264** : 1-18.

ARNOUX (A.), BLANC (A.), JORAJURIA (A.), MONOD (J.L.), TATOSSIAN (J.), 1980. - Etat actuel de la pollution sur les fonds du secteur de Cortiou (Marseille). Vèmes Journées Etud. Pollution, Cagliari, Comité Int. Etude Sci. Mer Médit. : pp. 459-70.

BOUTIER (B.) 1981. - Synthèse des résultats de la surveillance des micropolluants dans la matière vivante. CNEXO, Bull. RNO n° 17 : pp. 115-174.

DE LAPPE (B.W.), RISEBROUGH (R.W.), MENDOLA (J.T.), BOWES (G.W.), MONOD (J.L.), 1972. - Distribution of polychlorinated biphenyls on the Mediterranean coast of France. Journées Etud. Pollut., Comité Int. Etude Sci. Medit., Athènes. **1** : 43-45.

DUCREUX (J.), BODENNEC (G.), 1985. - Exercice interlaboratoire sur les dosages des hydrocarbures dans l'eau et les sédiments. Rev. Inst. Fr. Petrol. **40** (3) : 355-374.

DUKE (T.W.), LOWE (J.L.), WILSON (A.J.), 1970. - A polychlorinated biphenyl (Aroclor 1254) in the water, sediment and biota of Escambia Bay, Florida. Bull. Environ. Contam. Toxicol. **5** : 171-80.

FARRINGTON (J.W.), GOLDBERG (E.D.), RISEBROUGH (R.W.), MARTIN (J.H), BOWEN (V.T.), 1983. - U.S. Mussel Watch 1976-1978 : an overview of the trace metal, DDE, PCB, hydrocarbon and artificial radionuclide data. Environ. Sci. Technol. **17**(8) : 490-496.

GOLDBERG (E.D.), 1975. - The mussel watch. A first step in global marine monitoring. Mar. Pollut. Bull. **6** : 111-113.

GOLDBERG (E.D.), BOWEN (V.T.), FARRINGTON (J.W.), HARVEY (G.R.), MARTIN (J.H.), PARKER (P.L.), RISEBROUGH (R.W.), ROBERTSON (W.), SCHNEIDER (E.), GAMBLE (E.), 1978. - The Mussel Watch. Environ. Conserv. **5** (2) : 101-125.

HAX NIENCHESKY (L.F.), 1982. - L'utilisation de *Mytilus galloprovincialis* comme indicateur de pollution du littoral méditerranéen français par les composés organochlorés et les métaux lourds. Thèse 3ème Cycle, Sept. 1982 Univ. Aix-Marseille II.

JOANNY (M.) 1984. - Pollution du sédiment en zones littorales : les travaux du Réseau National d'Observation et problèmes méthodologiques associés. Société Hydrotechnique de France, XVIII Journées de l'Hydraulique, Marseille, 11-13 Sept. 1984 : pp. 1.9.1.-1.9.5.

MARCHAND (M.), 1978. - Programme d'intercalibration CNEXO / RNO 1977. Résidus organochlorés. Solutions étalons et eau de mer. CNEXO, Bull. RNO n° 8 : pp. 133-168.

MARCHAND (M.), 1980. - Programme d'intercalibration CNEXO / RNO 1980. Résidus organochlorés. dans les sédiments (rapport non publié).

MARCHAND (M.), 1983 a. - Estimation des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins par spectrofluorimétrie UV. *In :* Manuel des analyses chimiques en milieu marin. AMINOT (A.), CHAUSSEPIED (M.), Edit., Publ. CNEXO, Brest : pp. 329-336.

MARCHAND (M.), 1983 b. - Hydrocarbures et hydrocarbures halogénés dans l'eau de mer et les sédiments de la Mer du Nord. Campagne CELPEMM 1982 (résultats non publiés).

MARCHAND (M.), 1985. - Rejets urbains et polluants organiques. Rapp. IFREMER, Brest : DERO. 86.01. EL.

MARCHAND (M.), CAPRAIS (M.P.), 1981. - Suivi de la pollution de l'"Amoco Cadiz" dans l'eau de mer et les sédiments marins. *In :* "Amoco Cadiz". Conséquences d'une pollution accidentelle par hydrocarbures. Publ. CNEXO, Paris : pp. 23-54.

MARCHAND (M.), ROUCACHE (J.), 1981. - Critères de pollution par hydrocarbures dans les sédiments marins. Etude appliquée à la pollution du "Bohlen". Oceanol. Acta **4** (2) : 171-183.

MARCHAND (M.), MARTIN (J.L.), 1985. - Détermination de la pollution chimique (hydrocarbures, organochlorés, métaux) dans la lagune d'Abidjan (Côte d'Ivoire) par l'étude des sédiments. Rev. Oceanogr. Tropic. (ORSTOM) **20** (1) : 25-39.

MARCHAND (M.), VAS (D.), DUURSMA (E.K.), 1976. - Levels of PCBs and DDTs in mussel from the N.W. Mediterranean. Mar. Pollut. Bull. **7** (4) : 65-69.

MARCHAND (M.), CAPRAIS (J.C.), COSSON-MANNEVY (M.A.), MORINIERE (P.), 1983. - Apports et distribution des résidus organochlorés à haut poids moléculaire dans la rade de Brest (milieu marin semi-fermé). Oceanol. Acta **6** (3) : 269-282.

MARCHAND (M.), CAPRAIS (J.C.), TRONCZYNSKI (J.), MARTY (J.C.), SCRIBE (P.), SALIOT (A.), 1986. - Processus de transport et flux des hydrocarbures et hydrocarbures halogénés dans l'estuaire de la Loire. Cons. Int. Explor. Mer, Symposium "Contaminants Fluxes through the Coastal Zone", Nantes, 14-16 mai 1984. Rapp. P-V Réun. Cons. Int. Explor. Mer, **186** : 361-374.

MICHEL (P.), 1983. - Dosage global des hydrocarbures aromatiques dans les organismes marins par CLHP-fluorescence. *In :* Manuel des analyses chimiques en milieu marin AMINOT (A.), CHAUSSEPIED (M.), Edit., Publ. CNEXO, Brest : pp. 337-346.

MICHEL (P.), ABARNOU (A.), 1983. - Pollution marine par les composés organiques de synthèse. Bull. Acad. Nat. Méd., **167**(5) : 491-498.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980. - The International Mussel Watch. U.S. National Academy of Sciences, Washington D.C. : 248 p.

PAVLOU (S.P.), HOM (W.), 1976. - Interlaboratory calibration results from chlorinated hydrocarbon analysis in marine sediments. Mar. Chem.**4** : 155-163.

RNO, 1981. - Synthèse des travaux de surveillance 1975-1979 du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin. Publ. CNEXO : 358 p.

UNESCO, 1977. - Manuel sur la surveillance du pétrole et les hydrocarbures en mer et sur les plages. Supplément aux manuels et guides n° 7, IOC-UNEP / MED-MRM / 3 supp. 2 : 21 p.

UNESCO, 1984. - Manuel sur la suveillance continue du pétrole et les hydrocarbures pétroliers dissous ou dispersés dans l'eau de mer et sur les plages. Commission Océanographique Internationale, Manuels et Guides n° 13 : 35 p.

YOUNG (D.R.), Mc DERMOTT (D.J.), HEESEN (T.C.), 1977. - Sediments as sources of DDT and PCB. Mar. Pollut. Bull.,**11** : 254-257.

CINQUIÈME PARTIE

NOTE DE SYNTHÈSE COMPLÉMENTAIRE POUR LES PCB, DDT ET HPA DANS LES MOULES ET LES HUÎTRES DE 1977 A 1986

P. MICHEL ET M. MARCHAND
avec la collaboration technique de D. CLAISSE, P. MASSELIN
ET M. LUÇON

I - INTRODUCTION

Dans le cadre du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, la France, sous l'impulsion du Ministère de l'Environnement, a lancé en 1979 un programme de contrôle de la teneur en polluants dans les huîtres et les moules sur l'ensemble du littoral français. Cette action était jugée nécessaire pour compléter les observations obtenues depuis 1974 dans le même cadre sur les eaux côtières et les sédiments. Nous examinons ici le bilan des résultats obtenus jusqu'en 1986 pour les contaminants organiques tels que les hydrocarbures polyaromatiques totaux (HPA), les polychlorobiphényles (PCB) ainsi que le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et ses métabolites les DDE et DDD que nous examinerons sous la dénomimation globale de sDDT. Ce tavail fait suite à une première synthèse d'interprétation du contrôle des contaminants organiques dans l'eau, les sédiments et les organismes marins (MARCHAND, 1985 a, b).

Depuis longtemps, les mollusques filtreurs et spécialement les huîtres et les moules sont utilisées pour suivre le niveau de contamination du milieu littoral. HILTNER et WINCHMANN (1919), réalisaient déjà des analyses de métaux dans les mollusques des côtes nord américaines. Sur les côtes française, la première étude relative à l'ensemble du littoral était réalisée par ALZIEU *et al.* (1976). Mais c'est GOLDBERG (1975) qui a, grâce au "Mussel Watch", contribué le plus à faire admettre les mollusques filtreurs comme moyen de contrôle des niveaux de contamination sur le littoral, de préférence aux contrôles directs dans l'eau. Les raisons qui ont déterminé ce choix sont nombreuses. La capacité de ces animaux à concentrer les polluants présents dans le milieu, facilite grandement les analyses ultérieures, en particulier pour les composés organiques qui font l'objet de cette étude. La facilité d'échantillonnage à partir de la côte, la représentativité des concentrations mesurées par rapport au biotope, la nécessité d'un nombre d'échantillons limité pour assurer efficacement la surveillance d'une zone sont autant de raisons favorables. Par ailleurs, on ne peut oublier l'intérêt que représente le contrôle sanitaire d'espèces très largement consommées et tout spécialement en France. Enfin, la présence assez ubiquiste de ces animaux sur les côtes du monde entier, permet facilement la comparaison des niveaux de contamination qui y sont trouvés.

Pour situer l'importance de cette étude, il convient de préciser que 102 stations de prélèvements ont été régulièrement suivies depuis 1979 avec seulement quelques changements mineurs liés à la disponibilité des espèces. Près de 3 000 échantillons ont ainsi été analysés avec une fréquence trimestrielle. Sur l'ensemble de ces échantillons ont été réalisées des analyses de métaux lourds (Hg, Pb, Cd, Cu, Zn), d'hydrocarbures aromatiques, de PCB et de pesticides organochlorés.

Nous présentons ici la méthodologie utilisée et les résultats obtenus dans le cas des polluants organiques. Outre la répartition géographique des contaminations et la comparaison avec les données publiées ailleurs dans le monde, la durée importante de cette étude et l'homogénéité des données présentées, permet d'examiner d'une manière plus rigoureuse les tendances dont on sait qu'elles sont toujours très difficiles à appréhender.

II - MÉTHODOLOGIE

Les 102 stations de prélèvements sont réparties aussi régulièrement que possible sur l'ensemble du littoral français (fig. 1). Cela recouvre aussi bien des zones d'élevage d'huîtres et de moules, que des zones présentant des risques potentiels de contamination : estuaires, zones portuaires, zones industrielles. Ce fait est très important à souligner, car les stations où la contamination est plus forte correspondent trés rarement à des zones de cultures ou de pêche pour les coquillages consommés. Une autre nécessité impérieuse pour le choix d'une station de prélèvement a été que les coquillages y soient présents de façon permanente afin d'assurer les suivi au cours du temps. Pour certaines stations initialement choisies, malgré une enquête préalable, cette continuité n'a pas toujours pu être assurée ce qui empêchera alors les évaluations de tendance qui nécessitent de poursuivre l'effort de surveillance sur plusieurs années.

Les prélèvements sont assurés par les services locaux de l'IFREMER selon un protocole standardisé. il a été tenu en compte en particulier du niveau de prélèvement par rapport au niveau des basses mers. La taille des mollusques prélevés est de 45 à 55 mm de longueur pour les moules et 80 à 90 mm pour les huîtres. Les coquilles sont lavées immédiatement à l'eau de mer pour les débarrasser des débris et sédiments externes ; ils sont ensuite laissés reposer pendant 24 heures dans une eau de mer propre et décantée afin qu'ils rejettent le contenu de leur tube digestif susceptible de perturber les résultats obtenus. Chaque échantilon comporte au minimum 20 individus dans le cas des huîtres et 50 dans le cas des moules. Un échantillon moyen est alors préparé avec les parties molles des animaux, après égouttage, broyage, lyophilisation et réduction en poudre homogène. Le transport des échantillons est assuré soit sous forme de chair broyée et congélée à − 20 °C, soit sous forme lyophilisée.

La centralisation des analyses dans un laboratoire unique (IFREMER Nantes) a été délibérément choisie comme le moyen le plus efficace d'assurer la reproductibilité analytique. Ce choix permet de présenter une répartition géographique nationale non affectée de distorsions liées aux opérateurs. Cela permet aussi de détecter des tendances, statiquement significatives, d'amplitude plus réduite.

L'extraction des contaminants organiques par le pentane sur l'échantillon lyophilisé est réalisé dans un appareil de type Soxhlet modifié, à reflux pendant 5 heures (MICHEL, 1983). Une élimination des lipides sur Florisil est faite simultanément. L'extrait est directement utilisable pour l'analyse des hydrocarbures polyaromatiques totaux et pour celle des composés organochlorés.

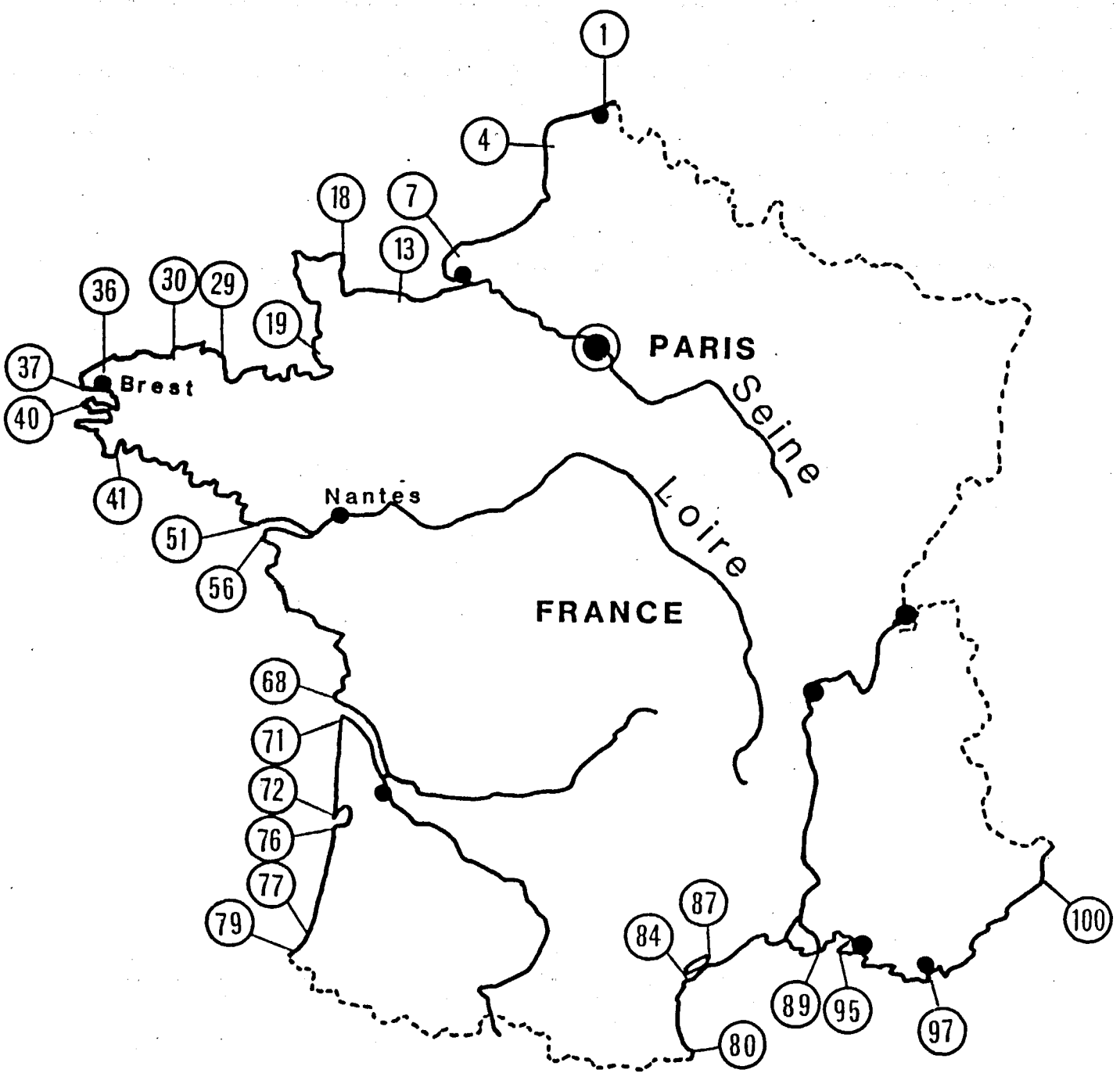


Figure 1 - Carte des stations de prélèvement.

Les hydrocarbures aromatiques totaux sont mesurés selon la méthode décrite par MICHEL (1983) grâce à un système HPLC/spectrofluorimétrie UV qui permet une évaluation globale des hydrocarbures sans purification complémentaire des échantillons. Les résultats sont exprimés arbitrairement en équivalent chrysène, ce composé étant utilisé pour l'étalonnage. Si l'on se refère à la dernière intercalibration du CIEM (FARRINGTON *et al.* 1986), les résultats ainsi obtenus peuvent être comparés à ceux obtenus en spectrofluorimétrie classique.

Les composés organochlorés sont analysés par chromatographie en phase gazeuse avec un VARIAN 3700 muni d'un détecteur à capture d'électrons. La séparation des constituants est obtenue sur colonne capillaire CP Sil 8 CB de 25 m de long et de 0,32 mm de diamètre interne. Le gaz vecteur est l'hélium. On utilise un injecteur direct, chauffé à 240°C. La température du four est programmée de 150°C à 230°C à la vitesse de 3°C/mn. Les performances obtenues sont suffisantes pour analyser l'ensemble des composés organochlorés sans fractionnement préalable, ce qui réduit les risques de variation analytique. La quantification est faite par étalonnage externe en utilisant le rapport des hauteurs de pics. Dans le cas des PCB, la mesure individuelle des isomères est possible, mais pour ce programme de surveillance, l'évaluation quantitative a été faite par comparaison à l'Aroclor 1254 sur la base de la hauteur cumulée des 10 pics les plus importants. Les résultats obtenus ont été testés avec succès dans des exercices d'intercalibration avec le CIEM (UTHE *et al.*, 1980) et l'AIEA (AGENCE INTERNATIONALE POUR L'ÉNERGIE ATOMIQUE, 1986). Il existe toutefois une incertitude plus grande avec le lindane, due essentiellement à sa forte tension de vapeur et aux pertes qui en résultent en cours de lyophilisation et la concentration des extraits avec évaporation à sec. Les résultats sont exprimés dans tous les cas par rapport au poids de chair sèche (lyophilisée).

III - VARIATION SELON LES ESPÈCES

Compte tenu de leur disponibilité régionale régulière, il a été nécessaire d'utiliser quatre espèces de mollusques pour assurer une surveillance convenable du littoral français. *Mytilus edulis* a été utilisée dans 37 stations, *Mytilus galloprovincialis* dans 23 stations et *Crassostrea gigas* dans 38 stations. La quatrième espèce, *Ostrea edulis* est peu représentée : quatre stations seulement.

L'hypothèse d'une distorsion géographique introduite par la différence de facteur de bioconcentration de chacune de ces espèces a été examinée. Cette différence est bien mise en évidence dans le cas de certains métaux lourds. Elle est très importante plus spécialement dans le cas du cadmium et du zinc ou elle peut atteindre des facteurs de 3 à 10 (BOUTIER, 1981). Pour les polluants organiques, tels que hydrocarbures, PCB, sDDT, on ne constate pas de telles variations.

Dans le présent échantillonnage, on dispose pour quelques sites, de prélèvements multispécifiques. L'examen statistique des résultats correspondants (tableau I), montre alors que la différence de concentration pour les hydrocarbures, les PCB et les DDT n'est pas significative compte tenu de la variance liée aux variations saisonnières, géographiques, événementielles ou analytiques.

Le comportement relativement homogène pour les quatre espèces considérées peut être expliqué de deux manières complémentaires. D'abord, ces espèces ont un mode de vie assez semblable, en particulier par leur biotope naturel et leur mode d'alimentation. Ensuite, le mécanisme d'accumulation des polluants considérés est essentiellement de nature lipophile et fait donc très peu intervenir les particularismes biochimiques propres à chaque espèce, contrairement à ce qui peut être constaté pour les métaux lourds.

Tenant compte de ces observations, nous avons donc choisi de représenter les variations géographiques nationales sans différencier en fonction des espèces. Ceci permet d'avoir une vision beaucoup plus globale de l'ensemble des observations sans introduire de distorsion significative.

TABLEAU I : Comparaison des teneurs en hydrocarbures aromatiques totaux et en organochlorés entre les moules (M) et les huîtres (H), (concentrations exprimées par rapport au poids sec).

	HPA (µg/kg)		PCB (µg/kg)		DDT (µg/kg)	
	M	H	M	H	M	H
Baie du Mont Saint Michel	1,7 ± 1,8	2,6 ± 1,5	177 ± 20	164 ± 108	28 ± 15	33 ± 18
La Rance	2,3 ± 1,7	3,5 ± 1,7	350 ± 105	342 ± 118	47 ± 24	54 ± 16
Pertuis breton	3,2 ± 2,1	3,8 ± 2,3	417 ± 107	339 ± 123	117 ± 52	196 ± 84
Marennes-Oléron	3,5 ± 3,4	3,5 ± 2,9	443 ± 137	324 ± 137	107 ± 47	85 ± 36
Tech / Têt	5,9 ± 10,0	5,4 ± 5,3	110 ± 58	177 ±210	69 ± 34	55 ± 15

IV - NIVEAU DE PRÉSENCE DES POLLUANTS ET DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE.

La représentation spatiale des niveaux de contamination observés est illustrée pour chacun des paramètres étudiés par les figures 2, 3 et 4.

Les concentrations en hydrocarbures aromatiques totaux dans les huîtres et les moules varient de 1 à 30 mg/kg. Les niveaux de "référence" de 1 à 2 mg/kg (tableau II), définis comme étant les plus faibles observés sur le littoral français pour des sites non soumis à des apports polluants significatifs. Ces niveaux sont les mêmes pour l'ensemble du littoral, de la Manche à la Méditerranée. Pour les concentrations les plus fortes, (> 10 mg/kg), on notera tout particulièrement la baie de Seine où le profil d'estuaire est tout à fait net et montre l'apport dû au fleuve. On remarque aussi le golfe de Fos chroniquement pollué en relation avec une forte activité industrielle et portuaire. Dans le cas de Lorient, de l'Adour et de Saint-Jean-de-Luz, les fortes contaminations sont en fait très localisées et traduisent davantage une situation locale en amont d'estuaires plus qu'une situation régionale critique. La contamination du littoral Nord Bretagne en plusieurs points est la conséquence du nauffrage de l'"Amoco Cadiz" en 1978 (GRIZEL *et al.*, 1981 ; GUNDLACH *et al.*, 1983 ; BALOUET *et al.*, 1985) et du "Tanio" en 1980 (BERNE et BODENNEC, 1984).

TABLEAU II : Gammes de concentrations en hydrocarbures aromatiques totaux et en organochlorés observées dans les moules et les huîtres sur le littoral français (concentrations exprimées par rapport au poids sec).

	HPA (mg/kg)	PCB (µg/kg)	DDT (µg/kg)
Niveaux de référence	1 – 2	100 – 200	15 – 30
Contamination chronique faible	2 – 5	200 – 400	30 – 80
Contamination chronique significative	5 – 10	400 – 700	80 – 200
Contamination chronique forte	10 – 20	700 – 200	200 – 400
Très forte contamination	> 20	> 2 000	> 400

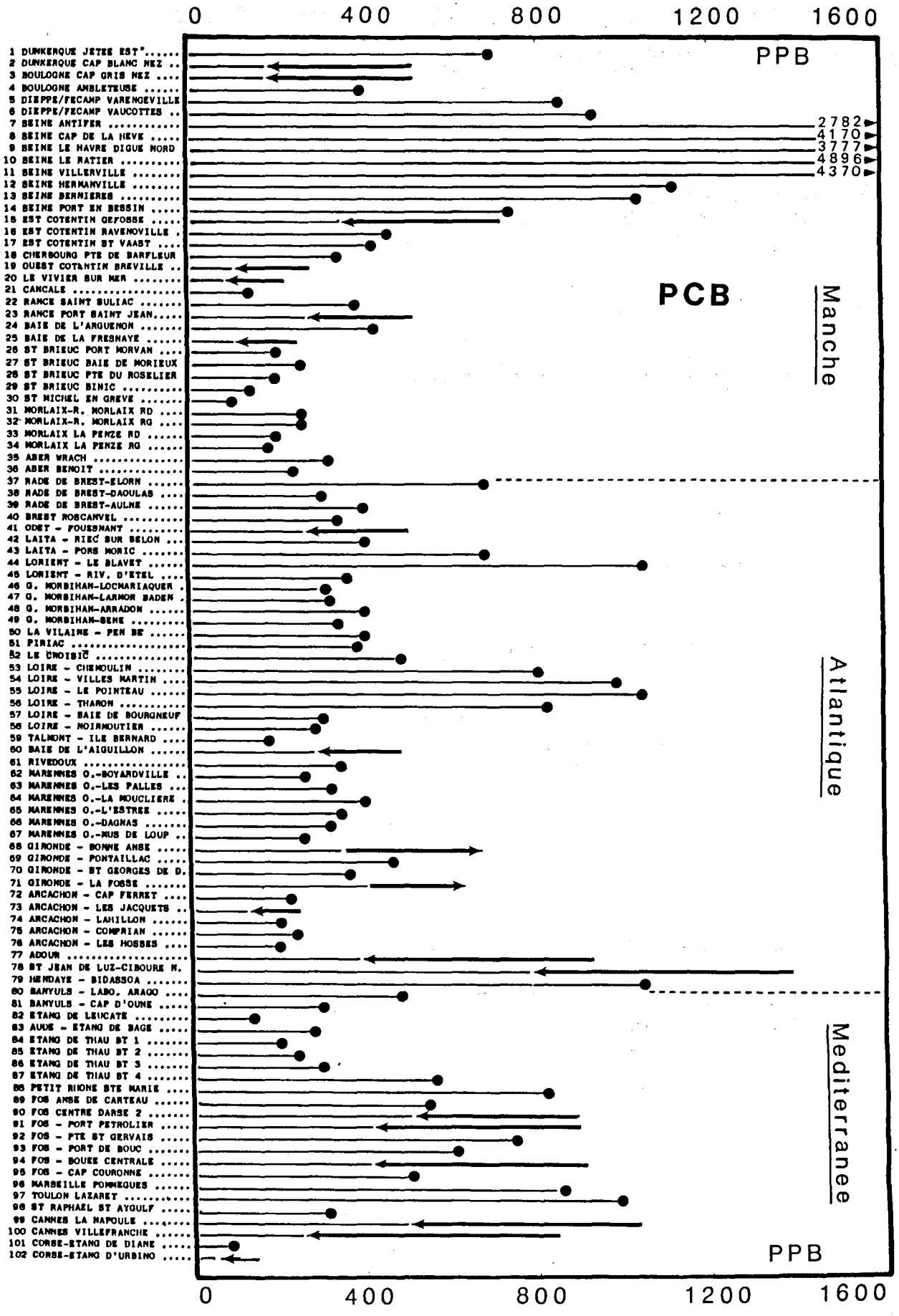


Figure 2 - Représentation géographique des PCB. Les points représentent la moyenne au cours de la période considérée. Les flèches indiquent les tendances statistiquement significatives (estimation 1980 --> estimation 1985). Les concentrations sont exprimées par rapport au poids sec.

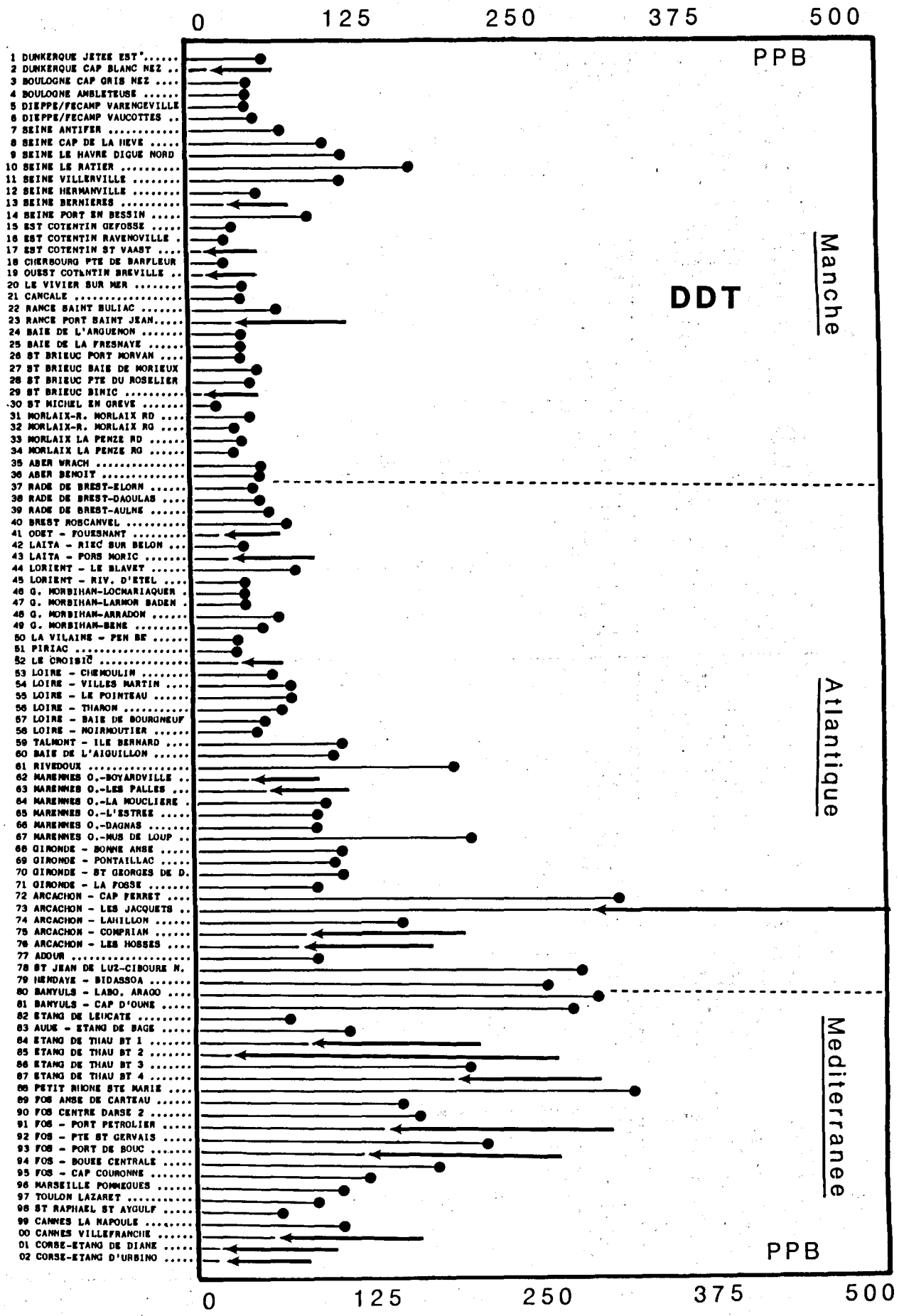


Figure 3 - Représentation géographique du DDT. Les points représentent la moyenne au cours de la période considérée. Les flèches indiquent les tendances statistiquement significatives (estimation 1980 --> estimation 1985). Les concentrations sont exprimées par rapport au poids sec.

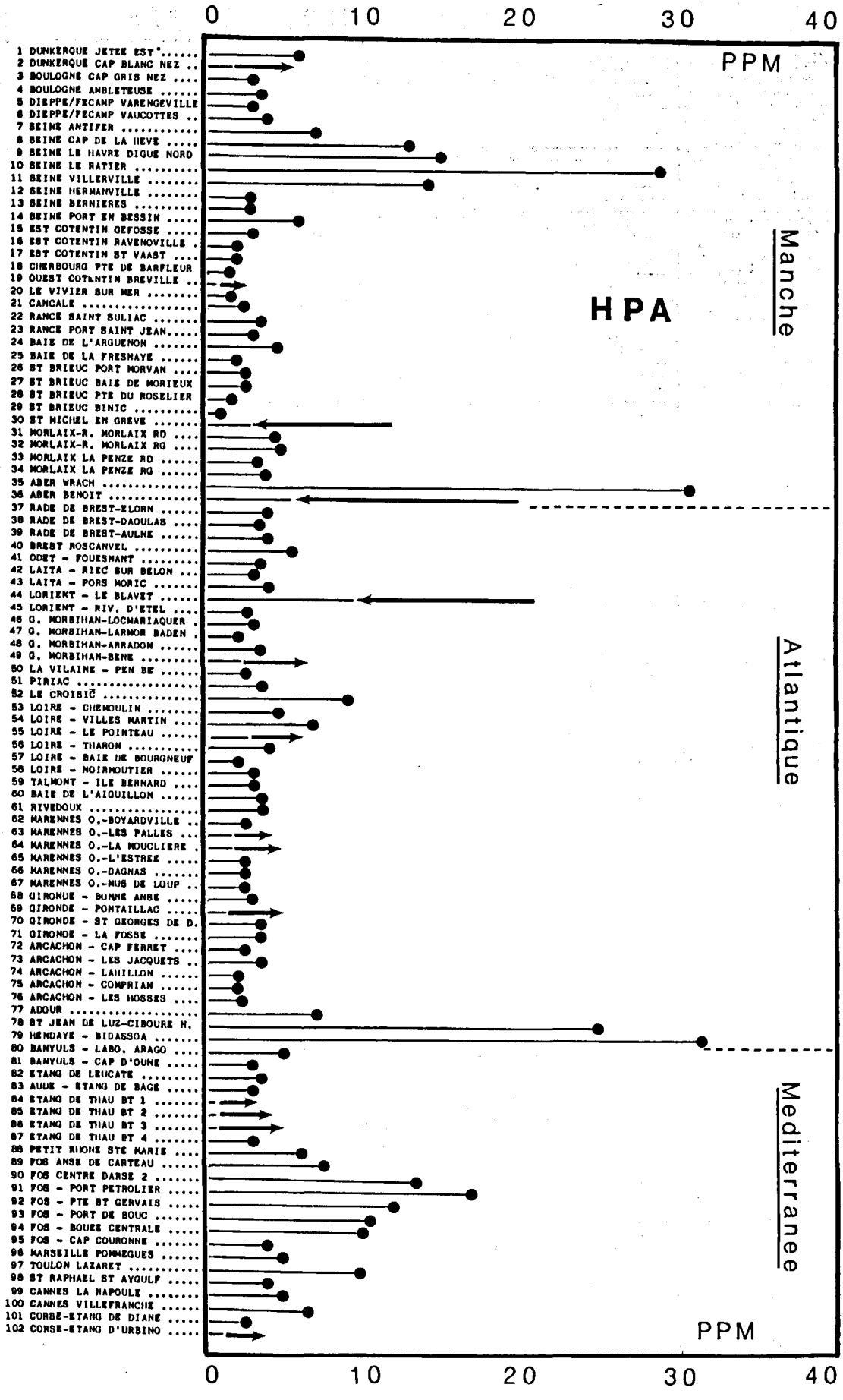


Figure 4 - Représentation géographique des HPA. Les points représentent la moyenne au cours de la période considérée. Les flèches indiquent les tendances statistiquement significatives (estimation 1980 --> estimation 1985). Les concentrations sont exprimées par rapport au poids sec.

La gamme des concentrations moyennes de PCB varie de 80 à 5 000 μg/kg. Les valeurs qualifiées de "référence" (>100 μg/kg) sont observées en Bretagne Nord et sur le littoral est de la Corse. Les teneurs les plus élevées (>2 000 μg/kg) sont situées dans l'estuaire de Seine et traduisent une situation très spécifique du littoral français. Cet apport de PCB par la Seine se répercute vers le nord jusqu'à Dieppe avec des concentrations qui décroissent de 5 000 à 1 000 μ/kg, et vers l'ouest jusqu'à la pointe Est-Cotentin (5 000 à 400 μg/kg). Cette influence lointaine de la Seine jusqu'à 150 km environ de part et d'autre de son estuaire, avait déjà été mise en évidence pour le littoral par ALZIEU *et al.* (1976), MICHEL et ABARNOU (1983), MARCHAND (1985 a, b). Elle est confirmée plus au large par des fortes teneurs dans les coquilles Saint-Jacques (ALZIEU, 1981). Le rôle majeur des matières en suspension dans le transit de ces polluants a été examiné par ABARNOU *et al.* (1987). La contamination de l'estuaire de Loire est également visible mais à un niveau moins important (1 038 μg/kg). L'estuaire de la Gironde est peu contaminé (520 μg/kg). En Méditerranée, le golfe de Fos, Marseille et Toulon (500 à 1 000 μg/kg) présentent les concentrations les plus importantes. Il faut ajouter à cela, comme pour les hydrocarbures, les situations localement critiques de Lorient, Hendaye et Saint-Jean-de-Luz (1 048, 1 040 et 1 056 μg/kg). Les concentrations généralement observées sur le littoral français sont tout à fait comparables à celles trouvées dans la littérature (tableau III). On notera toutefois que les niveaux de référence correspondant à des sites non pollués du littoral des Etats-Unis sont en moyenne de 22 ± 12 μg/kg (GOLDBERG *et al.*, 1978), soit quatre fois moins que pour le littoral français. La très forte contamination de la baie de Seine reste aussi à souligner même si des teneurs aussi élevées que 31 000 μg/kg ont été déterminées aux USA, à proximité d'une usine fabricant des condensateurs électriques (FARRINGTON *et al.*, 1983).

Pour le DDT et ses métabolites, on a représenté (fig. 3), la somme sDDT = DDT + DDD + DDE. La gamme des concentrations moyennes observées varie de 20 à 500 μg/kg. Le DDE est le plus souvent majoritaire. Les niveaux les plus faibles que l'on puisse prendre comme référence sont de 15 à 30 μg/kg et se situent sur les côtes de Bretagne Nord. Toute la partie du littoral Atlantique au sud de la Loire ainsi que la Méditerranée ont un niveau de contamination environ trois fois plus élevé que la moitié nord du pays et ceci aussi bien pour les valeurs les plus faibles que pour les valeurs les plus fortes. Les moyennes les plus élevées ont été notées à Arcachon (500 μg/kg), mais la côte Languedoc-Roussillon est aussi très fortement contaminée (200-300 μg/kg). Pour le littoral de la Manche, on peut encore distinguer le profil de l'estuaire de Seine (100 à 150 μg/kg). Si l'on compare à d'autres pays (tableau III), on peut constater que la coupure de la France en deux parties (Nord et Sud) trouve un prolongement par les valeurs plus faibles pour les pays plus au nord (Suède, Royaume-Uni) et plus fortes pour les pays méditerranéens voisins (Espagne, Italie, Maroc, Yougoslavie). Par ailleurs, il est intéressant de remarquer que les apports fluviaux ne sont plus les sources majoritaires de contamination contrairement à ce qui était observé pour les hydrocarbures et les PCB.

Bien que l'usage du lindane soit important, les concentrations mesurées dans les mollusques pour ce contaminant restent faibles (1 à 30 μg/kg). Ceci peut être expliqué d'abord par un facteur d'accumulation moindre. Le cœfficient de partage octanol/eau qui permet d'apprécier ce facteur, est de 3,85 pour le lindane et 5,75 pour le DDT selon MACKAY (1982). Mais il faut tenir compte aussi d'une sous-estimation probable du lindane par perte de produit au cours de la lyophilisation, car ce produit a une tension de vapeur élevée. Nous ne proposons donc pas de représentation géographique qui pourrait être erronée.

Une typologie des zones d'apport a été établie (fig. 5) en tenant compte des teneurs respectives en PCB et HPA. Elle permet de distinguer très nettement trois types différents : les estuaires, les zones portuaires et les zones d'impact de rejets accidentels. Ainsi, l'apport prédominant en PCB par la Seine est très bien mis en évidence, même à une distance importante. A un degré moindre de contamination, la même situation est observée pour l'estuaire de Loire. Avec une proportion plus importante d'hydrocarbures, on trouve ensuite un ensemble de stations situées directement dans les ports ou sous influence très proche (Hendaye, St-Jean-de-Luz, Lorient, Toulon, Fos, Le Croisic). On note aussi deux stations situées sous double influence estuarienne et portuaire (Le Havre et Saint-Nazaire). Enfin, l'impact de la pollution accidentelle par les hydrocarbures de l'"Amoco Cadiz" et du "Tanio" est très facilement identifiable pour trois stations (Aber Wrach, Aber Benoit et baie de Lannion) pour lesquelles une teneur forte en HPA associée à de très faibles teneurs en PCB est caractéristique.

TABLEAU III : Teneurs en PCB et DDT dans les huîtres et les moules dans le monde (en $\mu g/kg$, poids sec). (* somme de 6 isomères PCB ; ** cette étude ; Sp = espèce ; ME = *Mytilus edulis* ; MG = *Mytilus galloprovincialis* ; OG = *Crassostrea gigas* ; M = *Mytilus sp.* ; H = *Ostrea sp*). Les données originales en poids humide ont été multipliées par 5 pour obtenir l'équivalent en poids sec).

PAYS Région	Sp	Période	PCB Gamme	PCB Moyenne	sDDT Gamme	sDDT Moyenne	REFERENCES
NORVEGE							
Ext. Oslo Fjord	ME	1983	45-85	65			COMMISSION D'OSLO (1985)
Int. Oslo Fjord	ME	1982		3 000			CARLSON (1986)
SUEDE	ME	1972	190-1 950	623			DYBERN *et al.* (1978)
Skagerrack	ME	1980-82	85-125		5-15		CARLSON (1986)
Skagerrack	ME	1983	5-65	35			COMMISSION D'OSLO (1985)
PAYS BAS							
Borkum	ME	1979-82	70-105*	92*			CARLSON (1986)
Scheldt estuary	ME	1979-82	100-385*	172*			CARLSON (1986)
Noordwijk	ME	1979-82	100-530*	335*			CARLSON (1986)
BELGIQUE	ME	1983		825			COMMISSION D'OSLO (1985)
ROYAUME UNI	ME	1977-78	<250-1 500	580	<30-400	89	MURRAY et LAW (1980)
FRANCE							
Estuaire de Seine	ME	1979-85	1 030-4 896	3 162	44-164	94	**
Manche (Est.Seine)	ME	1979-85	106-941	353	21-91	43	**
Atlantique	ME OG	1979-85	181-1 056	438	32-504	98	**
Méditerranée	MG	1979-85	77-1 040	516	40-323	168	**
ESPAGNE							
Vigo	ME	1975-76	150-1 500	522			FRANCO et FERNANDEZ (1979)
Ebro	ME	1980	170-1 100	491	80-1015	460	RISEBROUGH et *al.* (1983)
PORTUGAL	ME	1983	10-75	35			COMMISSION D'OSLO (1985)
MAROC							
Oued Sebou	ME	1977-80		460		275	UNEP / FAO (1986)
ITALIE							
Cote Tyrrhénéenne	MG	1978-80	60-2 100		45-260		UNEP / FAO (1986)
Cote Adriatique	MG	1976-79	205-750		65-124		UNEP / FAO (1986)
Lagune et Venise	MG	1976	171-918	475	195-323	269	UNEP / FAO (1986)
YOUGOSLAVIE							
Clean Area	MG		55-420	200	2-282	150	UNEP / FAO (1986)
Polluted Area	MG		147-13 110	5 260	128 -	3290	UNEP / FAO (1986)
GRECE							
Golfe de Saronicos	MG	1976-78	250-375		25-70		UNEP / FAO (1986)
Nord Mer Egée	MG	1980		2 033		60	UNEP / FAO (1986)
USA							
Northern coast	MH	1976-78	50-31 000	400			FARRINGTON *et al.* (1983)
West coast	MH	1976-78		50			FARRINGTON *et al.* (1983)
California	MH	1978	7-950	109			RISEBROUGH *et al.* (1976)
THAILANDE	M	1979		10		160	MENASVETA et CHEEVAPARANAPIWAT (1981)

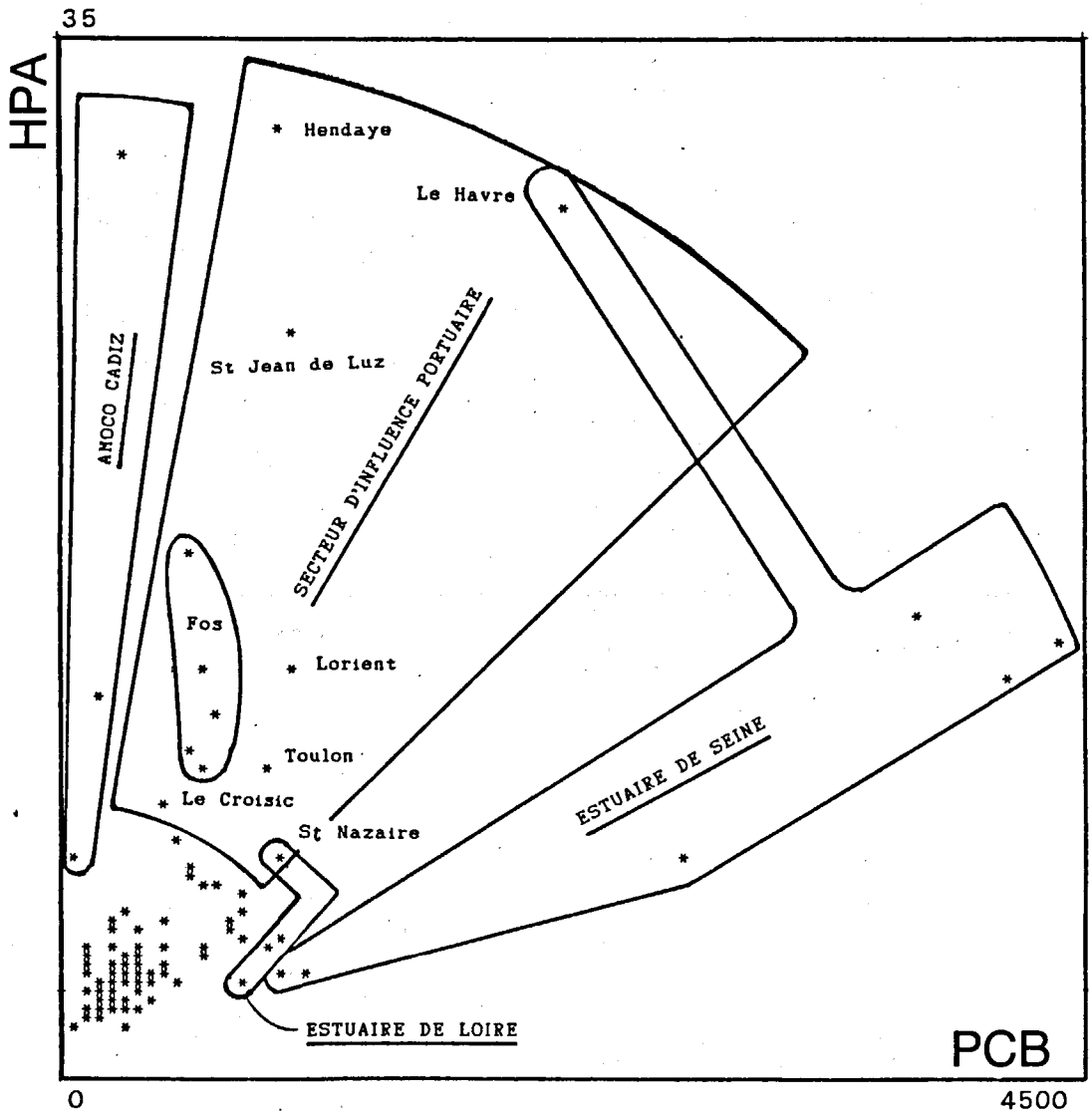


Figure 5 - Typologie des zones d'apport d'après les teneurs en PCB (ppb) et en HPA (ppm).

V - ÉVOLUTION DANS LE TEMPS

Pour chaque station nous disposons de 20 à 25 prélèvements régulièrement échelonnés dans le temps. Ceci permet donc d'aborder de façon statistique les problèmes de variations saisonnières et de tendance à long terme.

1. VARIATIONS SAISONNIÈRES

On constate à l'évidence des variations de concentration en polluants organiques dans les moules et les huîtres au cours d'une année. Plusieurs raisons peuvent expliquer ces variations. Les premières sont d'ordre biologique et sont liées aux variations métaboliques en fonction de la température, de l'abondance de nourriture et de l'état physiologique. Les secondes raisons sont d'ordre géochimique et mettent en cause les crues des fleuves qui peuvent expulser en quelques jours, les polluants accumulés dans les estuaires pendant les périodes d'étiage, ou plus fréquemment, les tempêtes qui dans la zone littorale, remettent en suspension des sédiments contaminés et donc rendent à nouveau les polluants biodisponibles comme cela fut constaté au cours des hivers qui suivirent le naufrage de l'"Amoco Cadiz" (GRIZEL *et al.*, 1981). Enfin, la troisième source importante de variations est liée à la discontinuité du rejet de certains polluants. Celle-ci peut être liée à des accidents (hydrocarbures et PCB) ou à un usage saisonnier comme dans le cas des pesticides (DDT et Lindane).

De telles variations ont déjà été notées dans le cas des PCB par WILSON et FORESTER (1978) qui observent les cycles des teneurs mesurées dans *Crassostrea gigas* dans un estuaire durant sept années successives et concluent sur les variations importantes liées à la reproduction. De même, FARRINGTON *et al.* (1983) notent un facteur d'incertitude allant de 2 à 4 comme conséquence des fluctuations saisonnières.

L'examen de nos résultats permet de constater que ces variations existent (Arcachon, fig. 6). Le synchronisme de ces variations pour des lieux de prélèvements voisins permet d'écarter toute hypothèse en relation avec les incertitudes analytiques, d'autant plus sûrement que les autres stations analysées simultanément dans d'autres régions présentent un rythme saisonnier différent.

En même temps que ces observations d'ordre géographique, on doit noter l'absence de synchronisme pour les trois contaminants considérés (HPA, PCB, sDDT). Il s'agit pourtant de composés qui obéissent aux mêmes mécanismes physicochimiques d'accumulation (mécanismes qui peuvent être appréciés par le cœfficient de partage octanol/eau). Ces différences de comportement d'un contaminant

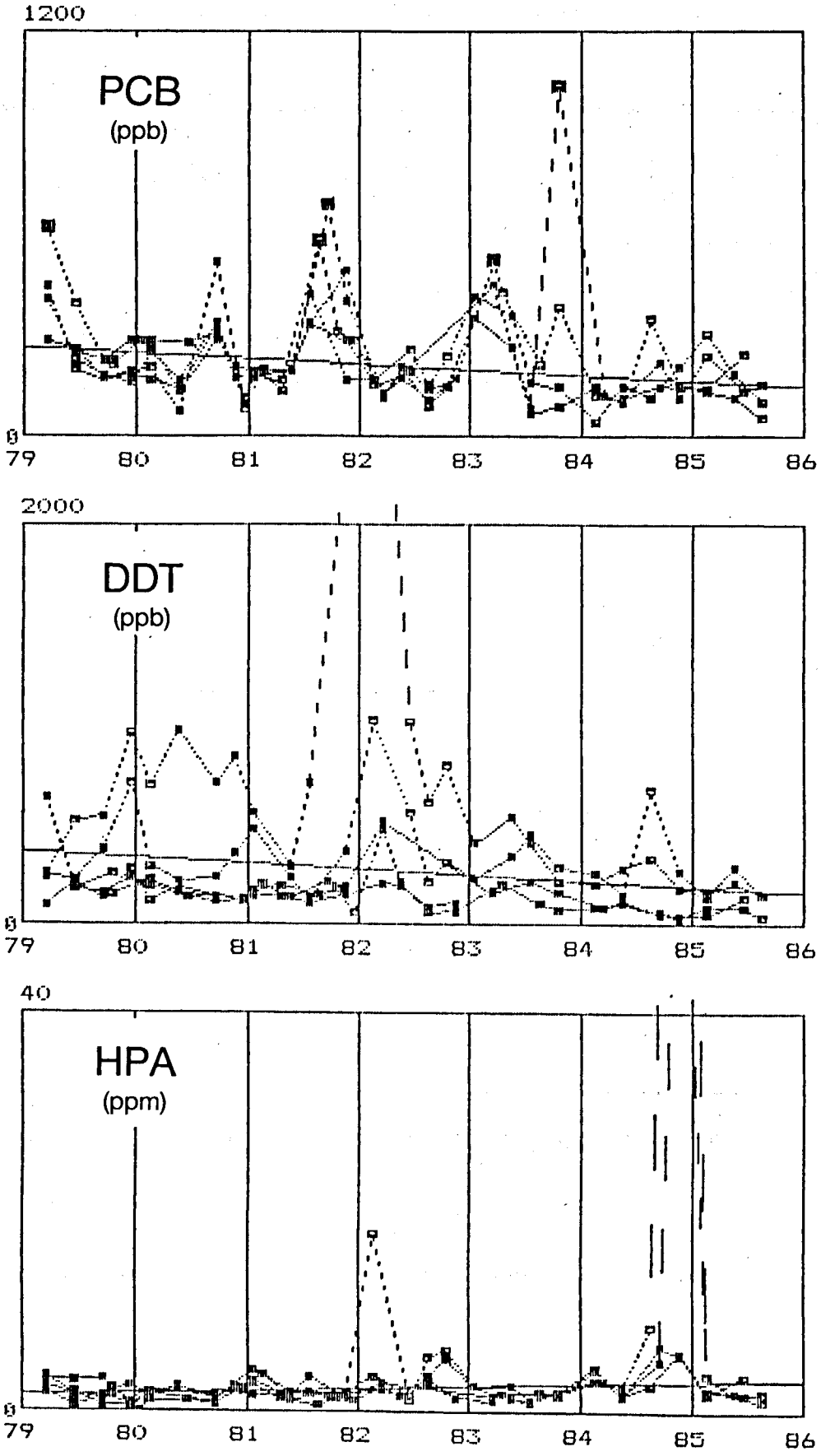


Figure 6 - Exemple de variation saisonnière et à long terme pour les cinq stations du bassin d'Arcachon.

à l'autre ne peuvent donc s'expliquer par les cycles biologiques des espèces étudiées, ni par des phénomènes géoclimatiques. Ceci est particulièrement clair dans la figure 6 qui concerne une seule espèce (*Crassostrea gigas*) et un même biotope. Ces observations permettent de conclure que l'amplitude des variations liées aux rejets eux-mêmes prédominent sur les variations biologiques ou géochimiques.

Il faut ajouter que la reproductibilité des variations saisonnières n'est pas assurée même si l'on considère un seul polluant, une seule espèce et un lieu unique. Si l'on avait étudié les variations des teneurs en PCB dans les huîtres pendant deux années complètes, de février 1981 à février 1983 à Arcachon (fig. 6), on aurait conclu à une variation cyclique très significative avec un maximum en fin d'été et un minimum en fin d'hiver. Ceci n'est pas confirmé pour les autres années et sur le plan national, on constate des variations saisonnières totalement asynchrones pour une même espèce et un même polluant.

Cet ensemble d'observations nous entraîne donc à conclure qu'il existe des variations saisonnières dont l'amplitude peut parfois être grande, mais qu'il est impossible de déterminer une loi permettant la correction de ces variations aléatoires à court terme, afin d'améliorer l'évaluation des tendances à long terme. On peut remarquer aussi que les conclusions obtenues au cours d'études moins longues et avec des échantillonnages plus restreints doivent être utilisées avec prudence.

2. TENDANCES A LONG TERME

Bien que les variations saisonnières des résultats soient importantes, l'exploitation statistique de longues séries temporelles permet toutefois de détecter une évolution souvent significative. Elle peut être différente pour chaque point de prélèvement avec pour effet d'élargir l'intervalle de confiance, nous avons préféré faire l'étude de tendance individuellement pour chaque station.

La première étape indispensable consiste à valider les données obtenues. Pour ce faire, la méthode utilisée est entièrement statistique et aucune valeur n'a été éliminée à priori. Une première droite de régression a été calculée et toutes les données externes à l'intervalle de 2 écarts-types de part et d'autre de la valeur estimée ont été éliminées. En cas de forte évolution, cette procédure permet de ne pas éliminer les données situées au début et à la fin de la série d'observations, masquant ainsi la tendance, ce qui serait le cas en utilisant l'intervalle de confiance autour de la moyenne. Avec les données ainsi validées, il est alors possible de calculer les paramètres définitifs de la droite de tendance. La comparaison de la pente de la droite et de l'incertitude sur cette pente permet de détecter un accroissement ou une diminution significative du niveau de pollution pour un contaminant dans une station déterminée. Lorsque la valeur de la pente est comprise dans l'intervalle d'incertitude, cela n'exclue pas une évolution possible, mais signifie que de plus longues observations sont nécessaires pour qu'elle soit établie statistiquement.

Pour les PCB, les niveaux et les tendances sont représentés sur la figure 2. On peut constater une décroissance significative pour 17 stations sur un total de 102. Dans deux cas seulement on note une augmentation. Ceci traduit mal une décroissance beaucoup plus généralisée concrétisée par une baisse des valeurs estimées dans 81 % des stations de 1980 à 1985. En France, cela serait la conséquence normale d'une réglementation d'interdiction de rejet de ces produits.

Cette baisse régulière du niveau de contamination en PCB est d'ailleurs confirmée aux USA par STOUT (1985), en Mer Baltique par OLSSON et REUTERGARDH (1986) et en Méditerranée (BURNS *et al.* 1985). Cette décroissance est plus importante sur le littoral méditerranéen. Par contre, dans l'estuaire de la Seine, la variance est trop grande pour qu'il soit possible de mettre en évidence une quelconque évolution. Cette variance importante est caractéristique d'une zone d'apports où les fluctuations sont de ce fait plus importantes que dans un milieu en l'état d'équilibre.

Pour le DDT et ses métabolites, on note une décroissance statistiquement significative pour 24 stations sur 102 tandis qu'aucune croissance significative ne peut être mise en évidence (fig. 3). Cette tendance semble de plus en plus se généraliser sur l'ensemble du littoral puisqu'une baisse des niveaux est observée dans 92 % des stations de prélèvement. OLSSON et REUTERGARDH (1986) notent eux aussi une réduction régulière et très importante des teneurs en DDT dans les poissons de la Mer Baltique entre 1968 et 1985. Cette réduction est particulièrement nette dans les zones précédemment les plus contaminées. Là encore, cela traduit de toute évidence les effets d'une réglementation d'interdiction du DDT à usage agricole. Pourtant, ceci ne peut masquer au niveau local, des usages épisodiques au cours des années 1980-1983 qui se sont traduits par des pics importants (Arcachon, fig. 6) et qui ont été confirmés par des valeurs très élevées du rapport DDT/DDE, très caractéristiques et d'usages récents. En moyenne, ce rapport est inférieur à 0.5, mais il dépasse 50 dans le cas précité.

Cette décroissance à long terme constatée pour la contamination en PCB et DDT vient confirmer les conclusions de MARCHAND (1985 a, b) qui comparait les données acquises au cours de cette surveillance entre 1979 et 1982 avec des mesures faites à partir de 1972. Ceci n'exclue pas à plus court terme des variations interannuelles aléatoires comme celles constatées par cet auteur pour la période de 1980 - 1982.

Pour les hydrocarbures aromatiques, la tendance générale est plus stable (fig. 4). Bien que les variances soient faibles et permettent donc de détecter des évolutions significatives de faible amplitude, on ne note que onze stations avec une tendance faiblement croissante et trois en très nette amélioration dans la zone d'impact de l'"Amoco Cadiz". Un commentaire particulier est nécessaire à ce sujet. Dans cette zone très lourdement contaminée en mars 1978, certaines parties telles que la baie de Morlaix ont été restaurées assez rapidement pour qu'aucune tendance très nette ne soit plus discernable après 1980. Par contre, à Saint-Michel-en-Grèves et dans l'Aber-Benoît, il a fallu six années pour retrouver un niveau sensiblement normal. On notera aussi que des incidents de pollution par hydrocarbures sont relativement fréquents sur l'ensemble du littoral, et peuvent se traduire par une forte augmentation momentanée du niveau de contamination des mollusques (fig. 6), mais contrairement à ce qui fut constaté pour l'"Amoco Cadiz", la restauration de l'état initial est très rapide tant que les sédiments eux-mêmes n'atteignent pas un niveau critique de contamination.

VI - CONCLUSION GÉNÉRALE

Le programme de surveillance des polluants organiques dans les mollusques littoraux développé en France depuis 1979 et la comparaison avec les données publiées par ailleurs, permettent de dégager de nombreuses informations utiles.

Tout d'abord, on constate que les variations interspécifiques entre les moules et les huîtres sont suffisamment faibles pour qu'il n'en soit pas tenu compte dans l'étude de la répartition géographique. Cela permet donc d'assurer une meilleure couverture nationale sans introduire de distorsion importante. Cela permet aussi de comparer les résultats avec ceux obtenus sur ces deux espèces dans d'autres pays.

Dans ces conditions, on a pu mettre en évidence pour les PCB une source majeure de contamination par la Seine, avec une extension notable jusqu'à 150 km de part et d'autre de cet estuaire. Aucune évolution en fonction du temps n'a pu être statistiquement établie pour cette région. On note aussi une contamination chronique forte en Méditerranée entre Marseille et Toulon, avec une tendance en amélioration sur de nombreuses stations.

Pour le DDT, on note de façon générale une décroissance des niveaux de contamination successive à la décision d'interdiction de ce produit en 1972. On notera toutefois que toute la côte atlantique au sud de la Loire et les côtes méditerranéennes restent encore chroniquement contaminées et un usage de produit au cours de la période de surveillance ne peut être exclu avec certitude comme on a pu le voir en particulier à Arcachon en 1982. Par ailleurs, la répartition nord / sud constatée sur les côtes françaises est en accord avec les valeurs rapportées par d'autres auteurs (valeurs faibles pour l'Europe du nord et valeurs fortes pour les pays méditerranéens).

Dans le cas des hydrocarbures polyaromatiques, les points forts de contamination se situent très normalement près des ports et sur les zones d'impact d'accidents pétroliers ("Amoco Cadiz"). Une décroissance de contamination au cours du temps est normalement notée dans ce dernier cas alors que le niveau global pour l'ensemble du pays est relativement stable.

Une typologie des zones d'apport a pu être dégagée en tenant compte des teneurs en hydrocarbures polyaromatiques et des PCB. Ceci met en évidence un apport prédominant de PCB par les fleuves et d'hydrocarbures dans les ports. Les zones de rejets accidentels sont susceptibles d'être distinguées par une distorsion relative encore plus accentuée du rapport HPA / PCB ("Amoco Cadiz").

La disposition de longues séries temporelles a permis d'affiner l'étude mathématique des tendances à long terme, malgré l'existence de variations à court terme aléatoires et de forte amplitude. Globalement, la situation actuelle de contamination du littoral français par les PCB, DDT et HPA est assez comparable à celles qui sont rapportées pour d'autres pays industrialisés, et la décroissance de cette contamination au fil des années pour les DDT et PCB y est analogue. Il faut rappeler cependant que l'estuaire de Seine semble encore résister à cette dynamique en ce qui concerne les teneurs en PCB.

BIBLIOGRAPHIE

ABARNOU (A.), AVOINE (J.), DUPONT (J.P.), LAFITE (R.), SIMON (S.), 1987. - Role of suspended sediments on the distribution of PCB in the Seine estuary (France). Contin. Shelf Research. **7** (11-12) : 1345-1350.

AGENCE INTERNATIONALE POUR L'ÉNERGIE ATOMIQUE, 1986. - Intercalibration of analytical methods on marine environmental samples. Results of MED POL II exercise of intercalibration of chlorinated hydrocarbons measurements. Report n°29, IAEA / RL / 136 MONACO.

ALZIEU (Cl.), 1981. - La coquille Saint-Jacques *Pecten maximus* témoin de contamination des eaux littorales par les polychlorobiphényls. Sci. Pêche, Bull. Inst. Pêches Marit. **264** : 1 – 18.

ALZIEU (Cl.), MICHEL (P.), THIBAUD (Y.) 1976. - Présence de micropolluants dans les mollusques littoraux. Sci. Pêche, Bull. Inst. Pêches Marit., **264** : 1 – 18.

CARLSON (H.) Edit., 1986. - Quality Status of the North Sea. A report compiled from contributions by experts of the governments of the North Sea Coastal States and the Commission of the European Communties, prepared for the International Conference on the protection of the North Sea, Bremen, Oct. 31 - Nov. 1, 1984. Dt. Hydrogr. Z. Erg. - H.B. **16**: 424 p.

BALOUET (G.), BERTHOU (F.), BODENNEC (G.), MARCHAND (M.), 1985. - Effets de la pollution de l'"Amoco Cadiz" sur l'ostréiculture (1974-1984). Rapport de contrat UBO / IFREMER : 108 p.

BERNE (S.), BODENNEC (G.), 1984. - Evolution of hydrocarbons after the "Tanio" oil spill - Comparison with the "Amoco Cadiz" accident. Ambio **13** (2) : 109-114.

BOUTIER (B.) 1981. - Synthèse des résultats de la surveillance des micropolluants dans la matière vivante. CNEXO, Bull. RNO n° 17 : 115-174.

BURNS (K.A.), VILLENEUVE (J.P.), FOWLER (S.W.), 1985. - Fluxes and residence times of hydrocarbons in the coastal Mediterranean : how important is the biota ? - Estuar. Coast. and Shelf Sci. **20** : 313 - 330.

COMMISSION D'OSLO 1985. - Dixième rapport annuel d'activité, 140 p.

DYBERN (B.I.) et JENSEN (S.), 1978. - DDT ans PCB in fish and mussels in the Kattegat - Skagerrack area. Meddelande fran Havsfiskelaboratoriet. Lysekil **232**. 17 p.

FARRINGTON (J.W.), GOLDBERG (E.D.), RISEBROUGH (R.W.), MARTIN (J.H.), BOWEN (V.T.), 1983. - U.S. "Mussel Watch" 1976 - 1978 : an overview of the trace metal, DDE, PCB, hydrocarbon and artificial radionuclide data. Environ. Sci. Technol. **17** (8) : 490 - 496.

FARRINGTON (J.W.), DAVIS (A.), LIVRAMENTO (J.B.), CLIFFORD C.W.), FREW (N.M.), KNAP (A.), 1986. - ICES / IOC intercomparison exercices on the determination of petroleum hydrocarbons in biological tissues (mussel homogenate) - ICES (2 / HT / BT).

FOSSATO (V.U.), CRABOLEDDA (L.), 1979. - Chlorinated hydrocarbons in mussels, *Mytilus sp.*, from the laguna veneta. Archo. Oceanogr. Limnol. **19** : 169-178.

FRANCO (J.M.), FERNANDEZ (M.J.), 1979. - Residuos de bifenilos policlorados (PCB) y DDT en tres especies de moluscos, mejillon (*Mytilus edulis*), lapa (*Patella sp.*) y nucela (*Nucella lapillus*), de las rias de Vigo y Pontevedra. - Invest. Pesq. **43** (3) : 709-722.

GOLDBERG (E.D.), 1975. - The mussel watch. A first step in global marine monitoring. Mar. Poll. Bull.**6** : 111-113.

GOLDBERG (E.D.), BOWEN (V.T.), FARRINGTON (J.W.), HARVEY (G.R.), MARTIN (J.H.), PARKER (P.L.), RISEBROUGH (R.W.), ROBERTSON (W.), SCHNEIDER (E.), GAMBLE (E.), 1978. - The Mussel Watch. Environ. Conserv. **5** (2) : 101-125.

GRIZEL (H.), MICHEL (P.), ABARNOU (A.), GUEGAN (B.), 1981. - Incidences de l'"Amoco Cadiz" sur les exploitations ostréicoles - Publication CNEXO - Actes du Colloque International "Amoco Cadiz" : pp. 715-726.

GUNDLACH (E.R.), BOEHM (P.D.), MARCHAND (M.), ALAS (R.M.), WARD (D.M.), WOLFE (D.A.), 1983. - The fate of "Amoco Cadiz" oil. Science **221** : 122-129.

HILTNER (R.S.), WICHMANN (H.J.), 1919. - Zinc in oysters. J. Biol. Chem. **38** : 205-221.

MACKAY (D.), 1982. - Correlation of bioconcentration factors. Environ. Sci. Technol. **16** (5), 274-278.

MARCHAND (M.), 1985 a. - Processus géochimiques d'apports et de distribution des polluants organiques dans l'environnement marin. Etude appliquée aux hydrocarbures et hydrocarbures halogénés. Thèse Doct. es Sciences, Univ. Paris VI, 309 p.

MARCHAND (M.), 1985 b. - Les composés organochlorés dans les eaux littorales - Exploitation des données de surveillance dans les mollusques du R N O - Colloque Franco-Japonais d' Océanographie, Marseille, 16 - 21 sept. 1985, **5** : 35-49.

MARCHAND (M.), VAS (D.), DUURSMA (E.K.), 1976. - Levels of PCBs and DDTs in mussels from the N.W. Mediterranean ; Mar. Pollut. Bull., **7** (4) : 65-69.

MENASVETA (P.), CHEEVAPARANAPIWAT (V.), 1981. - Heavy metals, organochorine pesticides and PCBs in green mussels, mullets and sediments of river mouths in Thailand. Mar. Pollut. Bull. **12** : 19-25.

MICHEL (P.) 1983. - Dosage global des hydrocarbures aromatiques par HPLC - fluorescence - *In* : Manuel des analyses chimiques en milieu marin. AMINOT (A.), CHAUSSEPIED (M.) Edit., Publ. CNEXO, Brest : pp. 337-346.

MICHEL (P.), ABARNOU (A.), 1983. - Pollution marine par les composés organiques de synthèse - Bull. Acad. Nat. Méd. **167** (5) : 35-42.

MURRAY (A.J.), LAW (R.J.), 1980. - Results of a mussel watch programme in England and Wales 1977 and 1978. ICES CM 1980/E 15 : MEQC.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980. - The International Mussel Watch. National Academy of Sciences, Washington D.C. : 248 p.

OLSSON (M.), REUTERGARDH (L.), 1986. - DDT and PCB pollution trends in the Swedish Aquatic Environment. Ambio :15 (2) : 103-109.

RISEBROUGH (R.W.), DE LAPPE (B.W.), SCHMIDT (T.T.), 1976. - Bioaccumulation factors of chlorinated hydrocarbons between mussels and sea-water. Mar. Poll. Bull ; **7** : 225-228.

RISEBROUGH (R.W.), DE LAPPE (B.W.), WALKER II (W.), SIMONEIT (B.R.), GRIMALT (J.), ALBAIGES (J.), REGUERIO (J.A.G.), 1983. - Application of the Mussel Watch concept in studies of the Ebro Delta. Mar. Pollut. Bull. **14** (5) : 181-197.

STOUT (V.S.), 1985. - Elements of effective environmental monitoring as illustrated by an analysis of PCB trends in terrestrial and aquatic organisms. *In* : PCB and the Environment, WAID (J.S.), Edit. C.R.C. Press, vol. I : 163-205.

UNEP/FAO, 1986. - Baseline studies and monitoring of DDT, PCBs and others chlorinated hydrocarbons in marine organisms (MED POL III). Map technical Report series n°3, UNEP, Athens, 1986.

UTHE (J.F.), MUSIAL (C.J.), 1980. - Report on the fifth ICES Intercalibration study of PCBs in biological material. ICES C.M. 1980/E : 8 M.E.Q.C.

WILSON (A.J.), FORESTER (J.), 1978. - Persistance of Aroclor 1254 in a contaminated estuary. Bull. Environ. Contam. Toxicol. **19** : 637.

ANNEXE

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES TENEURS EN PCB, DDT ET HPA DE 1979 A 1986 POUR LES 102 STATIONS DU RNO MATIÈRE VIVANTE

EXPLICATION DES LÉGENDES :

- Le nombre de **mesures** validées par les tests statistiques est indiqué. Celles qui ont été écartées sont représentées sur les graphes par un carré de plus grande taille.

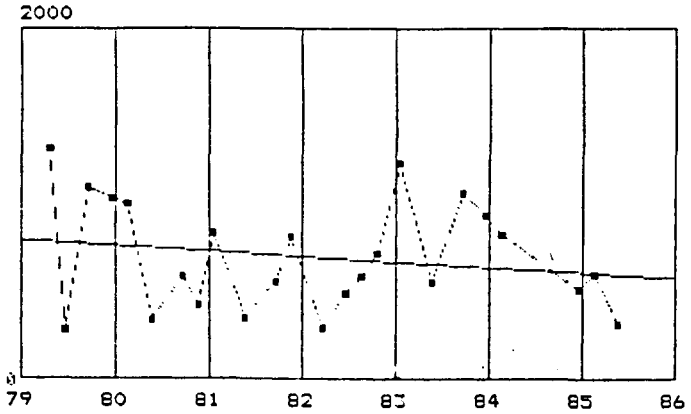
- **Y moyen** représente la moyenne des concentrations pour les mesures validées. L'intervalle de confiance est de **2** σ.

- La droite de tendance a été calculée et représentée. L'intervalle de confiance sur la pente de cette droite est indiqué.

- **Y est80** et **Y est85** sont les estimations calculées pour les années 1980 et 1985 à partir des paramètres de la droite de tendance.

- Les unités sont exprimées en ppb pour les polychlorobiphényles (**PCBs**), le DDT et ses métabolites (**DDTs**) ; en ppm pour les **hydrocarbures**.

12/1 DUNKERQUE JETEE EST



P C B s

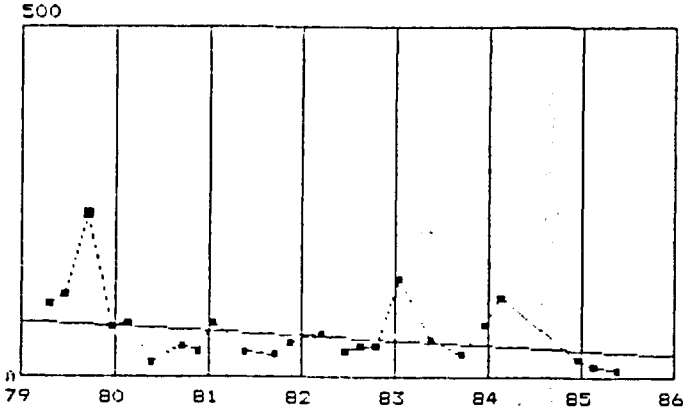
****

Mesures = 24

2 σ = 195

Y moyen = 692
Y est80 = 752
Y est85 = 609

Y=-29 +- 70 X + 752



D D T s

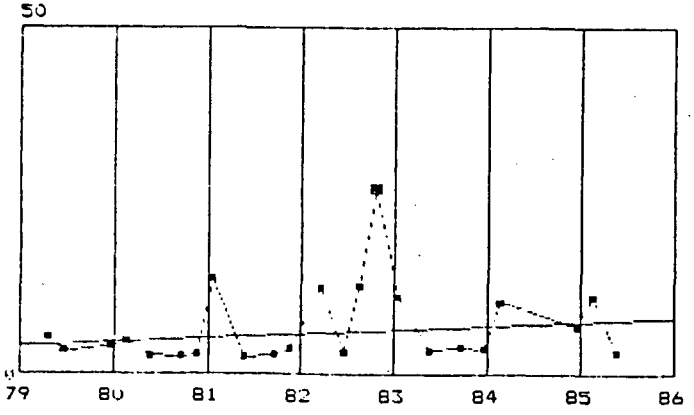
****

Mesures = 23

2 σ = 22

Y moyen = 58
Y est80 = 73
Y est85 = 40

Y=-7 +- 8 X + 73



HYDROCARBURES

****

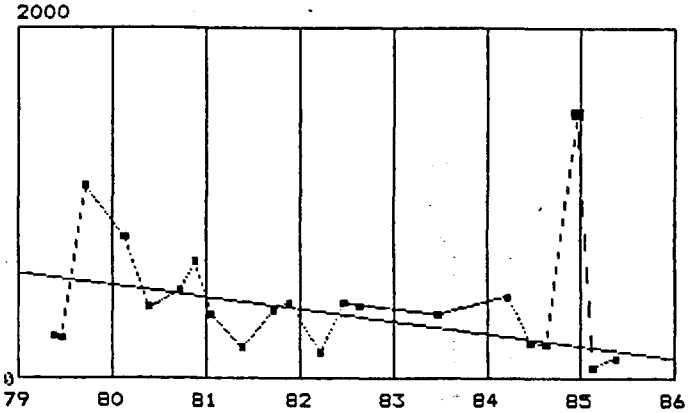
Mesures = 22

2 σ = 2.6

Y moyen = 6
Y est80 = 4.8
Y est85 = 7.6

Y= 0.6 +- 0.9 X + 4.8

12/2 DUNKERQUE CAP BLANC NEZ...



P C B s

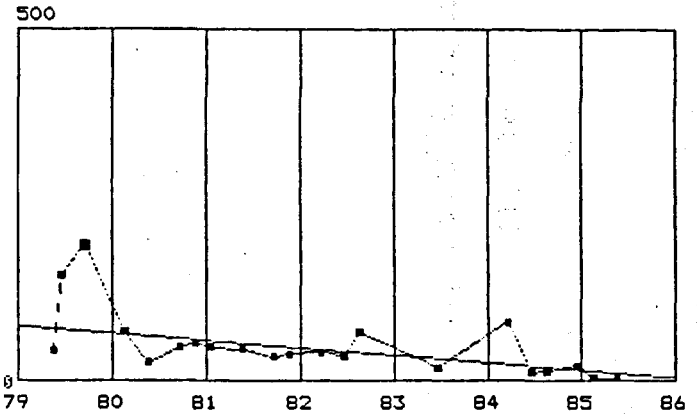
****

Mesures = 20

2 σ = 144

Y moyen = 387
Y est80 = 526
Y est85 = 189

Y=-67 +- 52 X + 526



D D T s

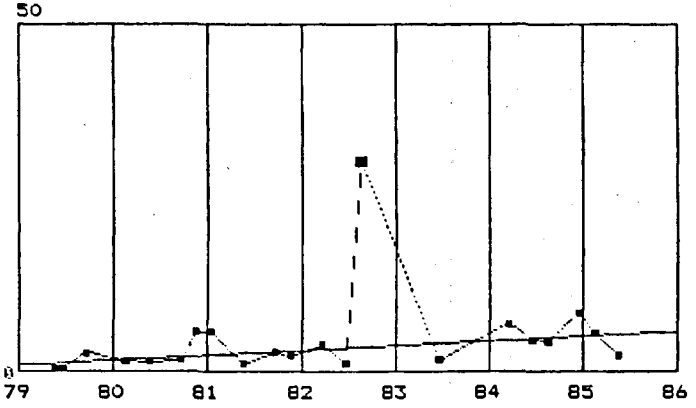
****

Mesures = 20

2 σ = 20

Y moyen = 43
Y est80 = 66
Y est85 = 16

Y=-10 +- 7 X + 66



HYDROCARBURES

****

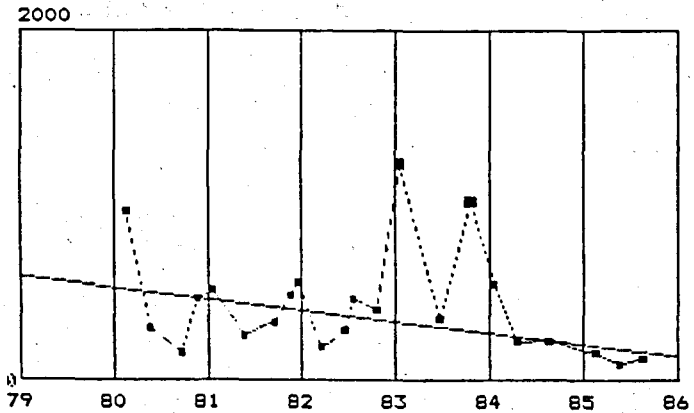
Mesures = 20

2 σ = 1.3

Y moyen = 3.3
Y est80 = 1.9
Y est85 = 5.1

Y= 0.6 +- 0.4 X + 1.9

42/2 BOULOGNE CAP GRIS NEZ



P C B s

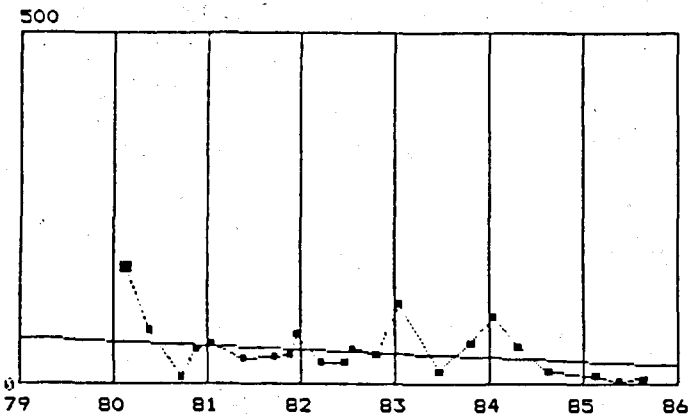
****

Mesures = 20

2 σ = 151

Y moyen = 360
Y est80 = 529
Y est85 = 208

Y=-64 +- 48 X + 529



D D T s

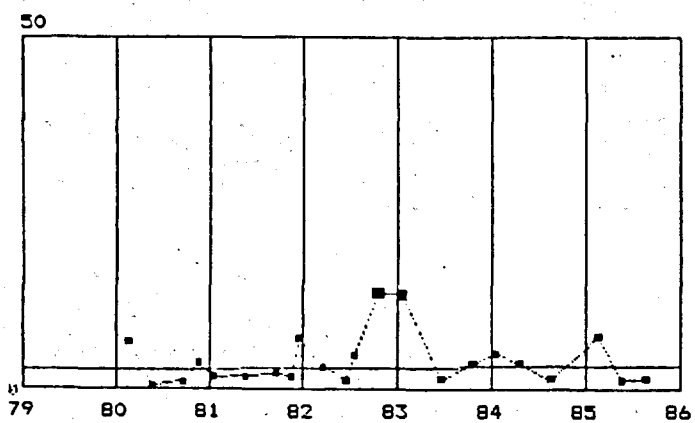
****

Mesures = 21

2 σ = 26

Y moyen = 44
Y est80 = 59
Y est85 = 32

Y=-5 +- 8 X + 59



HYDROCARBURES

****

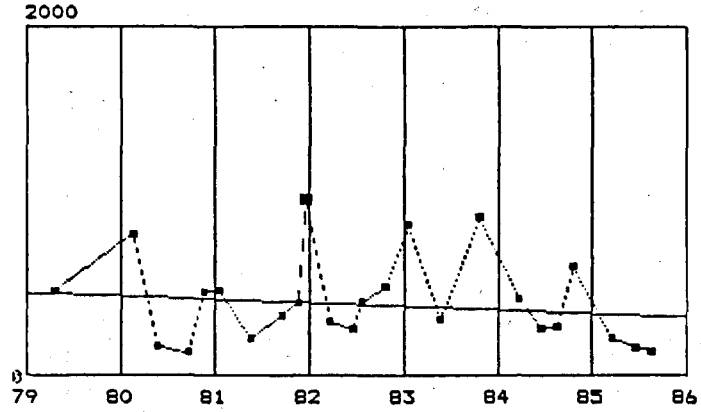
Mesures = 20

2 σ = 1.8

Y moyen = 3.1
Y est80 = 2.9
Y est85 = 3.2

Y= 0.1 +- 0.6 X + 2.9

42/1 BOULONE AMBLETEUSE.....



P C B s

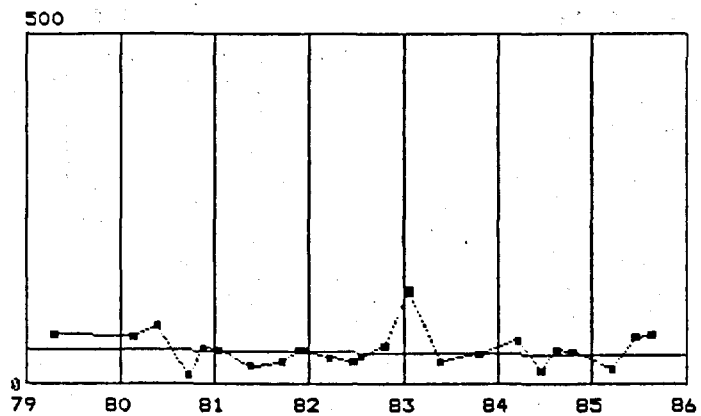
****

Mesures = 23

2 σ = 173

Y moyen = 406
Y est80 = 457
Y est85 = 362

Y=-19 +- 53 X + 457



D D T s

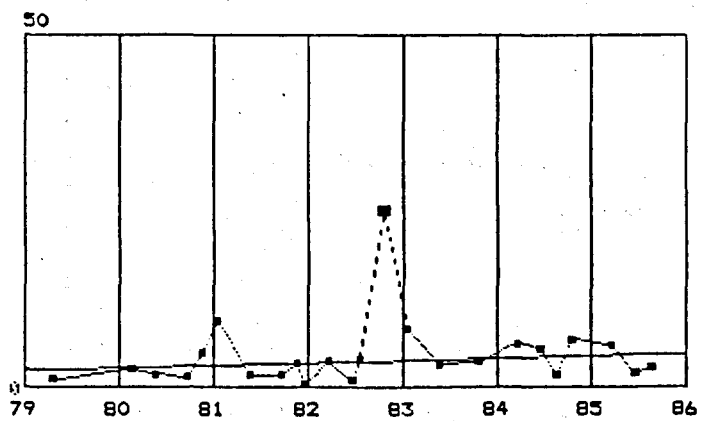
****

Mesures = 23

2 σ = 14

Y moyen = 46
Y est80 = 49
Y est85 = 43

Y=-1 +- 4 X + 49



HYDROCARBURES

****

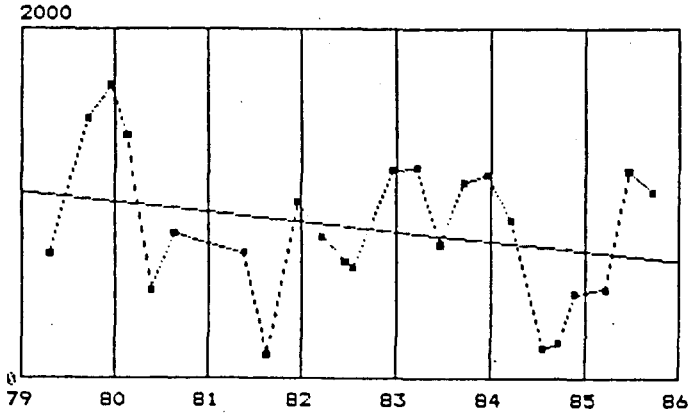
Mesures = 23

2 σ = 1.8

Y moyen = 3.6
Y est80 = 2.7
Y est85 = 4.4

Y= 0.3 +- 0.5 X + 2.7

22/1 DIEPPE/FECAMP VARENGEVILLE



P C B s

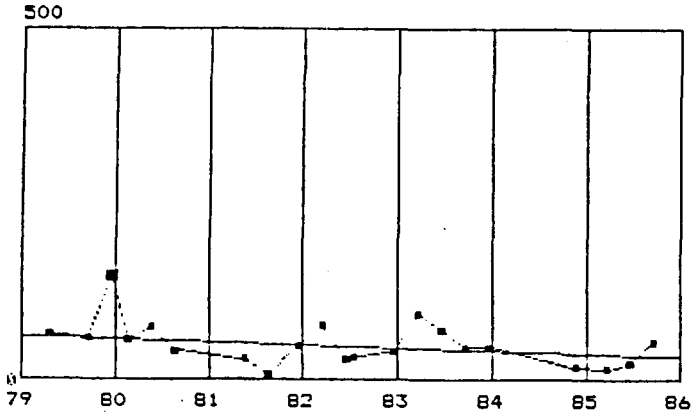
****

Mesures = 24

2 σ = 284

Y moyen = 858
Y est80 = 1009
Y est85 = 727

Y=-56 +- 86 X + 1009



D D T s

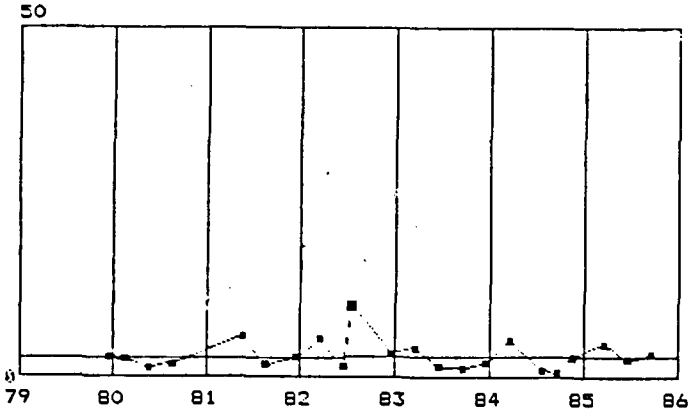
****

Mesures = 20

2 σ = 17

Y moyen = 46
Y est80 = 56
Y est85 = 37

Y=-4 +- 5 X + 56



HYDROCARBURES

****

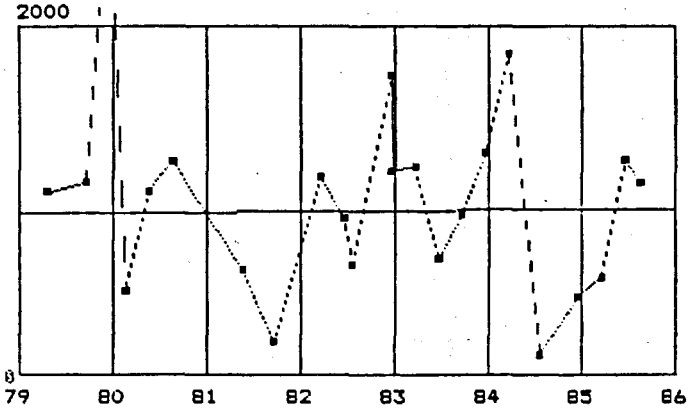
Mesures = 21

2 σ = 1.4

Y moyen = 2.9
Y est80 = 2.7
Y est85 = 2.9

Y= 0 +- 0.4 X + 2.7

22/2 DIEPPE/FECAMP VAUCOTTES...



P C B s

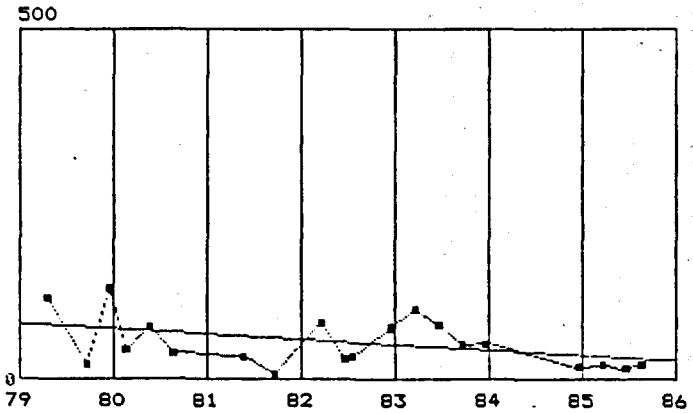
****

Mesures = 22

2 σ = 345

Y moyen = 941
Y est80 = 932
Y est85 = 949

Y= 4 +- 103 X + 932



D D T s

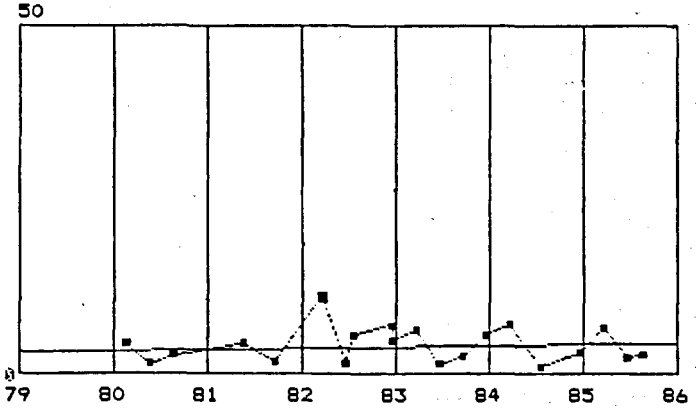
****

Mesures = 21

2 σ = 23

Y moyen = 53
Y est80 = 71
Y est85 = 34

Y=-7 +- 7 X + 71



HYDROCARBURES

****

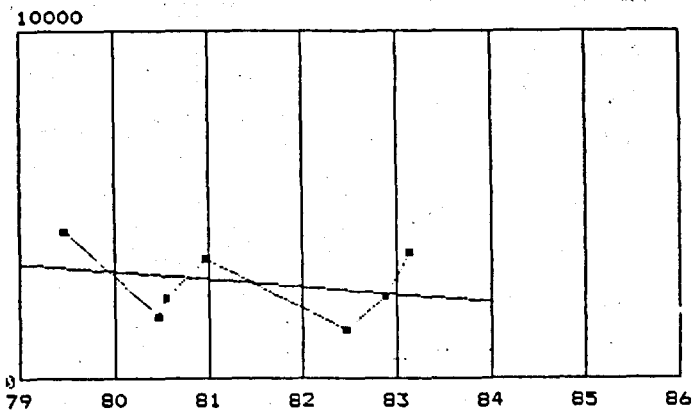
Mesures = 19

2 σ = 2.1

Y moyen = 3.9
Y est80 = 3.4
Y est85 = 4.1

Y= 0.1 +- 0.6 X + 3.4

01/8 SEINE ANTIFER.....



P C B s

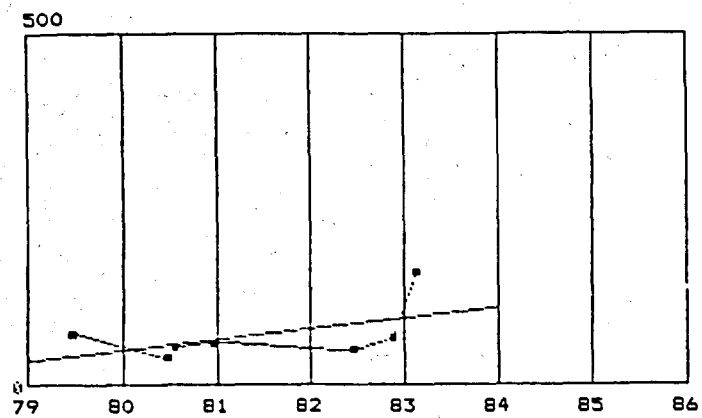
****

Mesures = 7

2 σ = 1215

Y moyen = 2782
Y est80 =
Y est85 =

Y=



D D T s

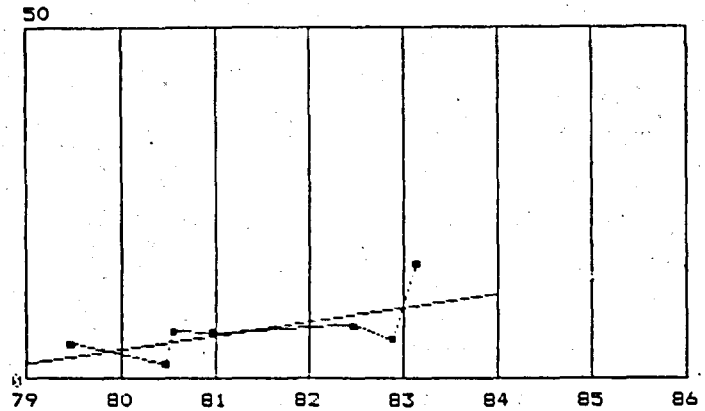
****

Mesures = 7

2 σ = 43

Y moyen = 72
Y est80 =
Y est85 =

Y=



HYDROCARBURES

****

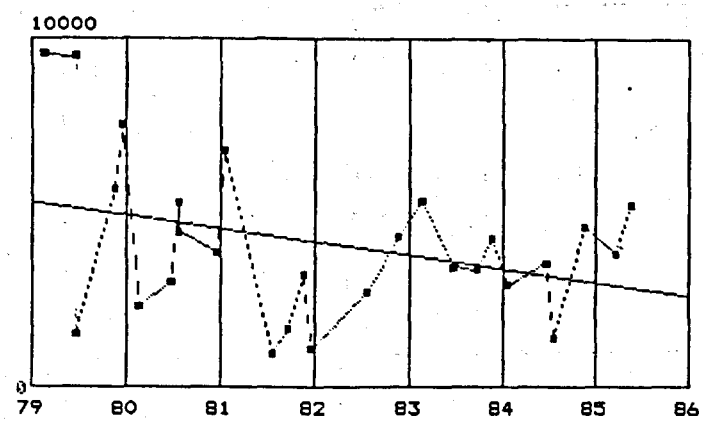
Mesures = 7

2 σ = 4.2

Y moyen = 7.1
Y est80 =
Y est85 =

Y=

01/2 SEINE CAP DE LA HEVE.....



P C B s

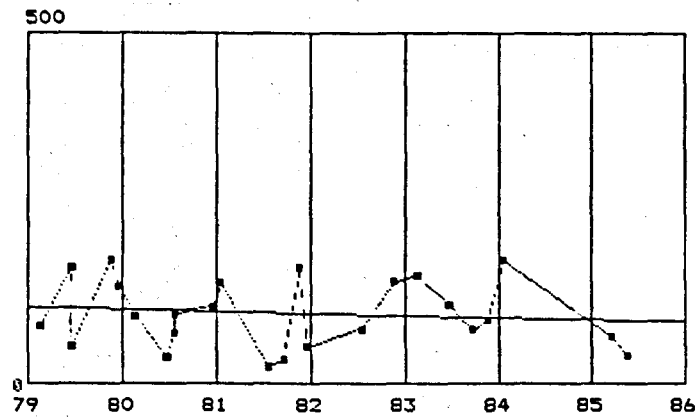
****

Mesures = 27

2 σ = 1247

Y moyen = 4170
Y est80 = 4948
Y est85 = 3101

Y=-369 +- 437 X + 4948



D D T s

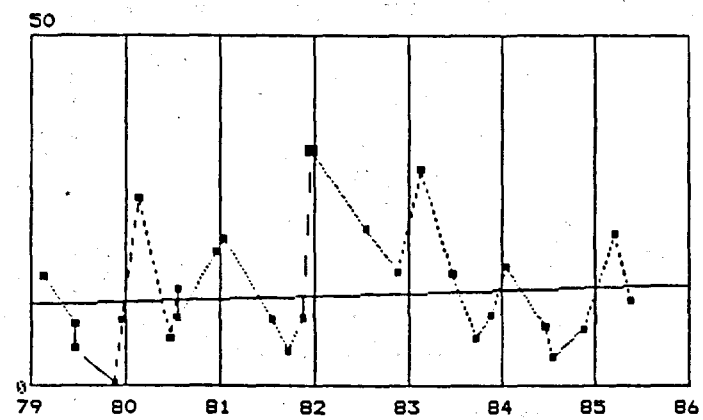
****

Mesures = 24

2 σ = 29

Y moyen = 100
Y est80 = 105
Y est85 = 91

Y=-3 +- 11 X + 105



HYDROCARBURES

****

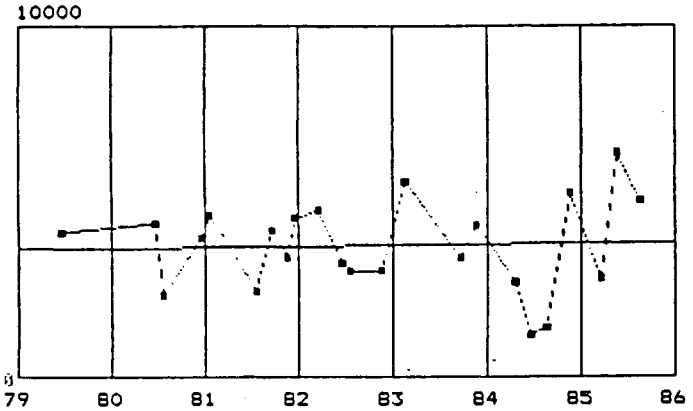
Mesures = 26

2 σ = 4.3

Y moyen = 13.1
Y est80 = 12.4
Y est85 = 14

Y= 0.3 +- 1.5 X + 12.4

01/6 SEINE LE HAVRE DIGUE NORD.



P C B s

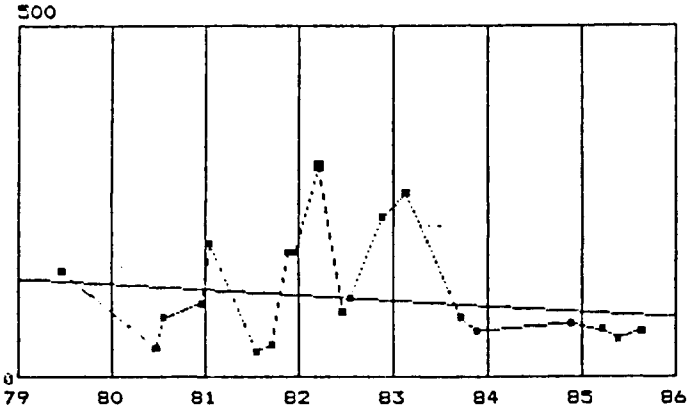
****

Mesures = 23

2 σ = 1062

Y moyen = 3777
Y est80 = 3726
Y est85 = 3816

Y= 18 +- 321 X + 3726



D D T s

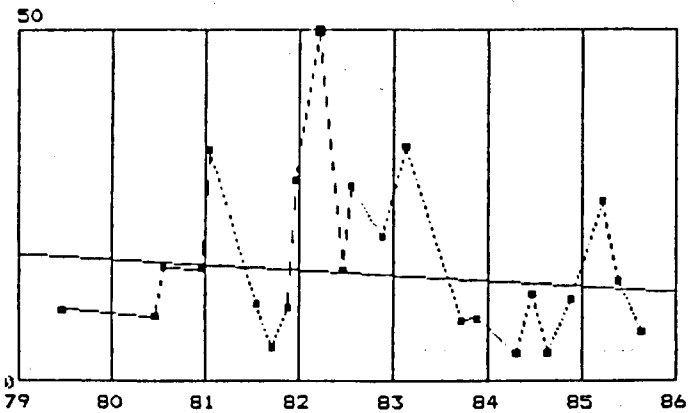
****

Mesures = 19

2 σ = 55

Y moyen = 113
Y est80 = 132
Y est85 = 95

Y=-7 +- 17 X + 132



HYDROCARBURES

****

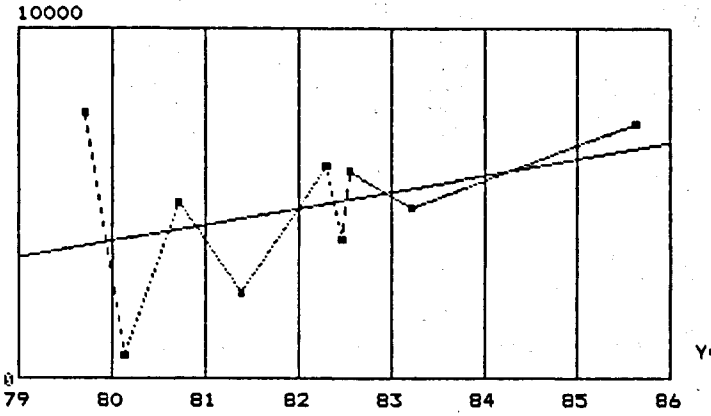
Mesures = 22

2 σ = 7.5

Y moyen = 15.2
Y est80 = 17.5
Y est85 = 13.4

Y=-0.8 +- 2.2 X + 17.5

01/3 SEINE LE RATIER.....



P C B s

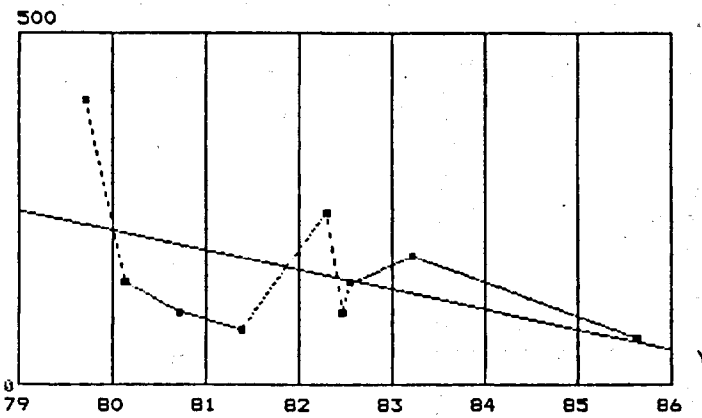
****

Mesures = 9

2 σ = 2278

Y moyen = 4896
Y est80 = 3965
Y est85 = 6280

Y= 463 +- 865 X + 3965



D D T s

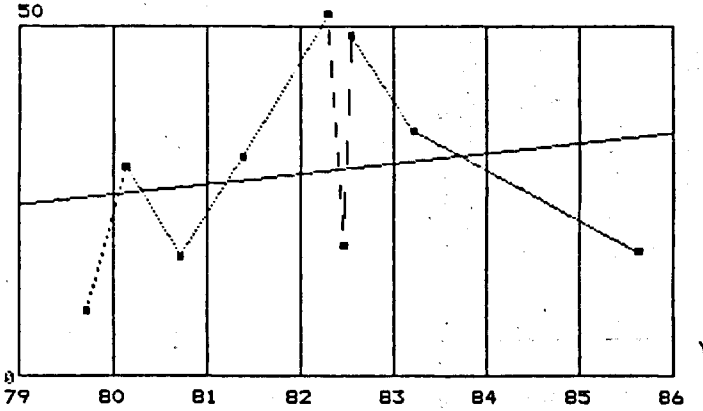
****

Mesures = 9

2 σ = 103

Y moyen = 164
Y est80 = 220
Y est85 = 81

Y=-28 +- 39 X + 220



HYDROCARBURES

****

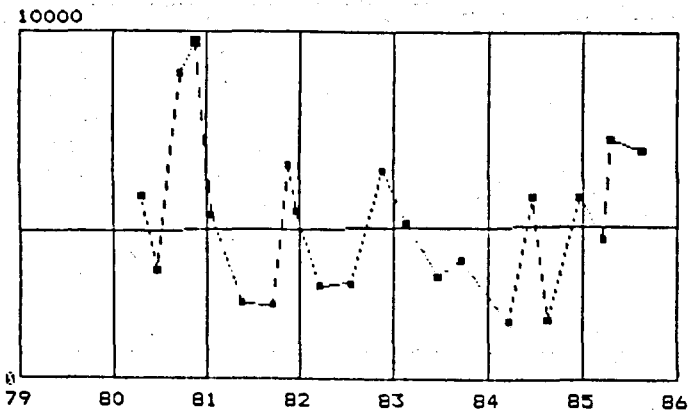
Mesures = 9

2 σ = 15.8

Y moyen = 28.9
Y est80 = 26.1
Y est85 = 33.2

Y= 1.4 +- 6 X + 26.1

01/1 SEINE VILLERVILLE.....



P C B s

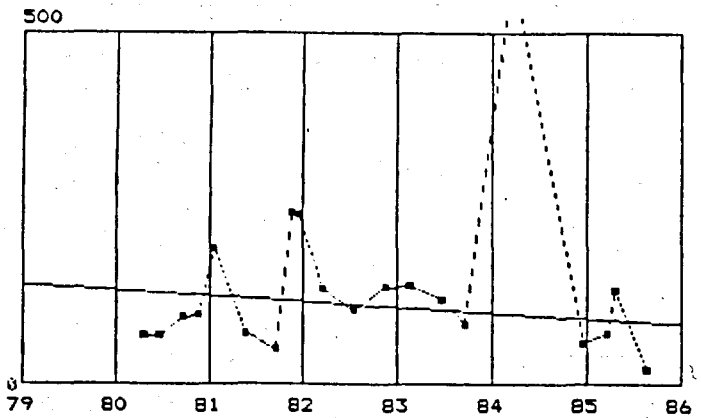
****

Mesures = 21

2 σ = 1737

Y moyen = 4370
Y est80 = 4316
Y est85 = 4408

Y= 18 +- 513 X + 4316



D D T s

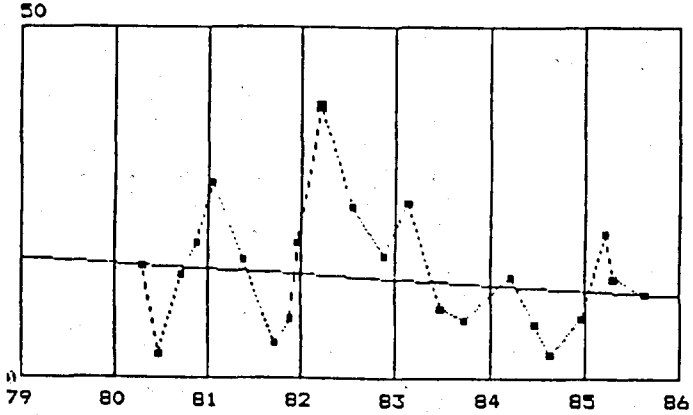
****

Mesures = 19

2 σ = 52

Y moyen = 113
Y est80 = 133
Y est85 = 95

Y=-8 +- 17 X + 133



HYDROCARBURES

****

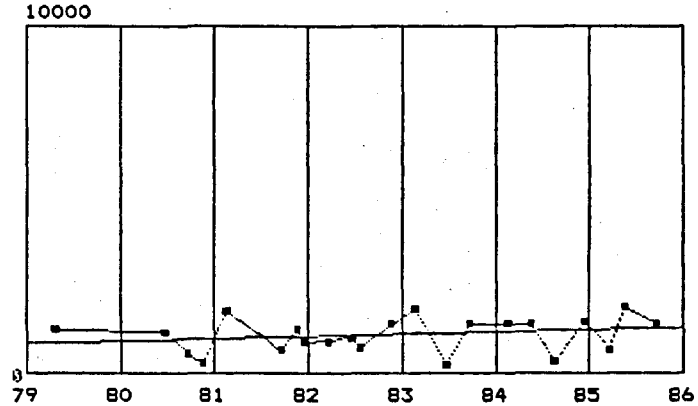
Mesures = 21

2 σ = 6.1

Y moyen = 14.2
Y est80 = 16.4
Y est85 = 12.6

Y=-0.8 +- 1.8 X + 16.4

01/9 SEINE HERMANVILLE (LION/ME



P C B s

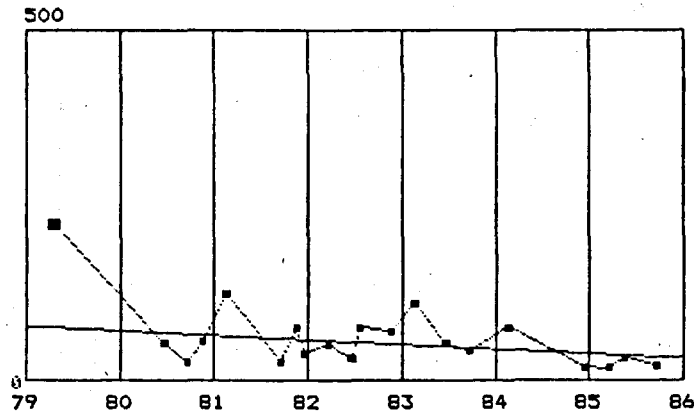
****

Mesures = 22

2 σ = 410

Y moyen = 1111
Y est80 = 941
Y est85 = 1238

Y= 59 +- 123 X + 941



D D T s

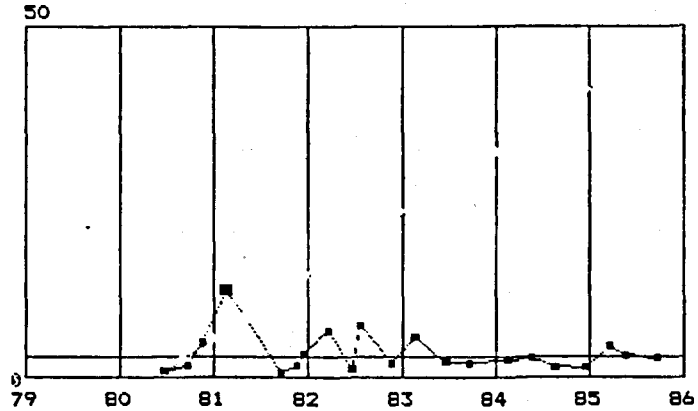
****

Mesures = 19

2 σ = 27

Y moyen = 53
Y est80 = 71
Y est85 = 39

Y=-6 +- 8 X + 71



HYDROCARBURES

****

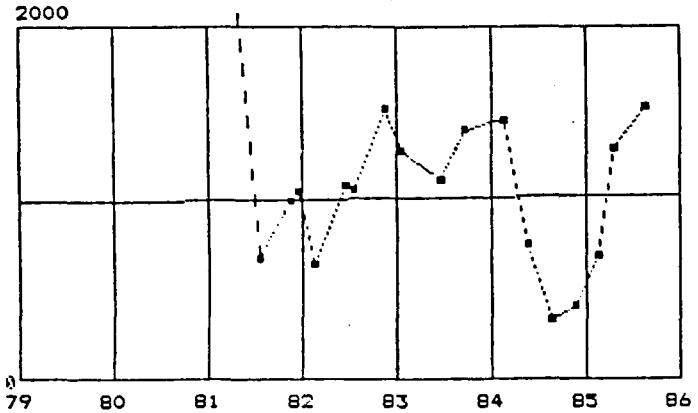
Mesures = 20

2 σ = 2

Y moyen = 3.1
Y est80 = 3.1
Y est85 = 3

Y= 0 +- 0.6 X + 3.1

1/10 SEINE BERNIERES.....



P C B s

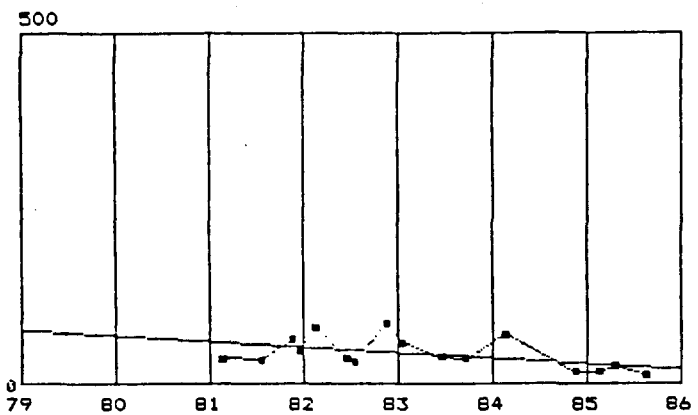
****

Mesures = 17

2 σ = 554

Y moyen = 1030
Y est80 = 1013
Y est85 = 1037

Y= 5 +- 148 X + 1013



D D T s

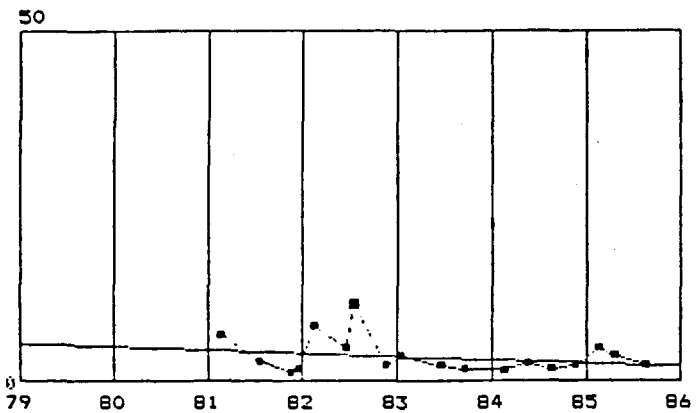
****

Mesures = 16

2 σ = 26

Y moyen = 44
Y est80 = 68
Y est85 = 30

Y=-8 +- 7 X + 68



HYDROCARBURES

****

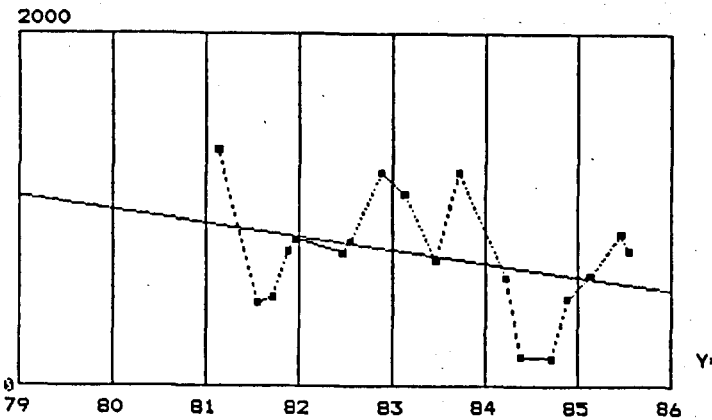
Mesures = 17

2 σ = 2.4

Y moyen = 3.2
Y est80 = 4.7
Y est85 = 2.6

Y=-0.4 +- 0.6 X + 4.7

1/11 SEINE PORT EN BESSIN.....



P C B s

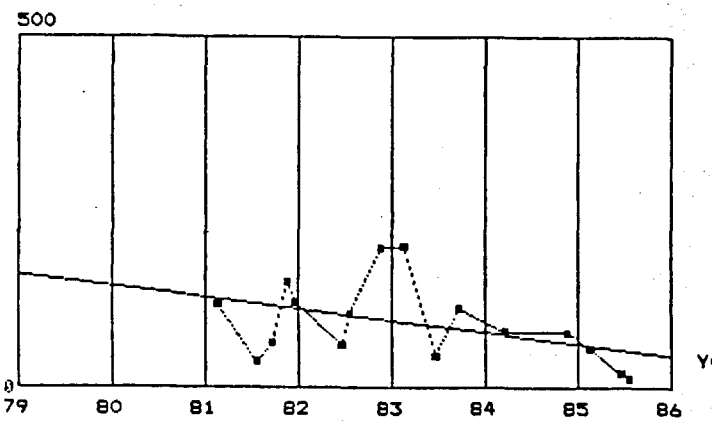
****

Mesures = 18

2 σ = 394

Y moyen = 744
Y est80 = 997
Y est85 = 622

Y=-75 +- 108 X + 997



D D T s

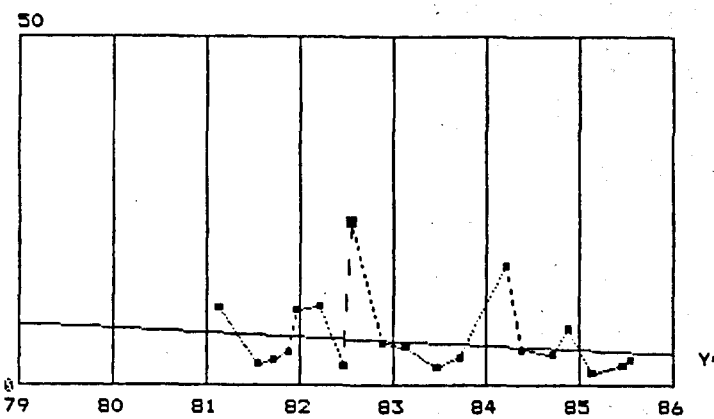
****

Mesures = 16

2 σ = 67

Y moyen = 91
Y est80 = 143
Y est85 = 63

Y=-16 +- 19 X + 143



HYDROCARBURES

****

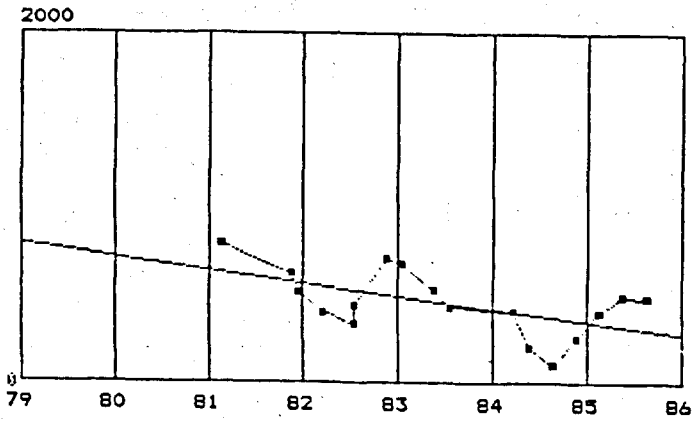
Mesures = 18

2 σ = 5.1

Y moyen = 6.1
Y est80 = 8.2
Y est85 = 5.1

Y=-0.6 +- 1.4 X + 8.2

24/6 EST COTENTIN GEFOSSE.....



P C B s

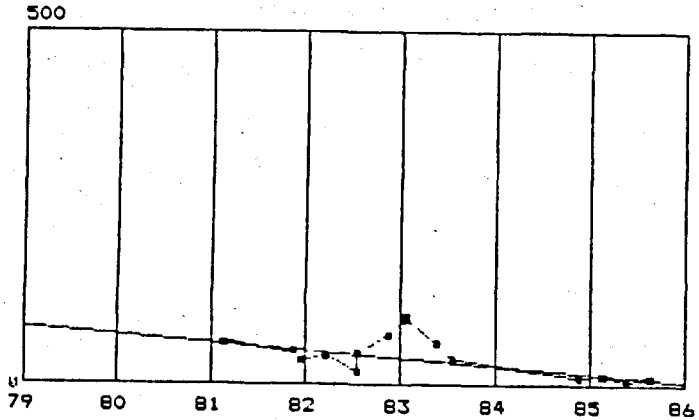
****

Mesures = 17

2 σ = 217

Y moyen = 465
Y est80 = 715
Y est85 = 357

Y=-72 +- 58 X + 715



D D T s

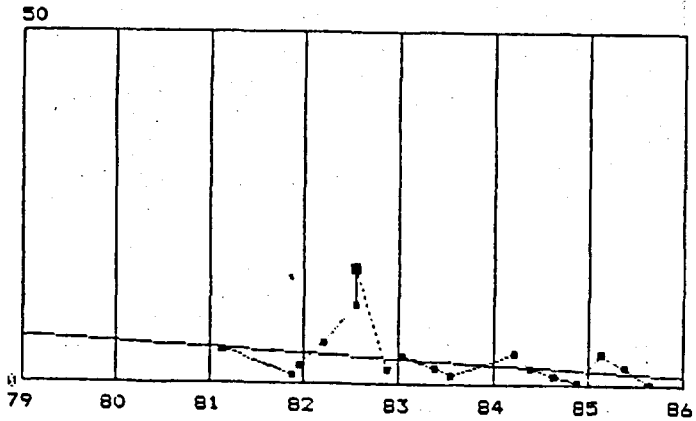
****

Mesures = 13

2 σ = 21

Y moyen = 35
Y est80 = 68
Y est85 = 18

Y=-10 +- 6 X + 68



HYDROCARBURES

****

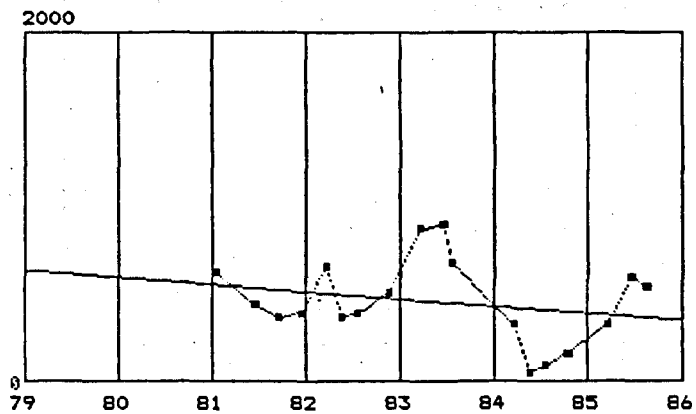
Mesures = 16

2 σ = 3.6

Y moyen = 3.2
Y est80 = 5.9
Y est85 = 2.1

Y=-0.8 +- 0.9 X + 5.9

24/4 EST COTENTIN RAVENOVILLE..



P C B s

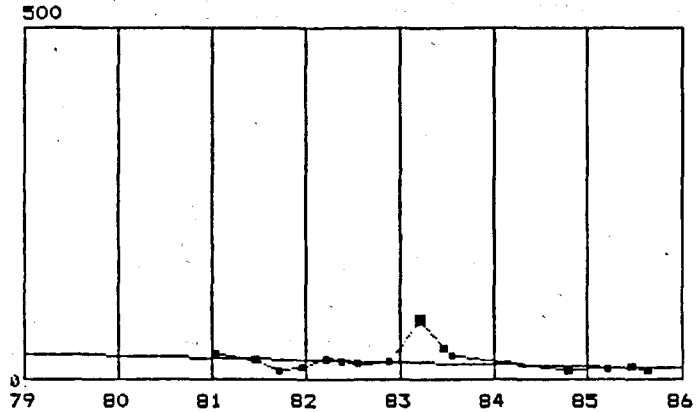
****

Mesures = 18

2 σ = 295

Y moyen = 467
Y est80 = 600
Y est85 = 403

Y=-39 +- 81 X + 600



D D T s

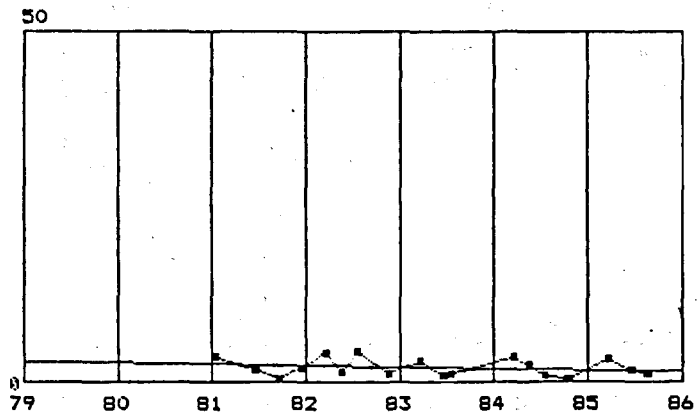
****

Mesures = 14

2 σ = 12

Y moyen = 24
Y est80 = 33
Y est85 = 19

Y=-3 +- 3 X + 33



HYDROCARBURES

****

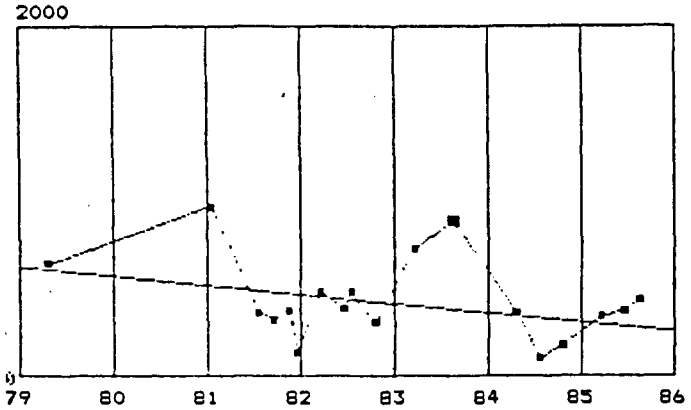
Mesures = 18

2 σ = 1.6

Y moyen = 2.2
Y est80 = 2.8
Y est85 = 1.9

Y=-0.2 +- 0.4 X + 2.8

24/2 EST COTENTIN ST WAAST LA H



P C B s

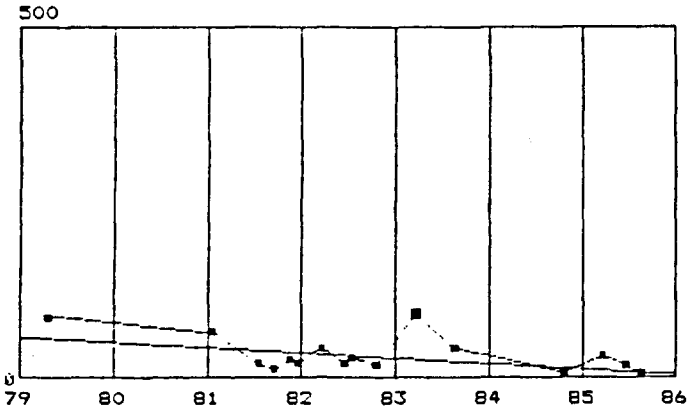
****

Mesures = 17

2 σ = 195

Y moyen = 414
Y est80 = 567
Y est85 = 310

Y=-51 +- 57 X + 567



D D T s

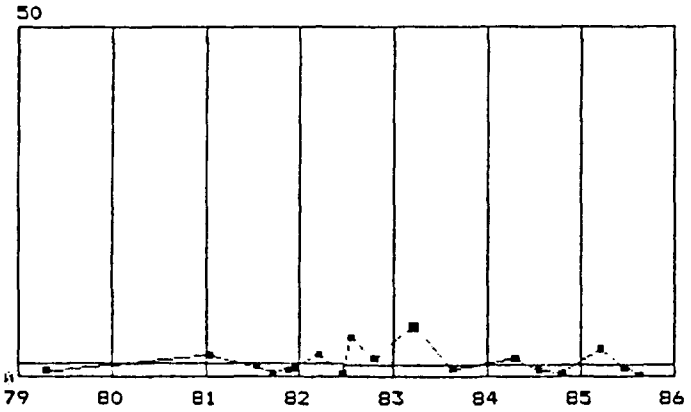
****

Mesures = 15

2 σ = 17

Y moyen = 30
Y est80 = 51
Y est85 = 13

Y=-8 +- 5 X + 51



HYDROCARBURES

****

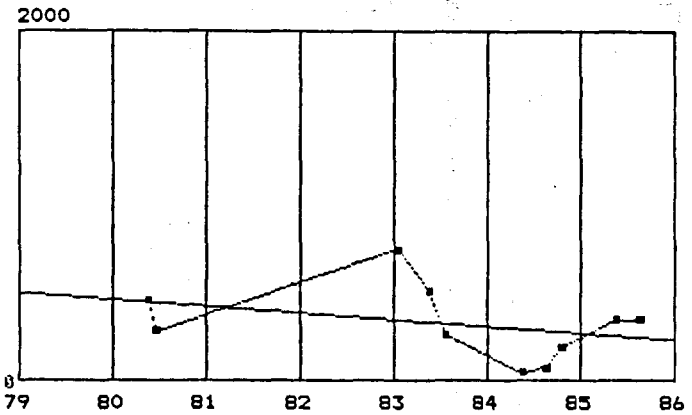
Mesures = 17

2 σ = 1.5

Y moyen = 1.9
Y est80 = 2
Y est85 = 1.8

Y= 0 +- 0.4 X + 2

23/1 CHERBOURG PTE DE BARFLEUR.



P C B s

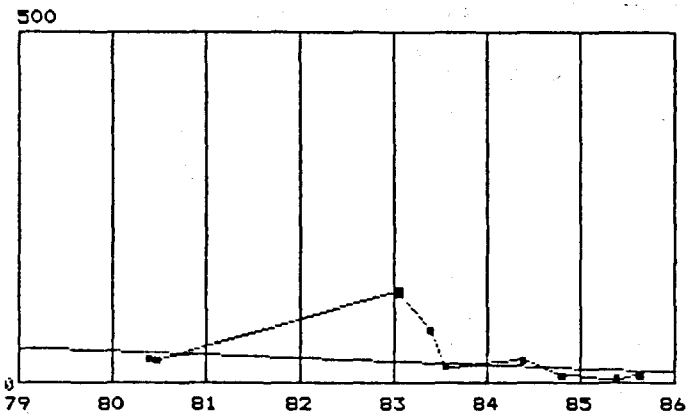
****

Mesures = 10

2 σ = 304

Y moyen = 331
Y est80 = 460
Y est85 = 278

Y=-36 +- 76 X + 460



D D T s

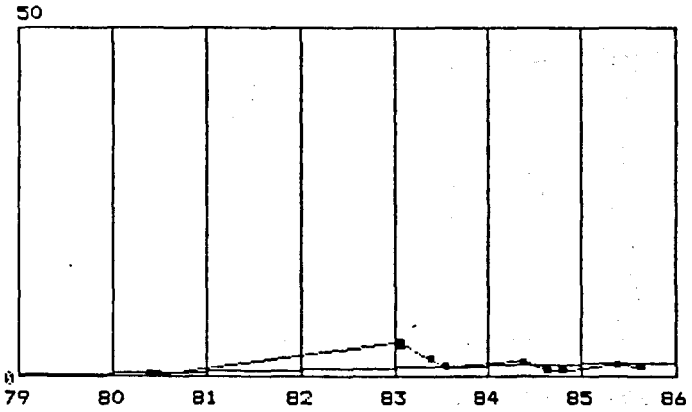
****

Mesures = 8

2 σ = 31

Y moyen = 28
Y est80 = 44
Y est85 = 22

Y=-4 +- 8 X + 44



HYDROCARBURES

****

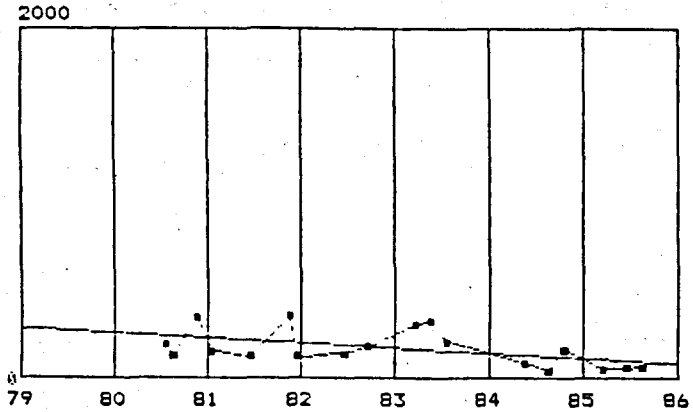
Mesures = 9

2 σ = 1

Y moyen = 1.4
Y est80 = 0.6
Y est85 = 1.6

Y= 0.2 +- 0.2 X + 0.6

40/1 OUEST COTENTIN BREVILLE...



P C B s

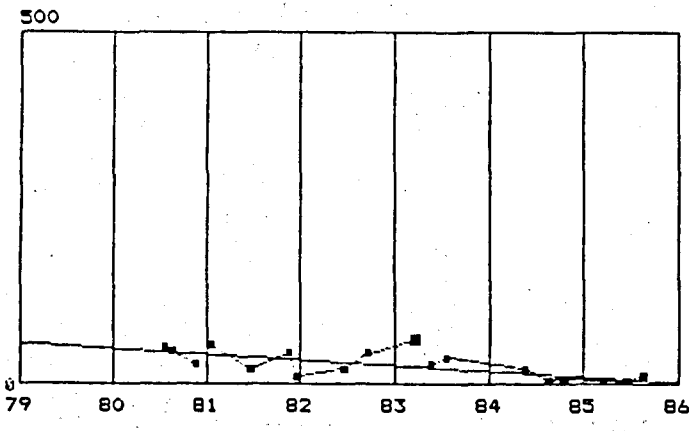
****

Mesures = 18

2 σ = 92

Y moyen = 171
Y est80 = 254
Y est85 = 116

Y=-28 +- 27 X + 254



D D T s

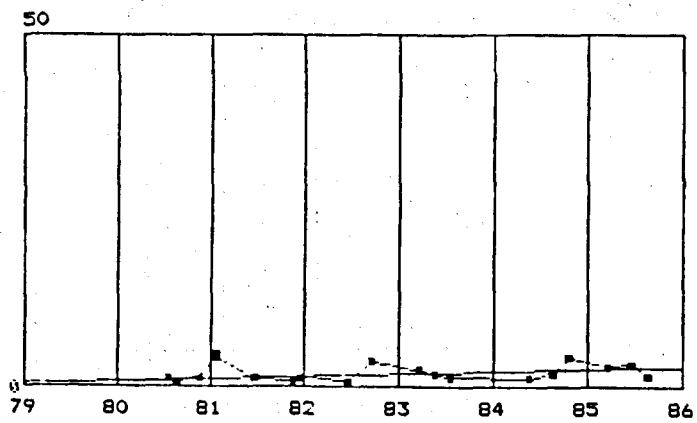
****

Mesures = 17

2 σ = 12

Y moyen = 27
Y est80 = 49
Y est85 = 12

Y=-7 +- 3 X + 49



HYDROCARBURES

****

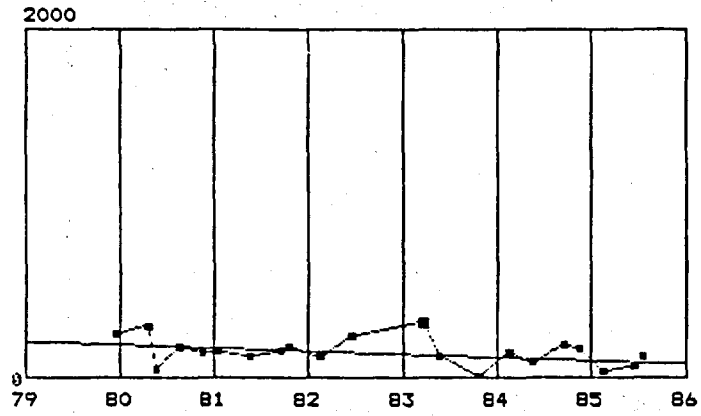
Mesures = 17

2 σ = 0.9

Y moyen = 1.9
Y est80 = 0.8
Y est85 = 2.5

Y= 0.3 +- 0.3 X + 0.8

25/1 LE VIVIER SUR MER.....



P C B s

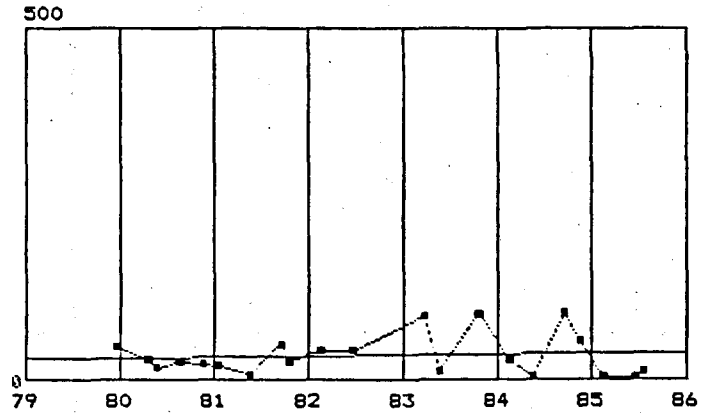
****

Mesures = 20

2 σ = 53

Y moyen = 147
Y est80 = 194
Y est85 = 106

Y=-18 +- 16 X + 194



D D T s

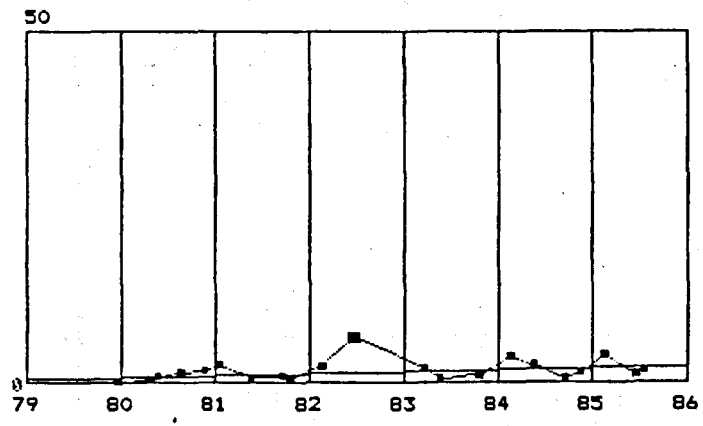
****

Mesures = 21

2 σ = 23

Y moyen = 35
Y est80 = 32
Y est85 = 38

Y= 1 +- 7 X + 32



HYDROCARBURES

****

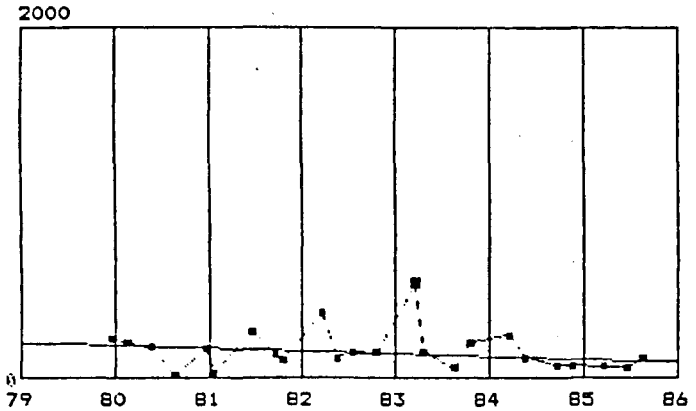
Mesures = 20

2 σ = 0.8

Y moyen = 1.6
Y est80 = 0.9
Y est85 = 2.1

Y= 0.2 +- 0.2 X + 0.9

25/1 CANCALE.....



P C B s

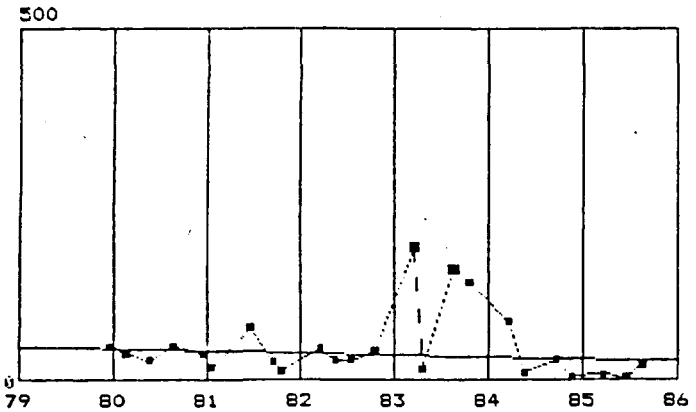
****

Mesures = 23

2 σ = 64

Y moyen = 144
Y est80 = 180
Y est85 = 114

Y=-13 +- 20 X + 180



D D T s

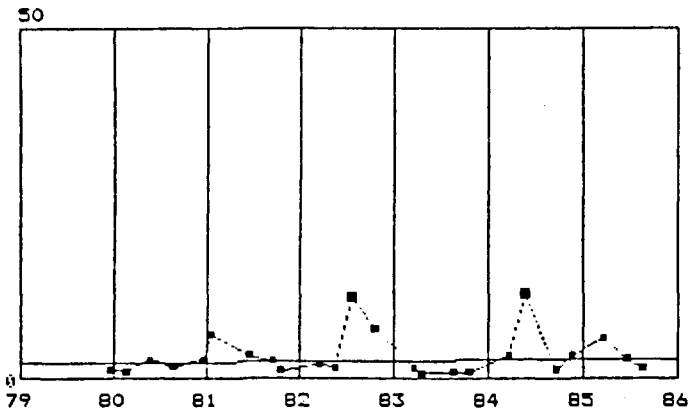
****

Mesures = 22

2 σ = 24

Y moyen = 36
Y est80 = 43
Y est85 = 30

Y=-3 +- 7 X + 43



HYDROCARBURES

****

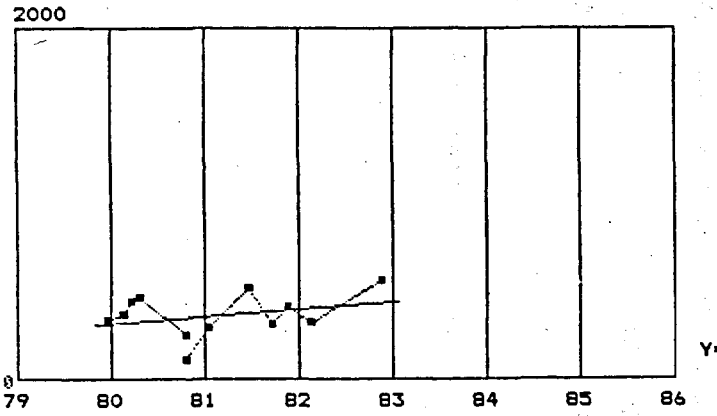
Mesures = 22

2 σ = 1.4

Y moyen = 2.6
Y est80 = 2.4
Y est85 = 2.7

Y= 0.1 +- 0.4 X + 2.4

41/2 RANCE SAINT SULIAC.....



P C B s

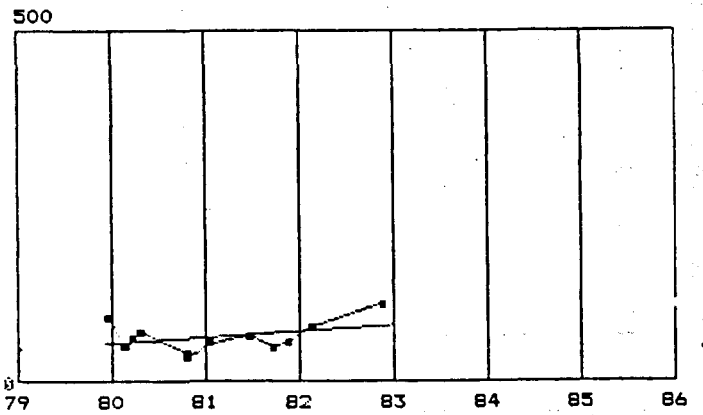
****

Mesures = 12

2 σ = 116

Y moyen = 372
Y est80 =
Y est85 =

Y=



D D T s

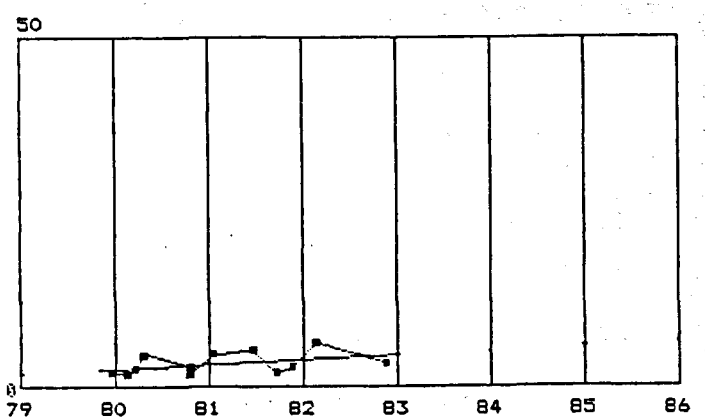
****

Mesures = 12

2 σ = 20

Y moyen = 64
Y est80 =
Y est85 =

Y=



HYDROCARBURES

****

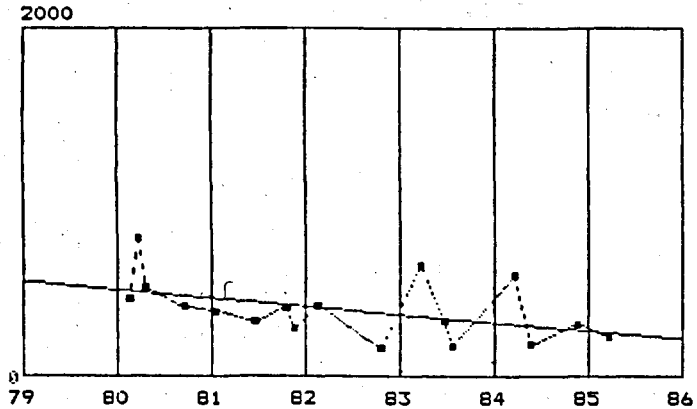
Mesures = 12

2 σ = 1.4

Y moyen = 3.4
Y est80 =
Y est85 =

Y=

41/3 RANCE PORT SAINT JEAN.....



P C B s

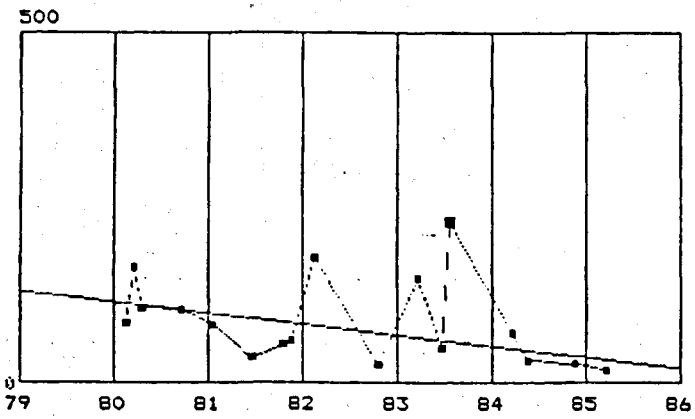
****

Mesures = 17

2 σ = 138

Y moyen = 394
Y est80 = 509
Y est85 = 273

Y=-47 +- 47 X + 509



D D T s

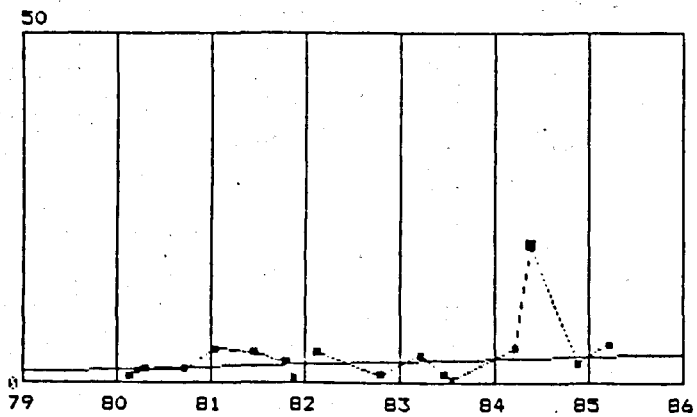
****

Mesures = 16

2 σ = 40

Y moyen = 79
Y est80 = 116
Y est85 = 38

Y=-16 +- 14 X + 116



HYDROCARBURES

****

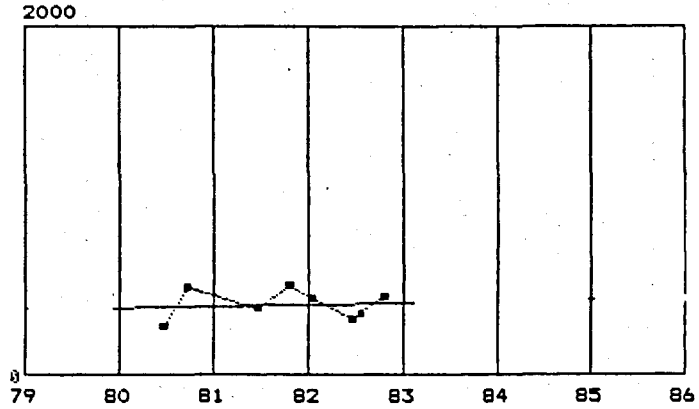
Mesures = 16

2 σ = 1.5

Y moyen = 2.8
Y est80 = 2
Y est85 = 3.8

Y= 0.4 +- 0.5 X + 2

41/6 BAIE DE L'ARGUENON.....



P C B s

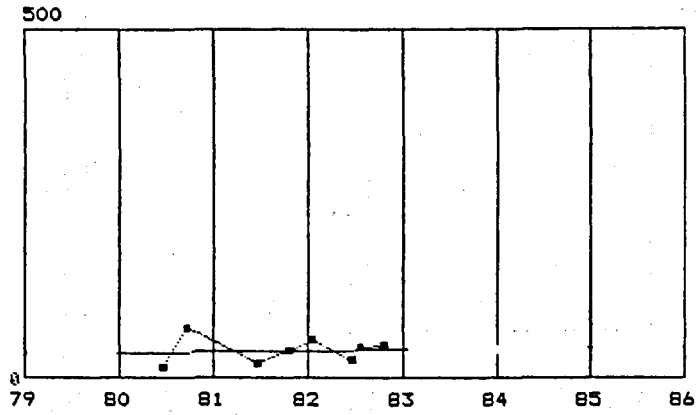
****

Mesures = 8

2 σ = 160

Y moyen = 416
Y est80 =
Y est85 =

Y=



D D T s

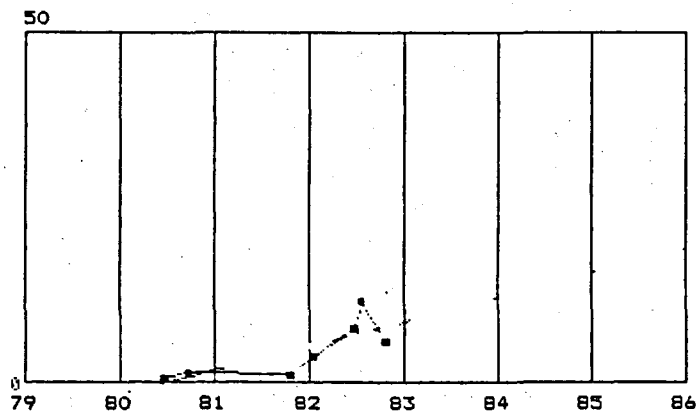
****

Mesures = 8

2 σ = 36

Y moyen = 40
Y est80 =
Y est85 =

Y=



HYDROCARBURES

****

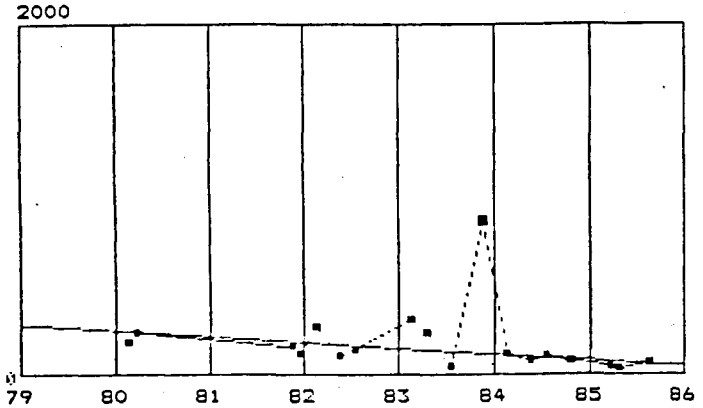
Mesures = 7

2 σ = 5

Y moyen = 4.6
Y est80 =
Y est85 =

Y=

41/5 BAIE DE LA FRESNAYE.....



P C B s

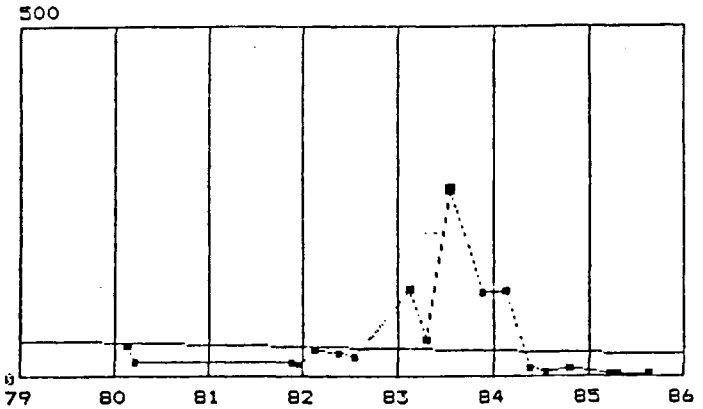
****

Mesures = 17

2 σ = 75

Y moyen = 144
Y est80 = 247
Y est85 = 89

Y=-32 +- 21 X + 247



D D T s

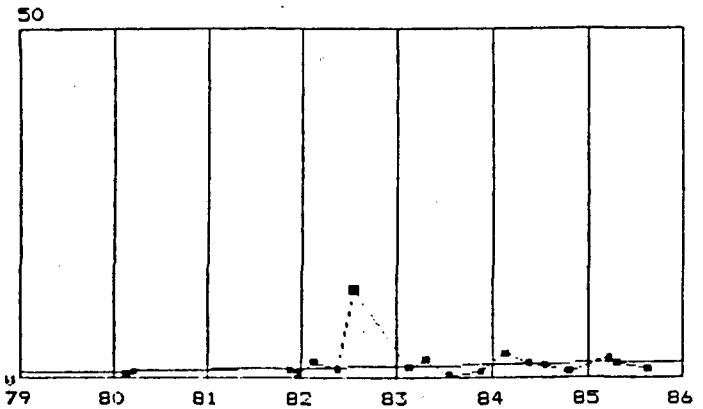
****

Mesures = 17

2 σ = 47

Y moyen = 40
Y est80 = 48
Y est85 = 35

Y=-3 +- 13 X + 48



HYDROCARBURES

****

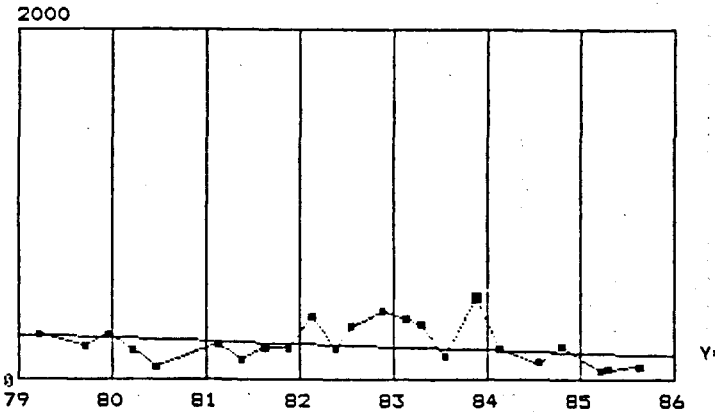
Mesures = 17

2 σ = 0.9

Y moyen = 1.6
Y est80 = 1
Y est85 = 1.9

Y= 0.2 +- 0.2 X + 1

11/3 ST BRIEUC-PORT MORVAN.....



P C B s

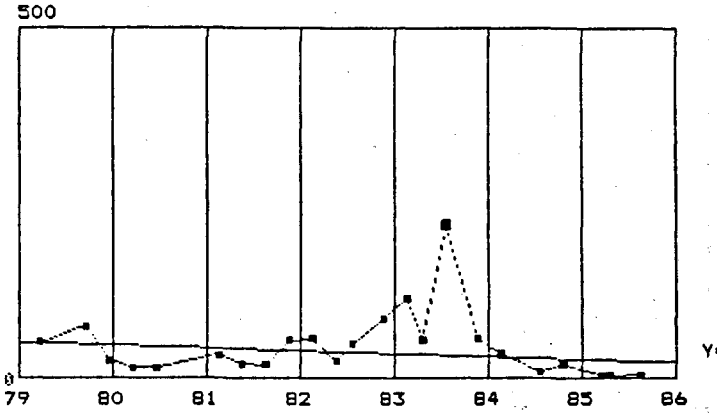
****

Mesures = 22

2 σ = 71

Y moyen = 199
Y est80 = 237
Y est85 = 160

Y=-16 +- 23 X + 237



D D T s

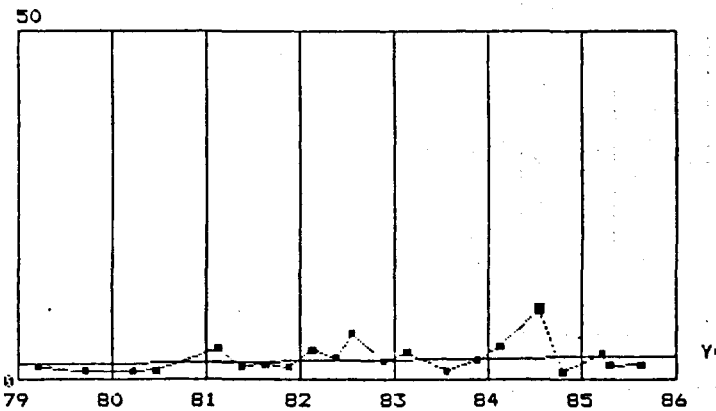
****

Mesures = 22

2 σ = 21

Y moyen = 39
Y est80 = 48
Y est85 = 30

Y=-4 +- 7 X + 48



HYDROCARBURES

****

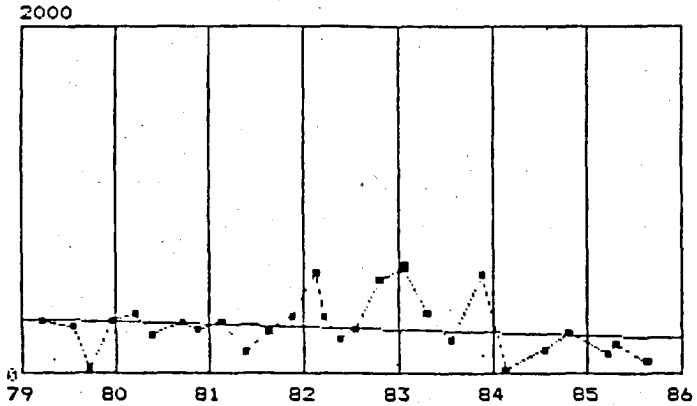
Mesures = 20

2 σ = 1.1

Y moyen = 2.7
Y est80 = 2.3
Y est85 = 3.1

Y= 0.2 +- 0.4 X + 2.3

11/4 ST BRIEUC-BAIE DE MORIEUX.



P C B s

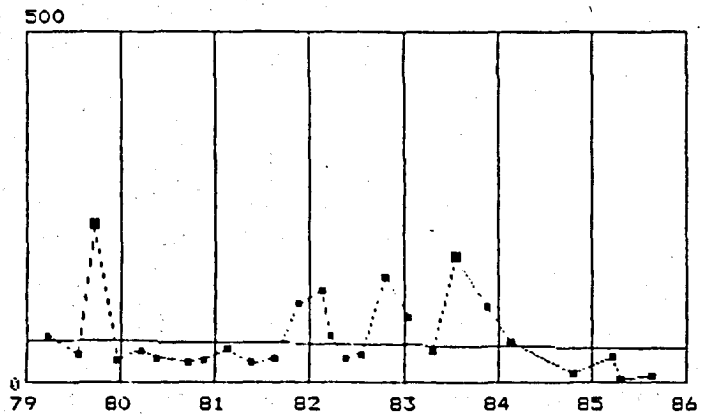
****

Mesures = 26

2 σ = 91

Y moyen = 264
Y est80 = 297
Y est85 = 225

Y=-14 +- 31 X + 297



D D T s

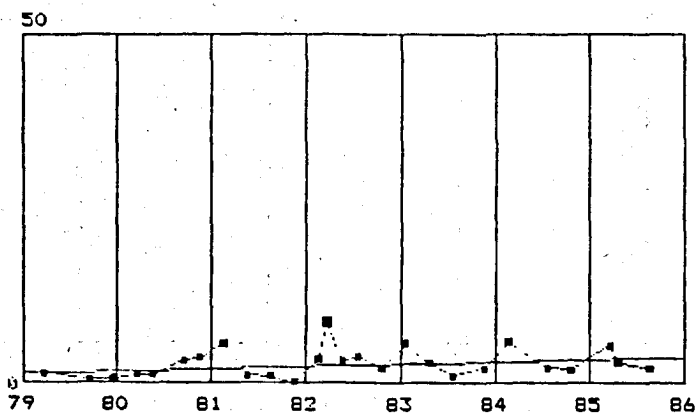
****

Mesures = 24

2 σ = 25

Y moyen = 54
Y est80 = 57
Y est85 = 50

Y=-1 +- 9 X + 57



HYDROCARBURES

****

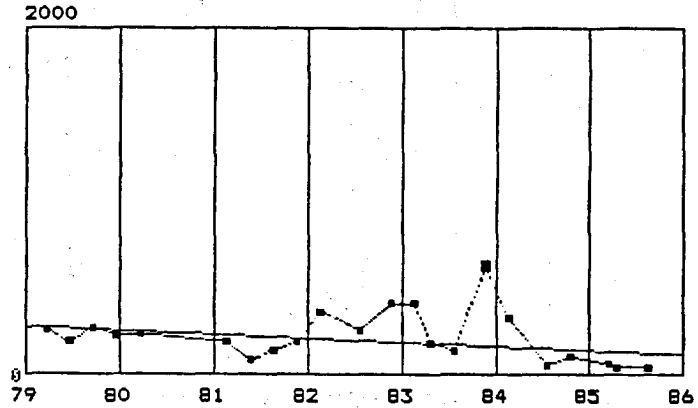
Mesures = 25

2 σ = 1.1

Y moyen = 2.6
Y est80 = 1.8
Y est85 = 3.4

Y= 0.3 +- 0.3 X + 1.8

11/2 ST BRIEUC PTE DU ROSELIER.



P C B s

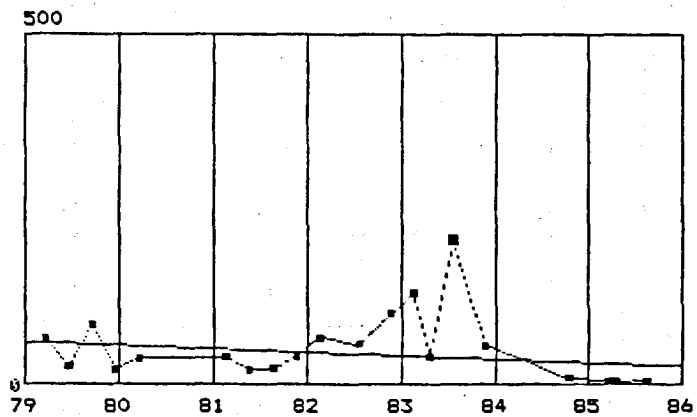
****

Mesures = 21

2 σ = 77

Y moyen = 200
Y est80 = 254
Y est85 = 145

Y=-22 +- 24 X + 254



D D T s

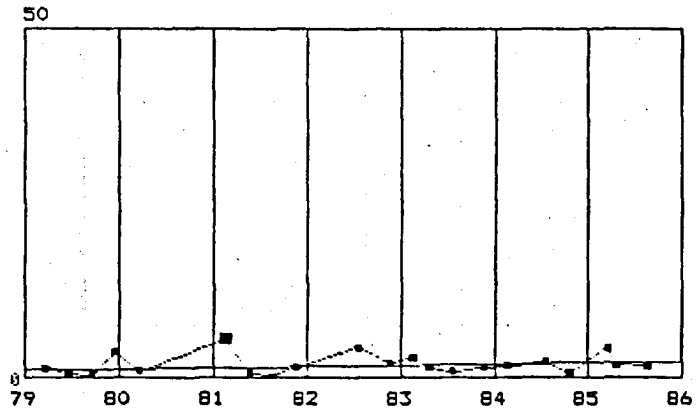
****

Mesures = 19

2 σ = 24

Y moyen = 44
Y est80 = 55
Y est85 = 32

Y=-5 +- 8 X + 55



HYDROCARBURES

****

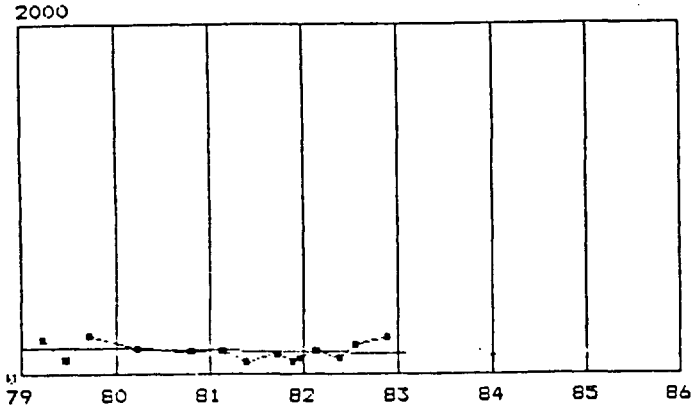
Mesures = 20

2 σ = 0.9

Y moyen = 1.7
Y est80 = 1.3
Y est85 = 2.1

Y= 0.2 +- 0.3 X + 1.3

11/1 SAINT BRIEUC -BINIC.....



P C B s

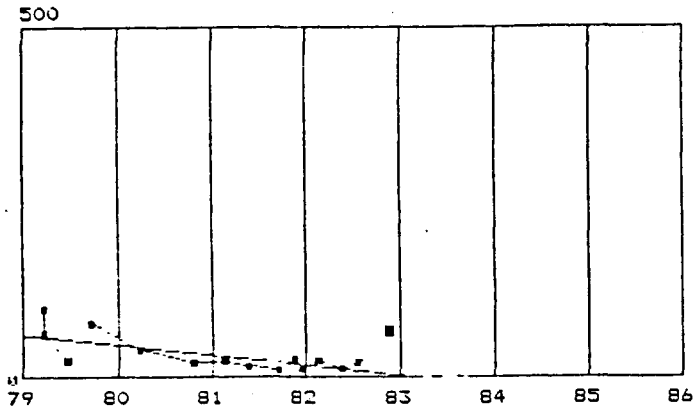
****

Mesures = 16

2 σ = 34

Y moyen = 137
Y est80 = 145
Y est85 =

Y=-8 +- 21 X + 145



D D T s

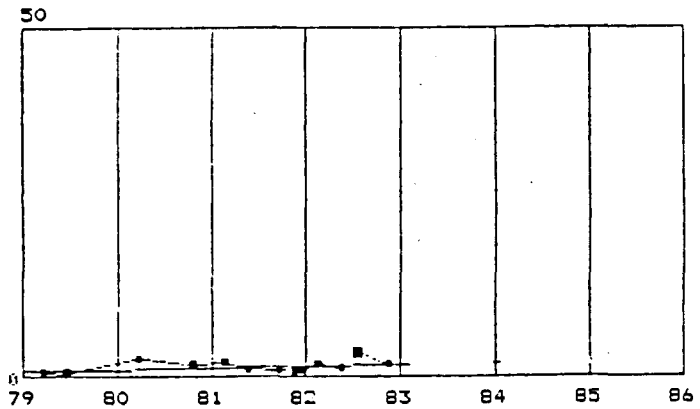
****

Mesures = 15

2 σ = 13

Y moyen = 33
Y est80 = 46
Y est85 =

Y=-15 +- 9 X + 46



HYDROCARBURES

****

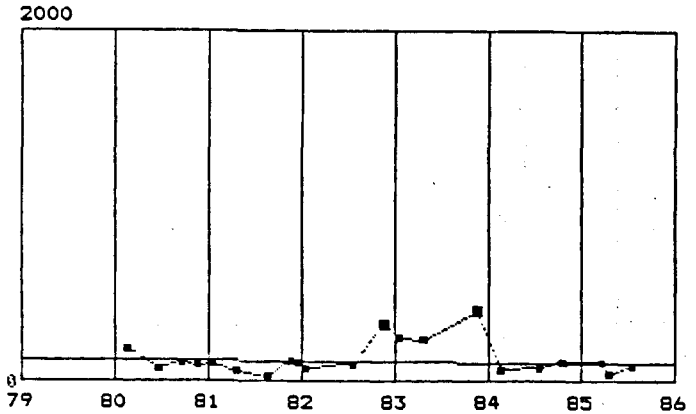
Mesures = 14

2 σ = 0.4

Y moyen = 1.2
Y est80 = 1
Y est85 =

Y= 0.2 +- 0.3 X + 1

11/5 SAINT MICHEL EN GREVE.....



P C B s

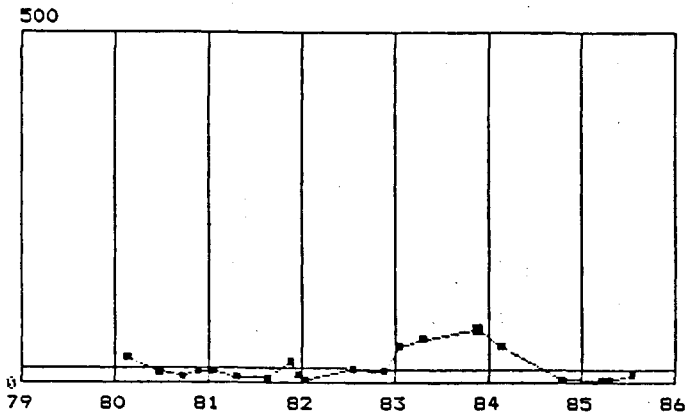
****

Mesures = 19

2 σ = 49

Y moyen = 106
Y est80 = 114
Y est85 = 99

Y=-3 +- 15 X + 114



D D T s

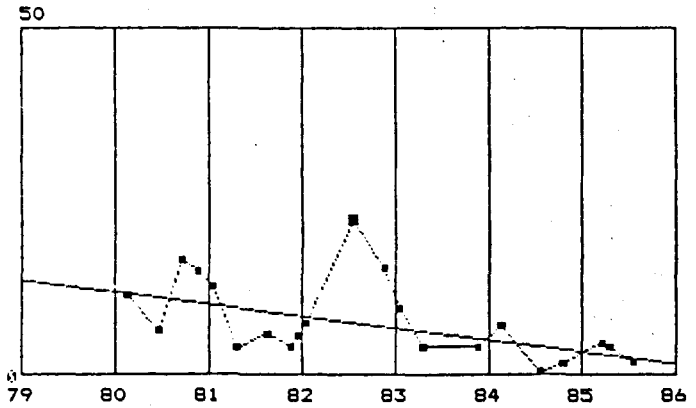
****

Mesures = 19

2 σ = 16

Y moyen = 21
Y est80 = 22
Y est85 = 20

Y= 0 +- 5 X + 22



HYDROCARBURES

****

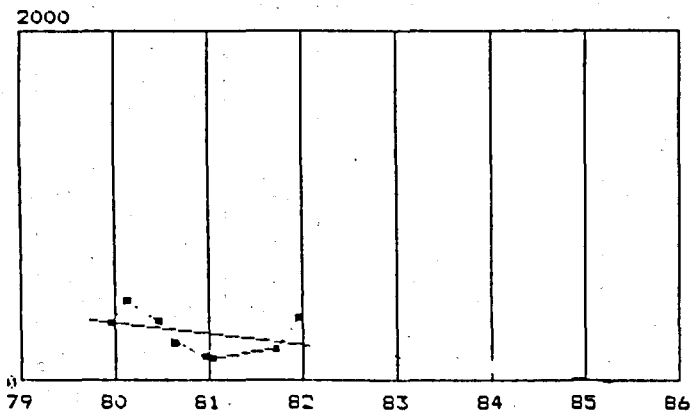
Mesures = 20

2 σ = 3.3

Y moyen = 7.1
Y est80 = 11.8
Y est85 = 3.3

Y=-1.7 +- 1 X + 11.8

39/2 MORLAIX-R.MORLAIX RD.....



P C B s

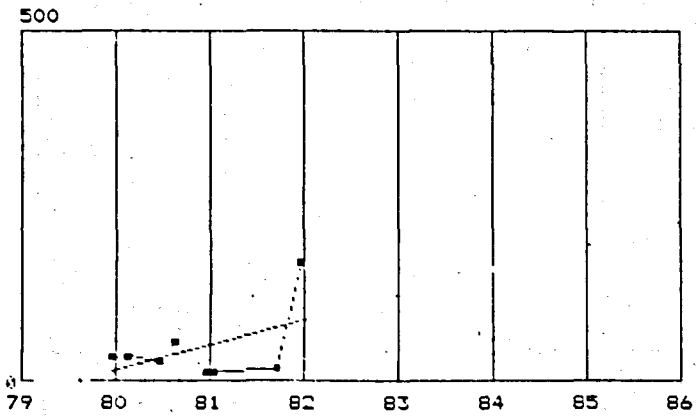
****

Mesures = 8

2 σ = 140

Y moyen = 269
Y est80 =
Y est85 =

Y=



D D T s

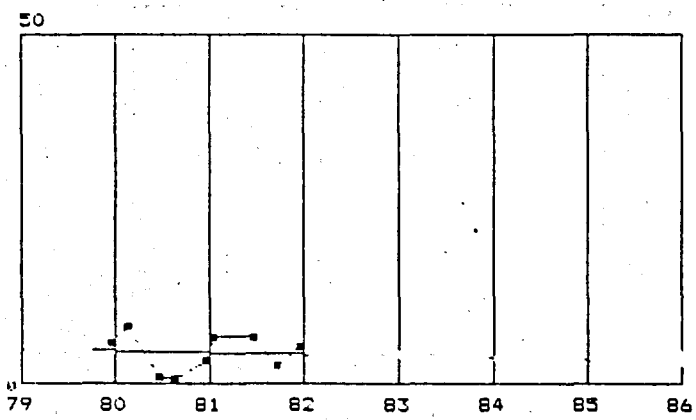
****

Mesures = 8

2 σ = 57

Y moyen = 46
Y est80 =
Y est85 =

Y=



HYDROCARBURES

****

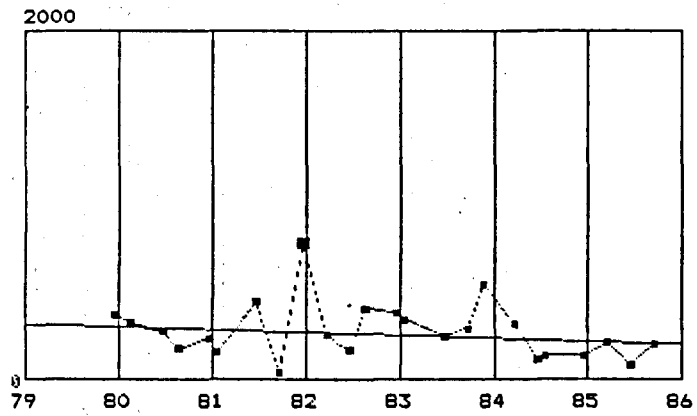
Mesures = 9

2 σ = 3.3

Y moyen = 4.5
Y est80 =
Y est85 =

Y=

39/1 MORLAIX-R.MORLAIX RG.....



P C B s

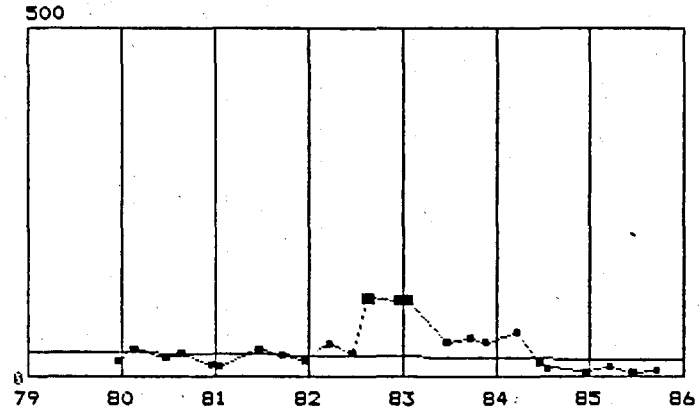
****

Mesures = 23

2 σ = 99

Y moyen = 257
Y est80 = 303
Y est85 = 223

Y=-16 +- 30 X + 303



D D T s

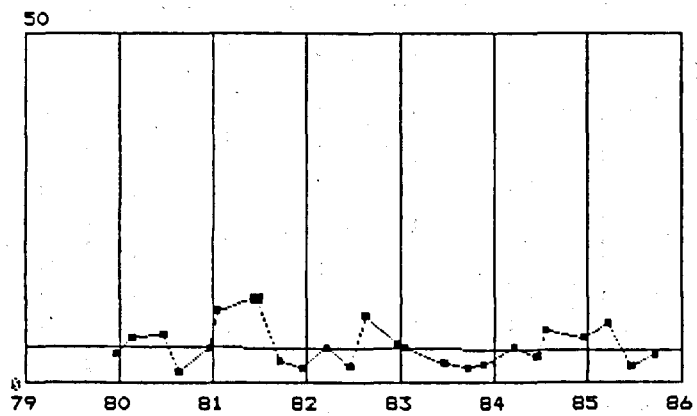
****

Mesures = 21

2 σ = 13

Y moyen = 30
Y est80 = 35
Y est85 = 26

Y=-2 +- 4 X + 35



HYDROCARBURES

****

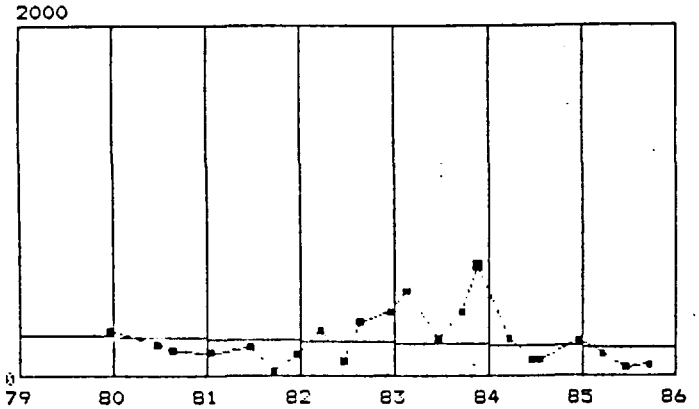
Mesures = 23

2 σ = 2

Y moyen = 4.9
Y est80 = 5.2
Y est85 = 4.7

Y=-0.1 +- 0.6 X + 5.2

39/3 MORLAIX-LA PENZE RD.....



P C B s

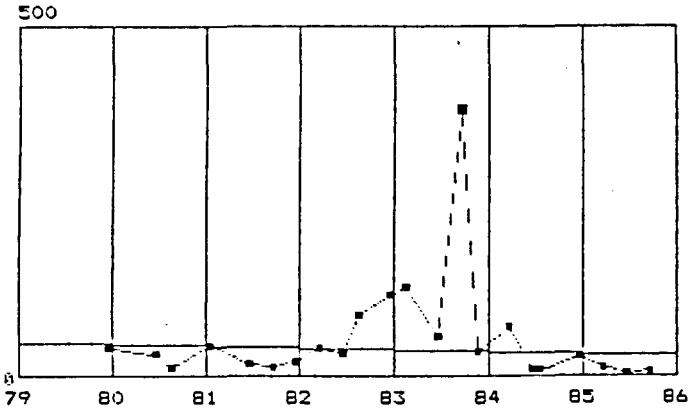
****

Mesures = 21

2 σ = 105

Y moyen = 190
Y est80 = 219
Y est85 = 170

Y=-10 +- 31 X + 219



D D T s

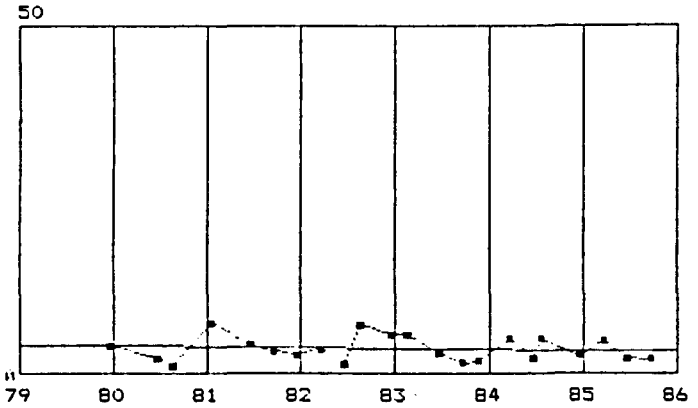
****

Mesures = 21

2 σ = 31

Y moyen = 38
Y est80 = 45
Y est85 = 34

Y=-2 +- 9 X + 45



HYDROCARBURES

****

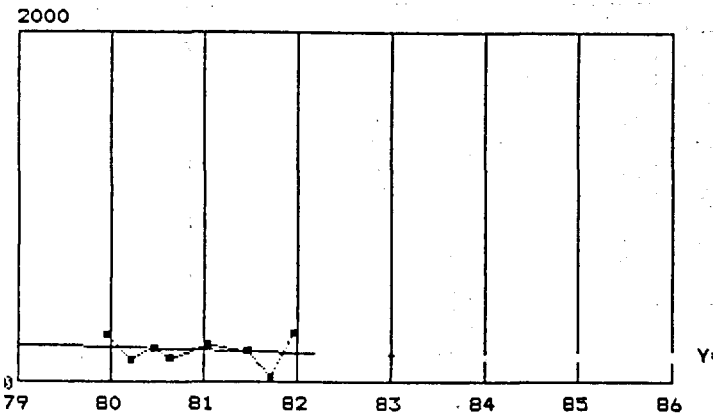
Mesures = 22

2 σ = 1.6

Y moyen = 3.6
Y est80 = 3.9
Y est85 = 3.3

Y=-0.1 +- 0.5 X + 3.9

39/4 MORLAIX-LA PENZE RG.....



P C B s

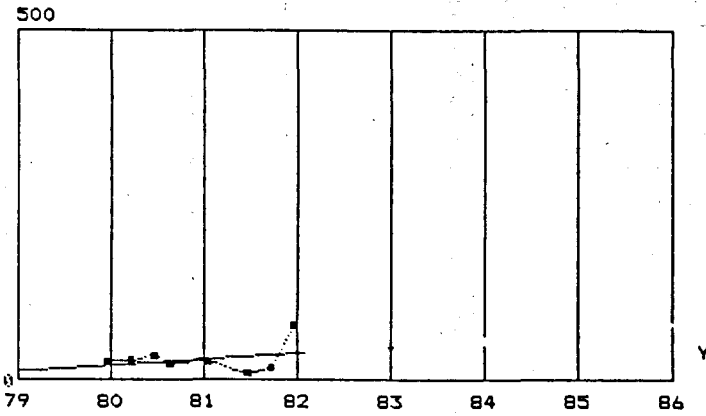
****

Mesures = 8

2 σ = 104

Y moyen = 178
Y est80 =
Y est85 =

Y=



D D T s

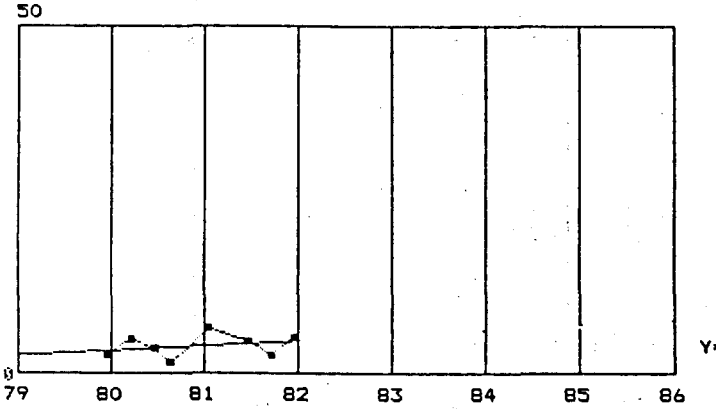
****

Mesures = 8

2 σ = 25

Y moyen = 31
Y est80 =
Y est85 =

Y=



HYDROCARBURES

****

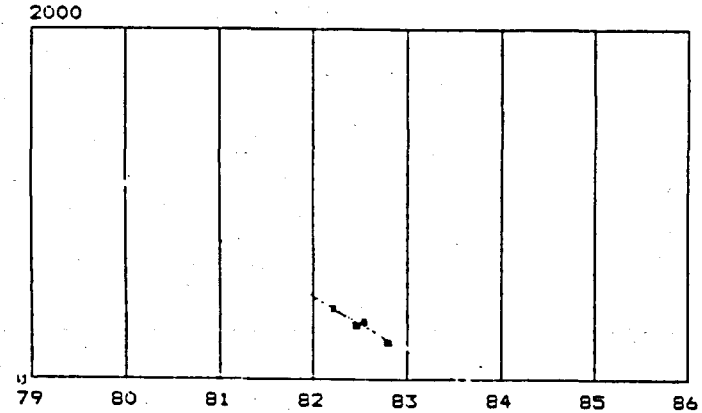
Mesures = 8

2 σ = 2.1

Y moyen = 4.1
Y est80 =
Y est85 =

Y=

39/6 ABER WRACH.....



P C B s

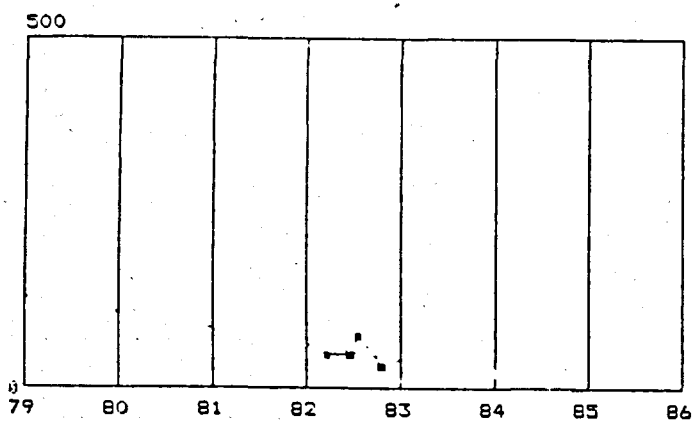
****

Mesures = 4

2 σ = 335

Y moyen = 314
Y est80 =
Y est85 =

Y=



D D T s

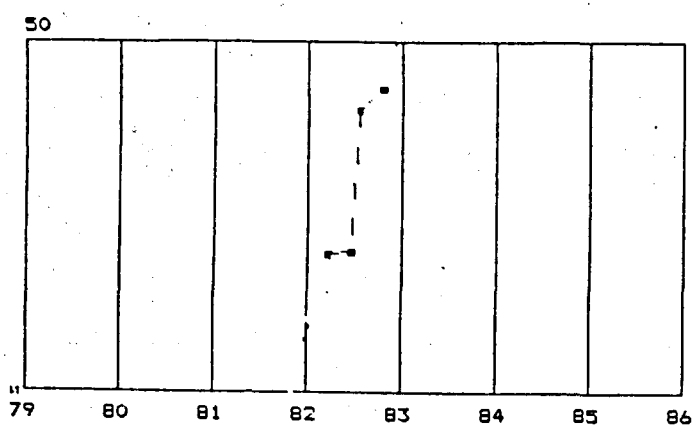
****

Mesures = 4

2 σ = 250

Y moyen = 51
Y est80 =
Y est85 =

Y=



HYDROCARBURES

****

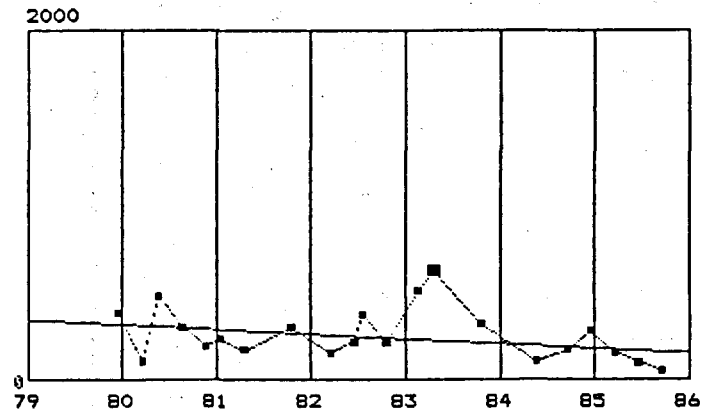
Mesures = 4

2 σ = 101.3

Y moyen = 30.8
Y est80 =
Y est85 =

Y=

39/5 ABER BENOIT.....



P C B s

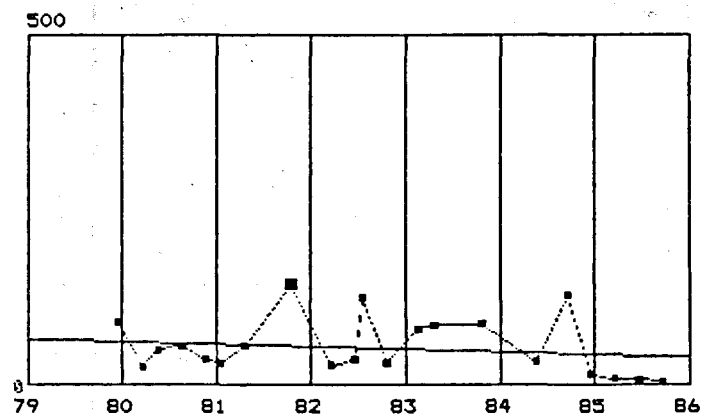
****

Mesures = 20

2 σ = 95

Y moyen = 240
Y est80 = 313
Y est85 = 177

Y=-27 +- 29 X + 313



D D T s

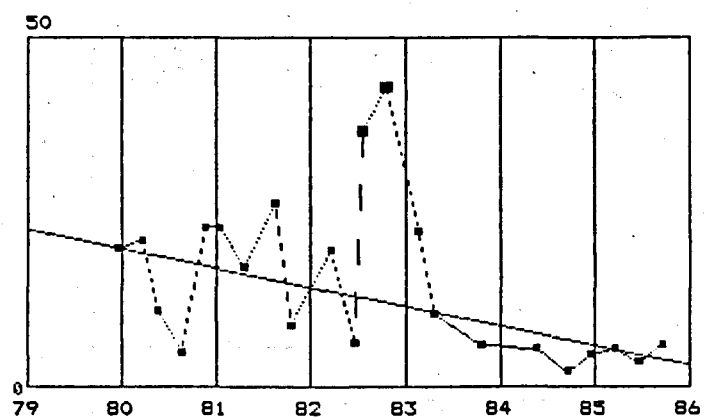
****

Mesures = 20

2 σ = 30

Y moyen = 51
Y est80 = 61
Y est85 = 43

Y=-4 +- 9 X + 61



HYDROCARBURES

****

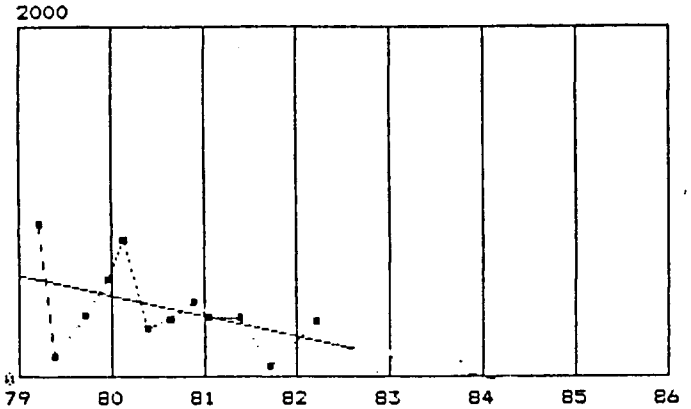
Mesures = 20

2 σ = 4.9

Y moyen = 12.4
Y est80 = 19.8
Y est85 = 6

Y=-2.8 +- 1.5 X + 19.8

2/4 BREST-EMB.DE L'AULNE.....



P C B s

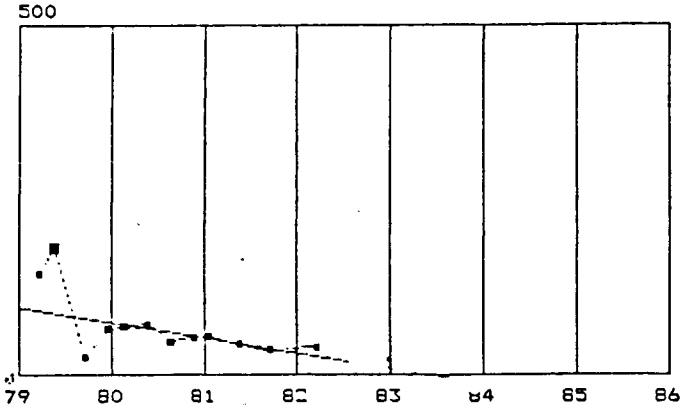
****

Mesures = 12

2 σ = 153

Y moyen = 399
Y est80 = 462
Y est85 =

Y=-115 +- 146 X + 462



D D T s

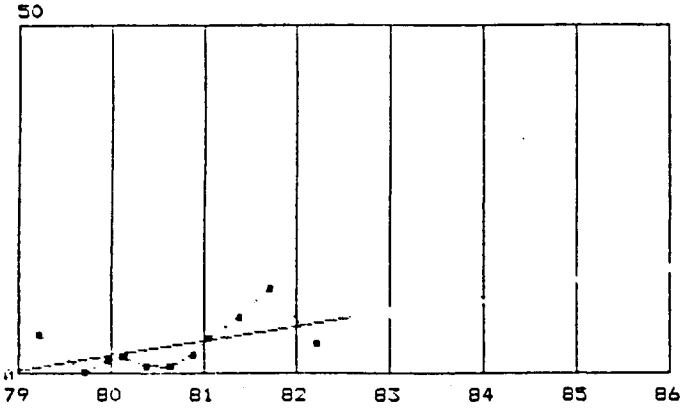
****

Mesures = 11

2 σ = 20

Y moyen = 60
Y est80 = 74
Y est85 =-33

Y=-21 +- 19 X + 74



HYDROCARBURES

****

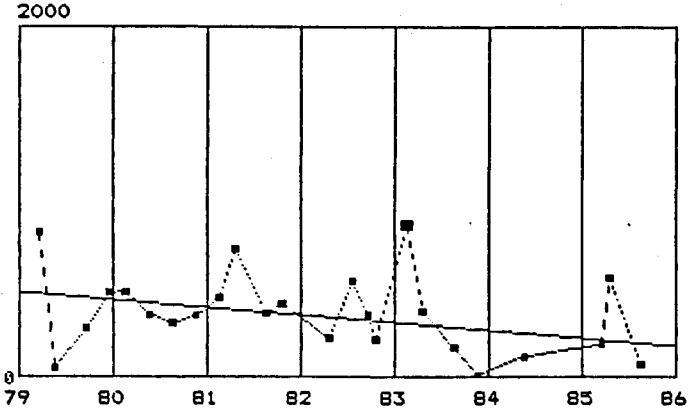
Mesures = 11

2 σ = 2.5

Y moyen = 4.1
Y est80 = 2.7
Y est85 = 13.1

Y= 2.1 +- 2.3 X + 2.7

2/3 BREST B.DE ROSCANVEL.....



P C B s

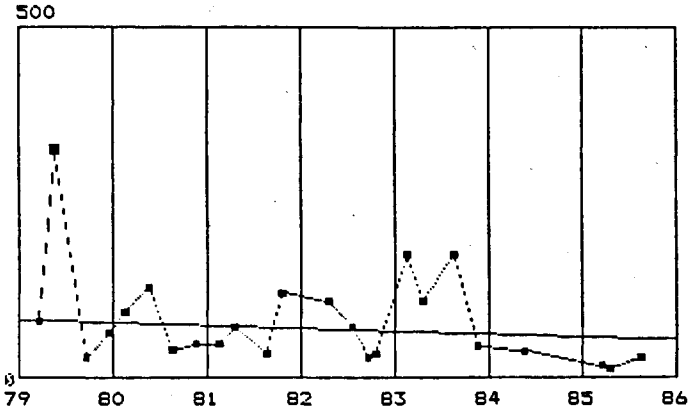
****

Mesures = 23

2 σ = 121

Y moyen = 346
Y est80 = 433
Y est85 = 224

Y=-42 +- 43 X + 433



D D T s

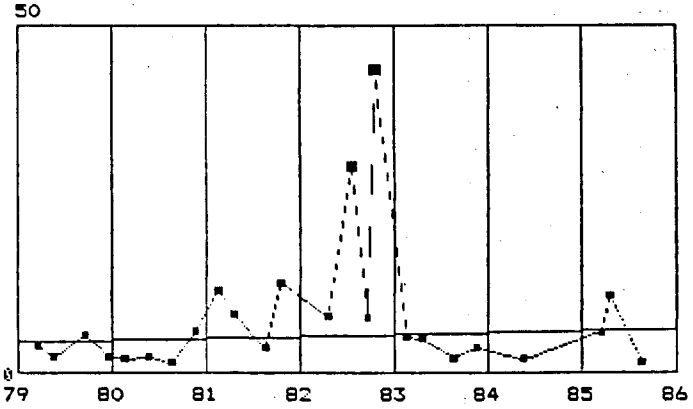
****

Mesures = 23

2 σ = 32

Y moyen = 70
Y est80 = 79
Y est85 = 59

Y=-4 +- 11 X + 79



HYDROCARBURES

****

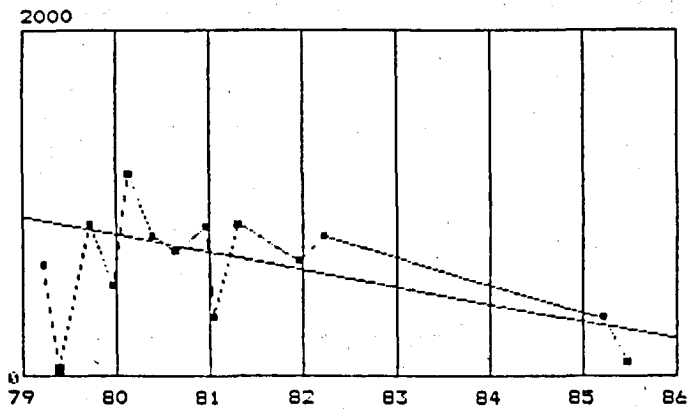
Mesures = 22

2 σ = 2.3

Y moyen = 5.3
Y est80 = 4.9
Y est85 = 6

Y= 0.2 +- 0.8 X + 4.9

2/1 RADE DE BREST-ELORN RG.....



P C B s

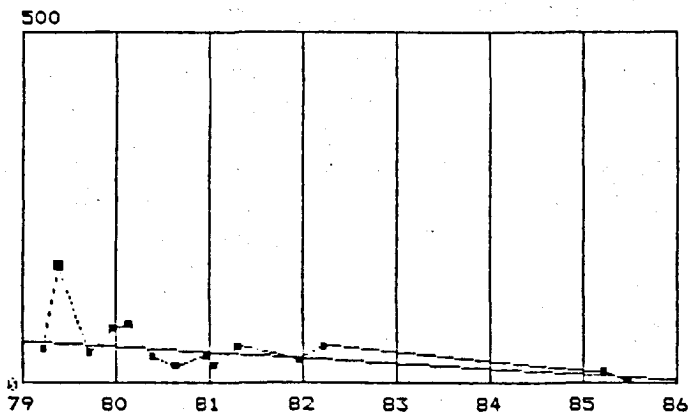
****

Mesures = 13

2 σ = 157

Y moyen = 681
Y est80 = 818
Y est85 = 327

Y=-98 +- 67 X + 818



D D T s

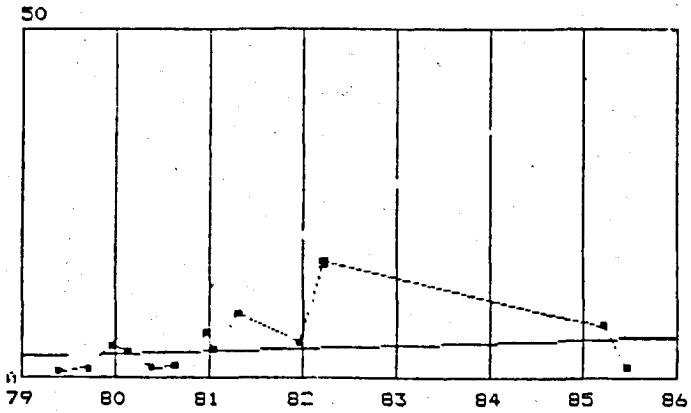
****

Mesures = 13

2 σ = 12

Y moyen = 43
Y est80 = 54
Y est85 = 15

Y=-8 +- 5 X + 54



HYDROCARBURES

****

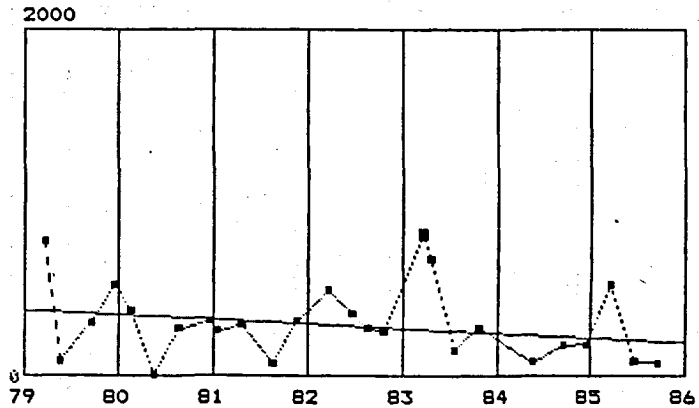
Mesures = 12

2 σ = 1.9

Y moyen = 4
Y est80 = 3.5
Y est85 = 5.3

Y= 0.4 +- 0.8 X + 3.5

2/2 RADE DE BREST-B. DE DAOULAS



P C B s

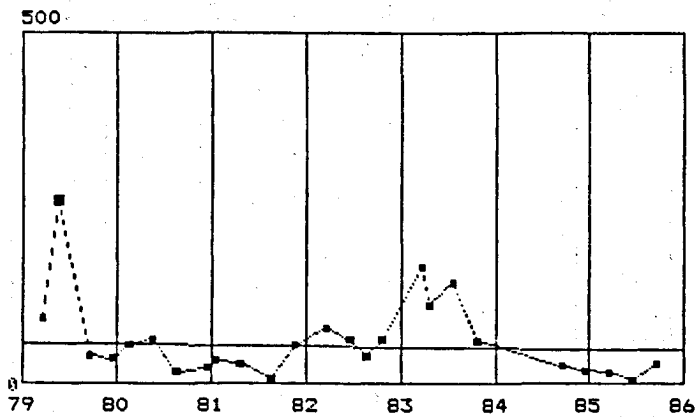
****

Mesures = 25

2 σ = 119

Y moyen = 293
Y est80 = 352
Y est85 = 224

Y=-26 +- 39 X + 352



D D T s

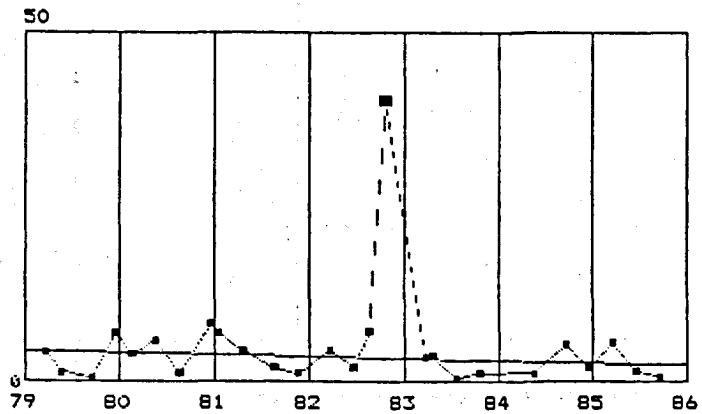
****

Mesures = 24

2 σ = 28

Y moyen = 54
Y est80 = 57
Y est85 = 50

Y=-1 +- 9 X + 57



HYDROCARBURES

****

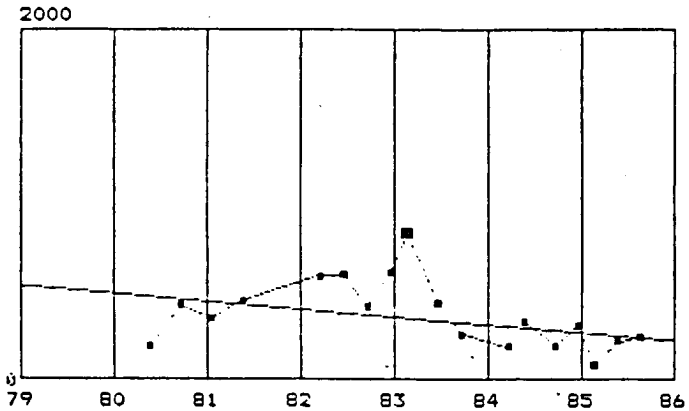
Mesures = 25

2 σ = 1.4

Y moyen = 3.4
Y est80 = 4.1
Y est85 = 2.7

Y=-0.3 +- 0.5 X + 4.1

26/2 ODET - FOUESNANT.....



P C B s

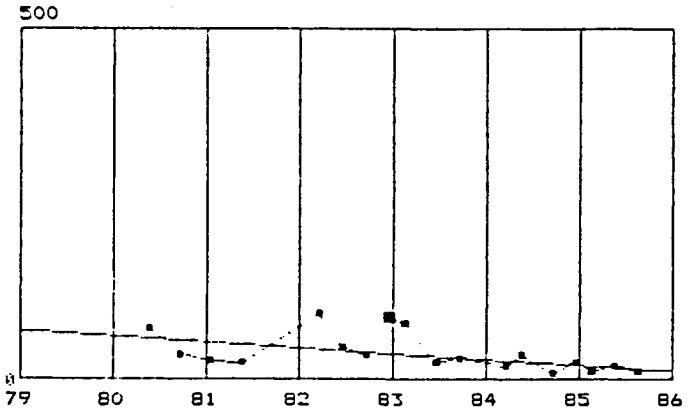
****

Mesures = 17

2 σ = 156

Y moyen = 349
Y est80 = 491
Y est85 = 274

Y=-43 +- 43 X + 491



D D T s

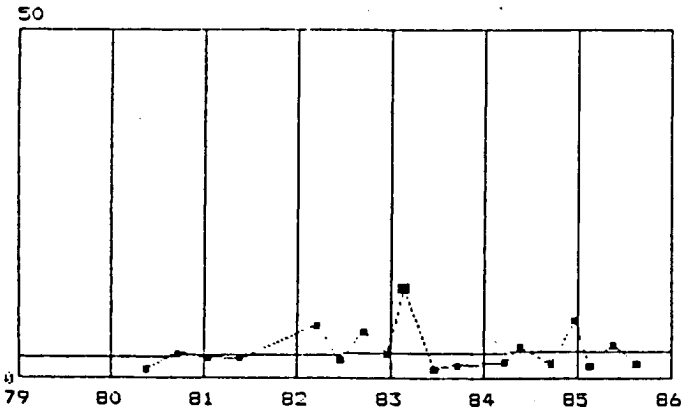
****

Mesures = 17

2 σ = 24

Y moyen = 37
Y est80 = 62
Y est85 = 23

Y=-8 +- 6 X + 62



HYDROCARBURES

****

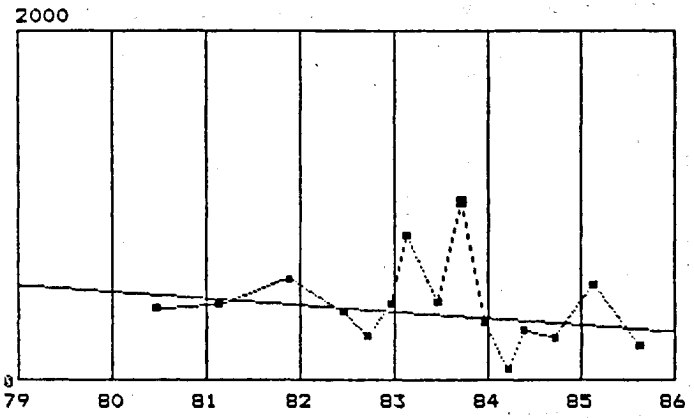
Mesures = 17

2 σ = 2.4

Y moyen = 3.5
Y est80 = 3.2
Y est85 = 3.7

Y= 0.1 +- 0.6 X + 3.2

27/1 LAITA - RIEC SUR BELON....



P C B s

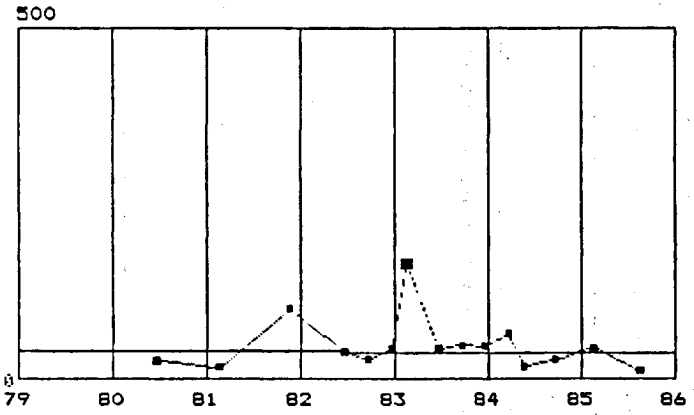
****

Mesures = 15

2 σ = 206

Y moyen = 394
Y est80 = 507
Y est85 = 325

Y=-36 +- 59 X + 507



D D T s

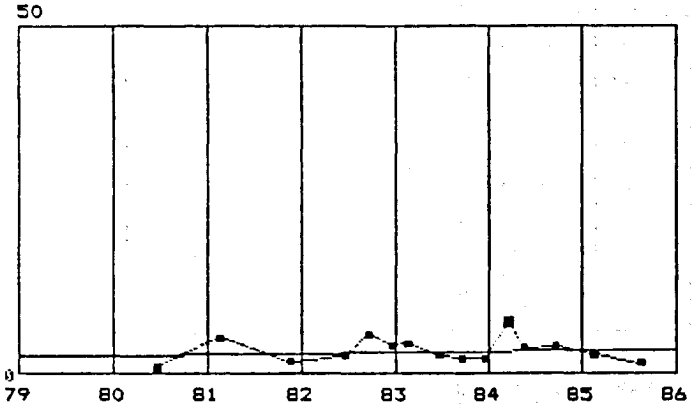
****

Mesures = 15

2 σ = 27

Y moyen = 40
Y est80 = 41
Y est85 = 39

Y=-1 +- 8 X + 41



HYDROCARBURES

****

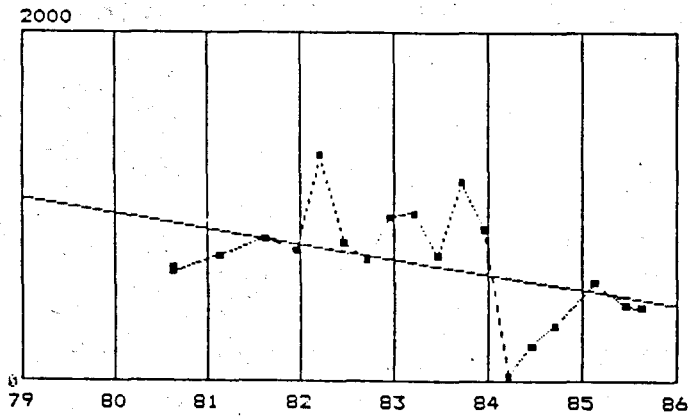
Mesures = 15

2 σ = 1.7

Y moyen = 2.9
Y est80 = 2.6
Y est85 = 3.1

Y= 0.1 +- 0.5 X + 2.6

27/2 LAITA - PORS MORIC.....



P C B s

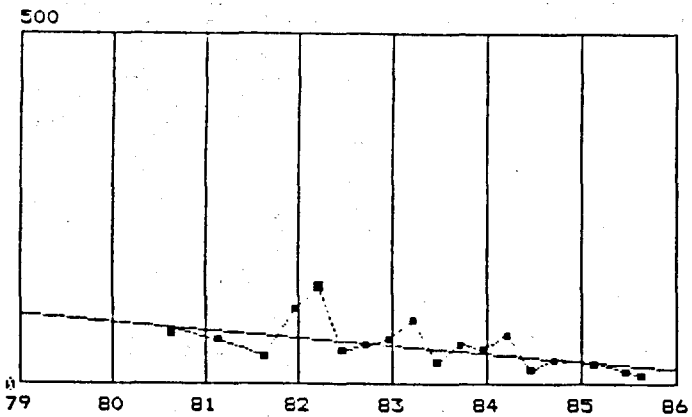
****

Mesures = 19

2 σ = 304

Y moyen = 685
Y est80 = 959
Y est85 = 528

Y=-86 +- 86 X + 959



D D T s

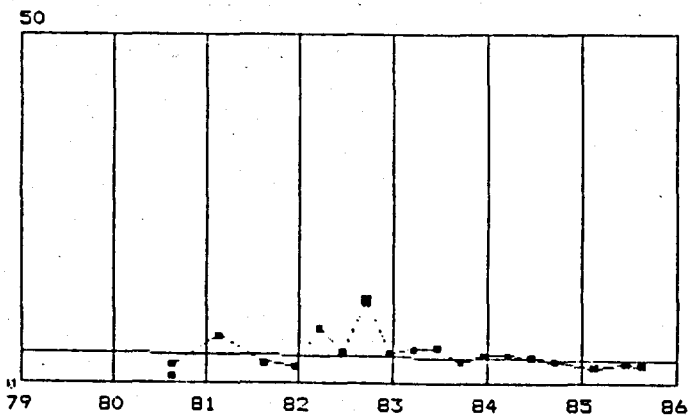
****

Mesures = 18

2 σ = 22

Y moyen = 52
Y est80 = 87
Y est85 = 33

Y=-11 +- 6 X + 87



HYDROCARBURES

****

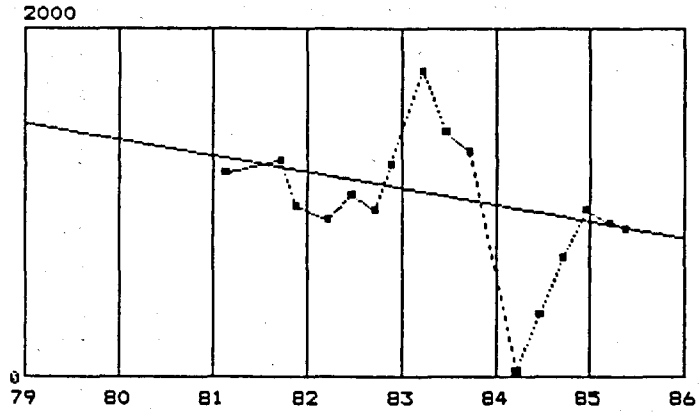
Mesures = 18

2 σ = 1.8

Y moyen = 3.8
Y est80 = 4.3
Y est85 = 3.5

Y=-0.1 +- 0.5 X + 4.3

28/3 LORIENT - LE BLAVET.....



P C B s

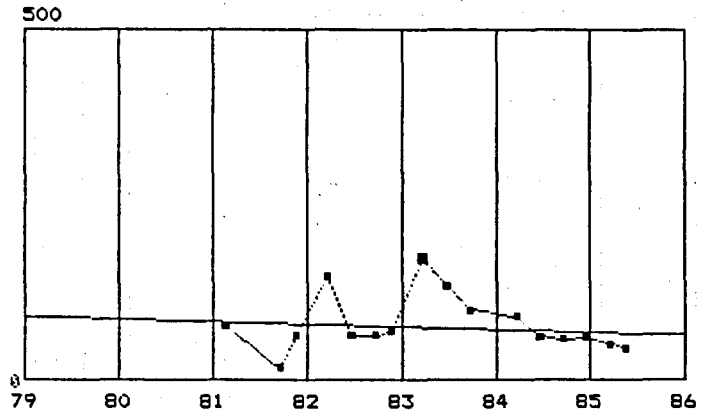
****

Mesures = 15

2 σ = 440

Y moyen = 1048
Y est80 = 1358
Y est85 = 894

Y=-93 +- 123 X + 1358



D D T s

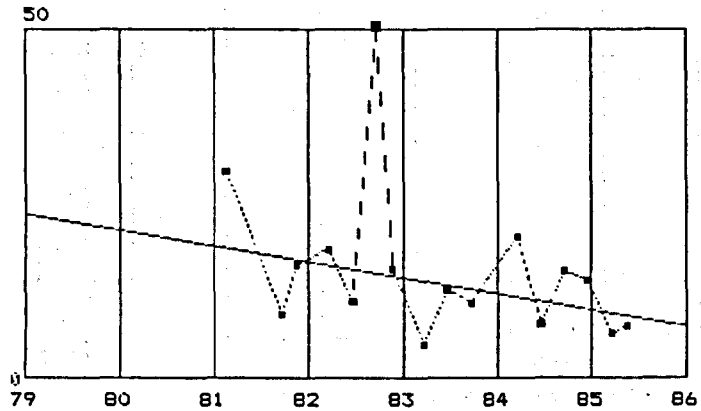
****

Mesures = 15

2 σ = 49

Y moyen = 74
Y est80 = 85
Y est85 = 68

Y=-3 +- 13 X + 85



HYDROCARBURES

****

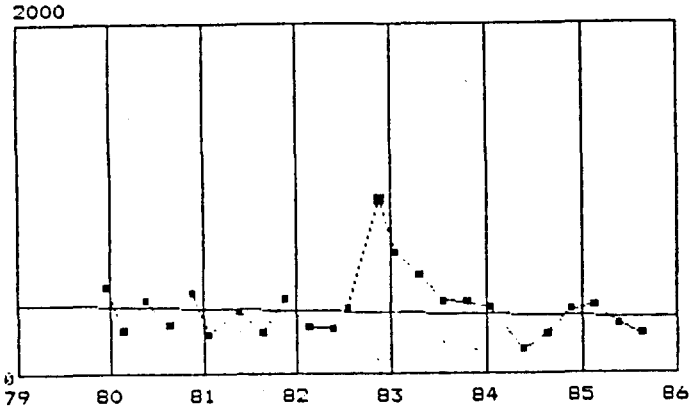
Mesures = 15

2 σ = 8.4

Y moyen = 13.3
Y est80 = 21.1
Y est85 = 9.8

Y=-2.3 +- 2.3 X + 21.1

28/2 LORIENT-RIV. D'ETEL.....



P C B s

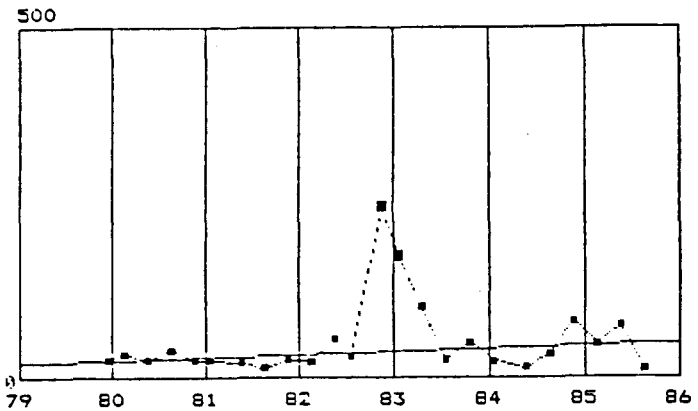
****

Mesures = 23

2 σ = 99

Y moyen = 352
Y est80 = 377
Y est85 = 330

Y=-9 +- 31 X + 377



D D T s

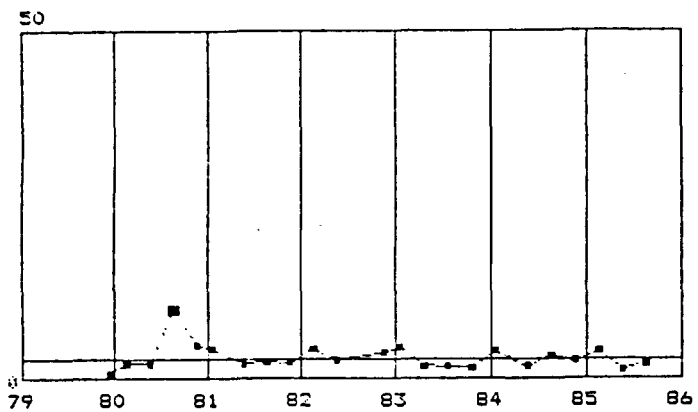
****

Mesures = 22

2 σ = 17

Y moyen = 37
Y est80 = 27
Y est85 = 46

Y= 4 +- 5 X + 27



HYDROCARBURES

****

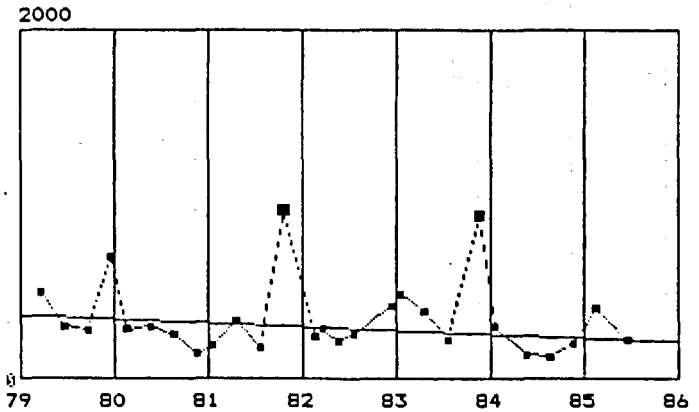
Mesures = 22

2 σ = 1

Y moyen = 2.7
Y est80 = 2.8
Y est85 = 2.7

Y= 0 +- 0.3 X + 2.8

10/4 G.MORBIHAN-LOCMARIAQUER...



P C B s

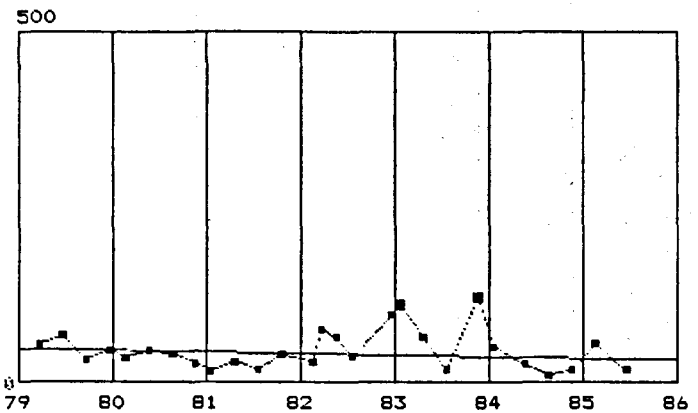
****

Mesures = 25

2 σ = 79

Y moyen = 297
Y est80 = 340
Y est85 = 242

Y=-20 +- 27 X + 340



D D T s

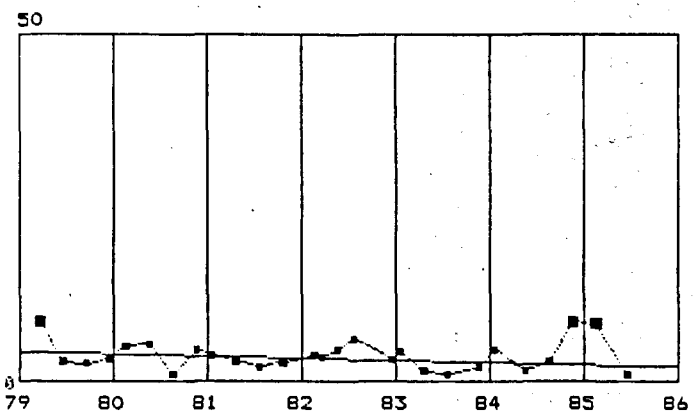
****

Mesures = 25

2 σ = 13

Y moyen = 40
Y est80 = 45
Y est85 = 35

Y=-2 +- 5 X + 45



HYDROCARBURES

****

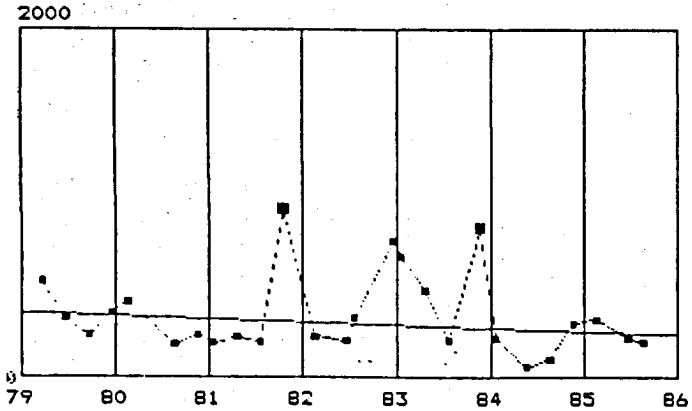
Mesures = 24

2 σ = 0.9

Y moyen = 3.2
Y est80 = 3.8
Y est85 = 2.4

Y=-0.3 +- 0.3 X + 3.8

10/3 G.MORBIHAN-LARMOR BADEN...



P C B s

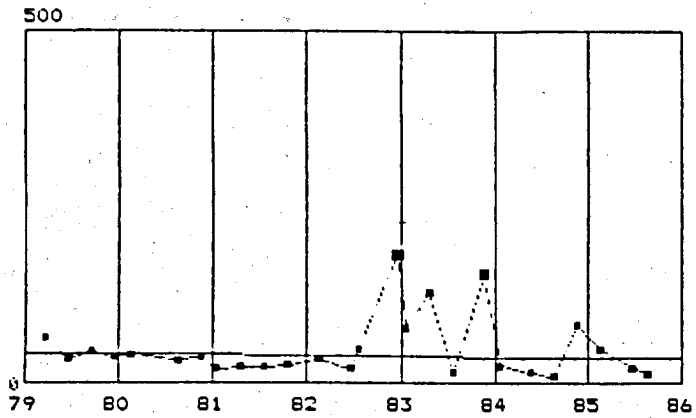
****

Mesures = 24

2 σ = 114

Y moyen = 312
Y est80 = 353
Y est85 = 270

Y=-17 +- 36 X + 353



D D T s

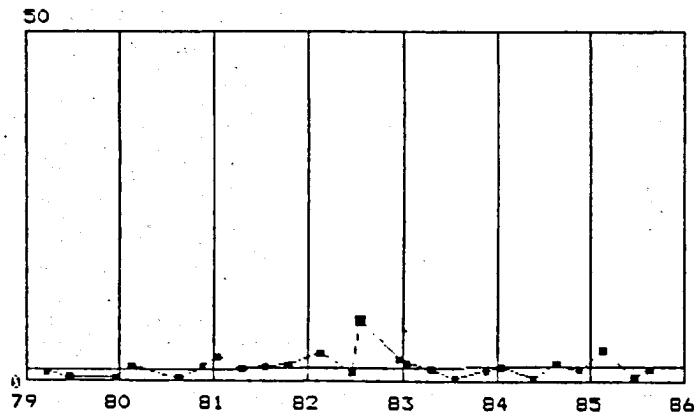
****

Mesures = 24

2 σ = 18

Y moyen = 38
Y est80 = 40
Y est85 = 37

Y=-1 +- 6 X + 40



HYDROCARBURES

****

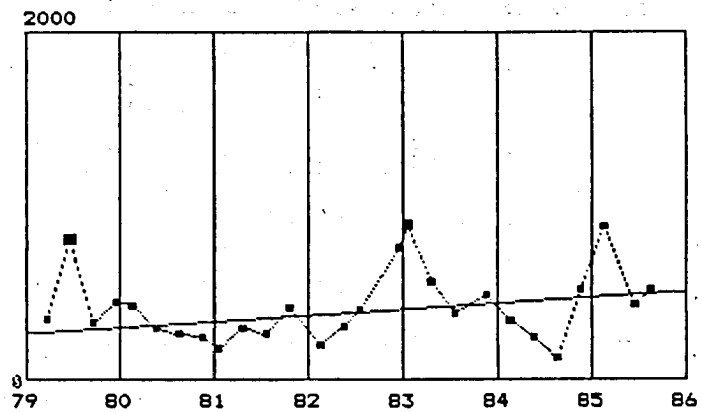
Mesures = 24

2 σ = 0.8

Y moyen = 1.9
Y est80 = 1.7
Y est85 = 2.2

Y= 0.1 +- 0.2 X + 1.

10/1 GOLF.MORBIHAN-ARRADON.....



P C B s

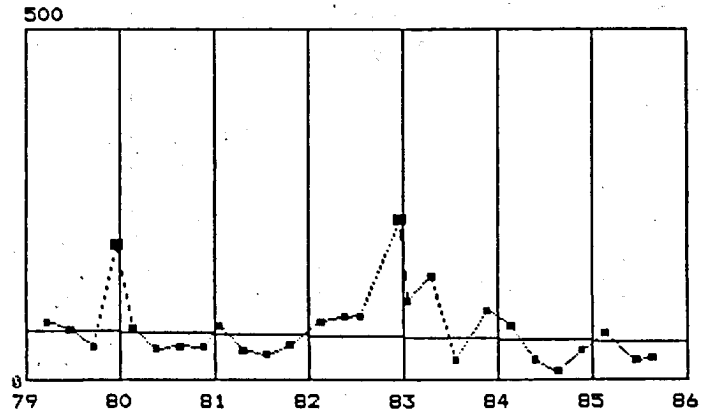
****

Mesures = 25

2 σ = 108

Y moyen = 391
Y est80 = 310
Y est85 = 474

Y= 33 +- 35 X + 310



D D T s

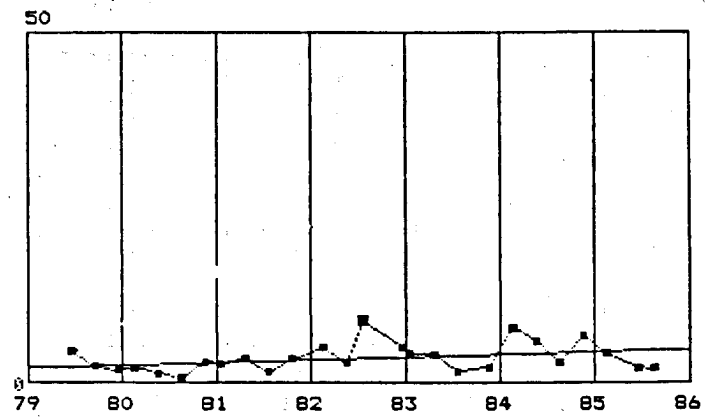
****

Mesures = 25

2 σ = 21

Y moyen = 63
Y est80 = 69
Y est85 = 56

Y=-3 +- 7 X + 69



HYDROCARBURES

****

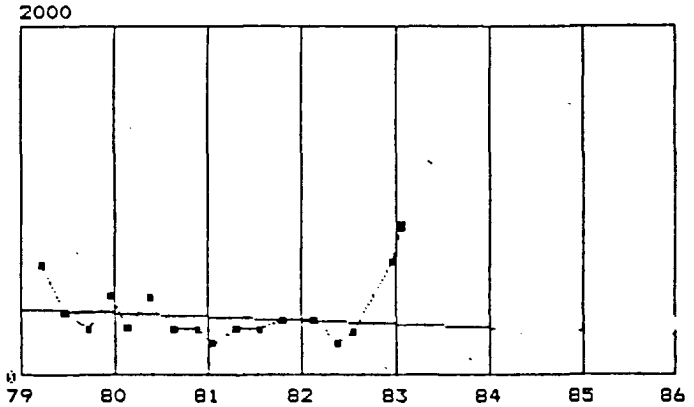
Mesures = 25

2 σ = 1.1

Y moyen = 3.3
Y est80 = 2.5
Y est85 = 4.2

Y= 0.3 +- 0.4 X + 2.5

10/2 GOLFE DU MORBIHAN - SENE..



P C B s

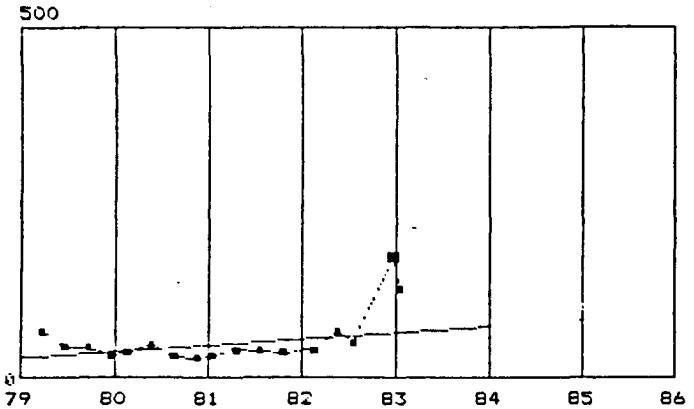
****

Mesures = 16

2 σ = 97

Y moyen = 333
Y est80 = 354
Y est85 = 253

Y=-20 +- 64 X + 354



D D T s

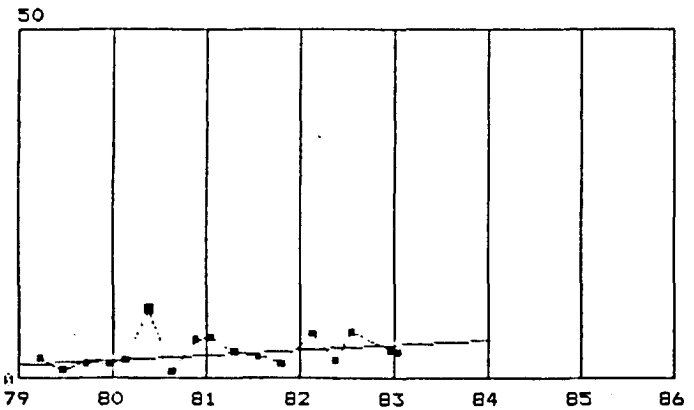
****

Mesures = 16

2 σ = 15

Y moyen = 48
Y est80 = 39
Y est85 = 82

Y= 9 +- 10 X + 39



HYDROCARBURES

****

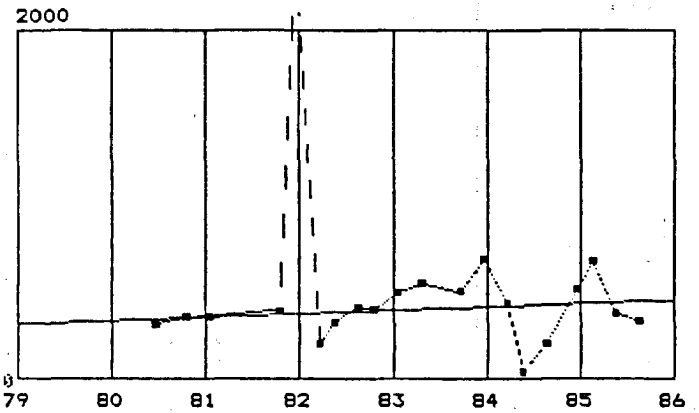
Mesures = 16

2 σ = 1.1

Y moyen = 3.5
Y est80 = 2.6
Y est85 = 6.2

Y= 0.7 +- 0.7 X + 2.

29/1 LA VILAINE - PEN BE.....



P C B s

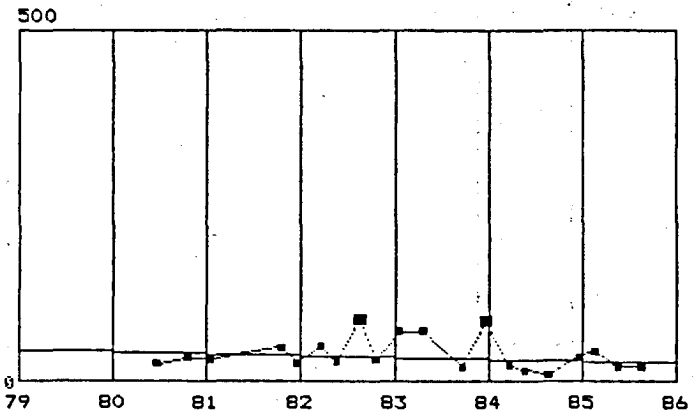
****

Mesures = 19

2 σ = 172

Y moyen = 397
Y est80 = 336
Y est85 = 429

Y= 19 +- 47 X + 336



D D T s

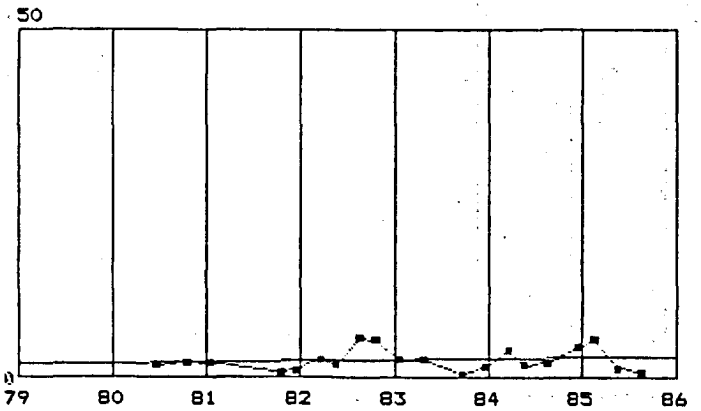
****

Mesures = 18

2 σ = 18

Y moyen = 34
Y est80 = 42
Y est85 = 30

Y=-2 +- 5 X + 42



HYDROCARBURES

****

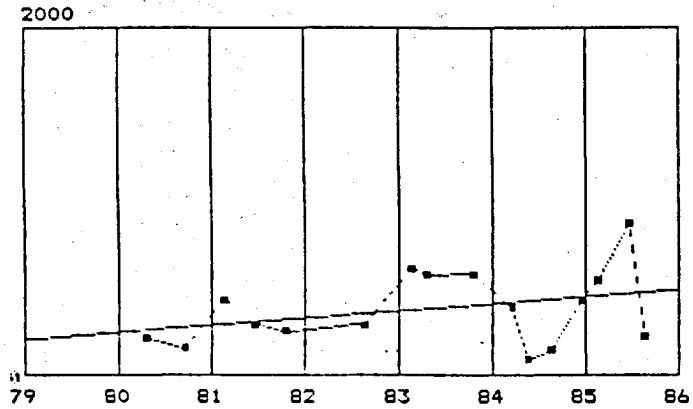
Mesures = 20

2 σ = 1.8

Y moyen = 2.5
Y est80 = 2.1
Y est85 = 2.8

Y= 0.1 +- 0.5 X + 2.1

29/3 PIRIAC.....



P C B s

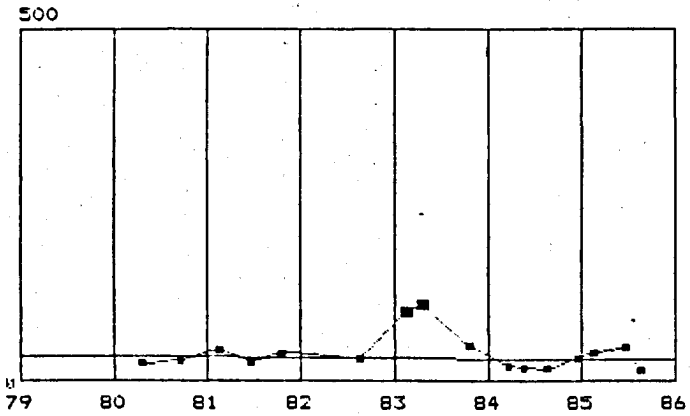
****

Mesures = 16

2 σ = 230

Y moyen = 388
Y est80 = 248
Y est85 = 460

Y= 42 +- 62 X + 248



D D T s

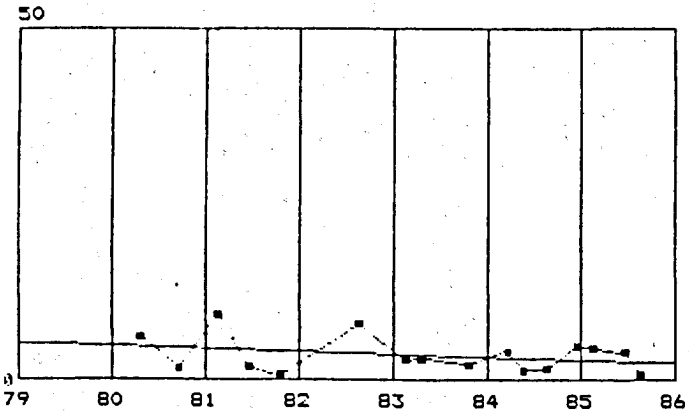
****

Mesures = 14

2 σ = 13

Y moyen = 32
Y est80 = 35
Y est85 = 30

Y=-1 +- 3 X + 35



HYDROCARBURES

****

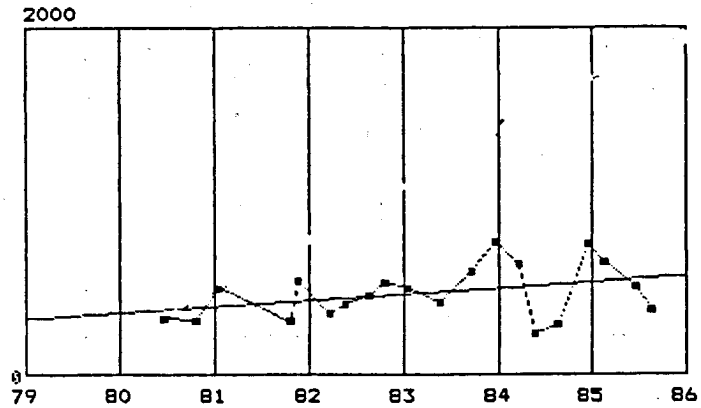
Mesures = 16

2 σ = 2.8

Y moyen = 3.5
Y est80 = 4.8
Y est85 = 2.9

Y=-0.4 +- 0.8 X + 4.8

29/2 LE CROISIC.....



P C B s

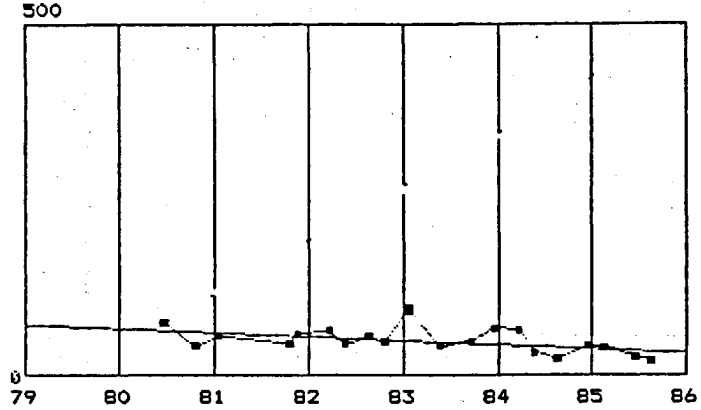
****

Mesures = 20

2 σ = 158

Y moyen = 479
Y est80 = 365
Y est85 = 541

Y= 35 +- 44 X + 365



D D T s

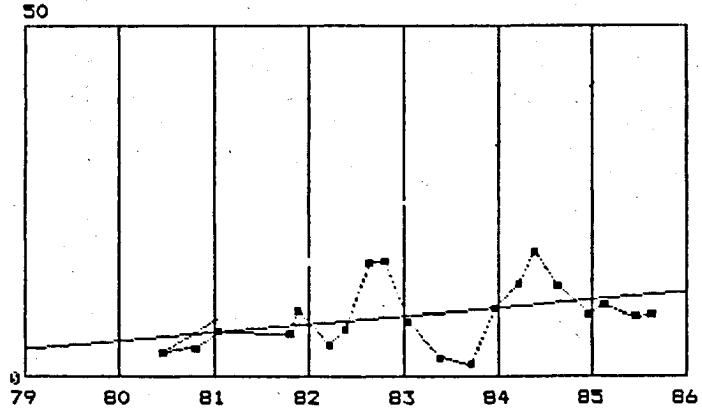
****

Mesures = 19

2 σ = 13

Y moyen = 47
Y est80 = 66
Y est85 = 37

Y=-6 +- 4 X + 66



HYDROCARBURES

****

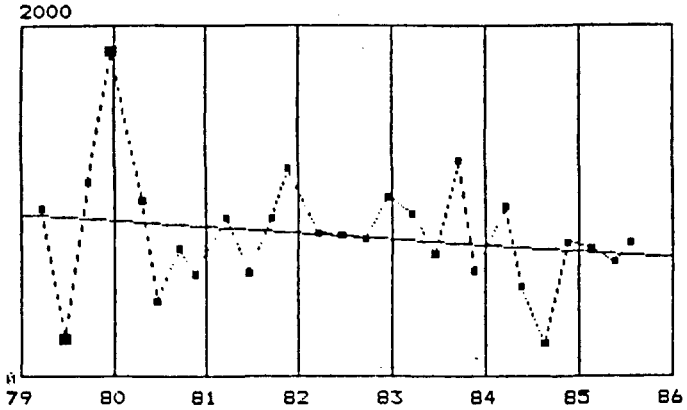
Mesures = 20

2 σ = 4.6

Y moyen = 8.8
Y est80 = 5.2
Y est85 = 10.7

Y= 1.1 +- 1.3 X + 5.2

3/2 LOIRE - CHEMOULIN.....



P C B s

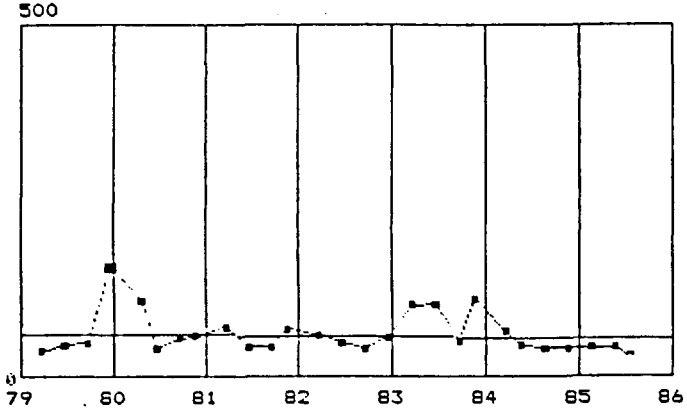
****

Mesures = 25

2 σ = 167

Y moyen = 796
Y est80 = 886
Y est85 = 717

Y=-34 +- 52 X + 886



D D T s

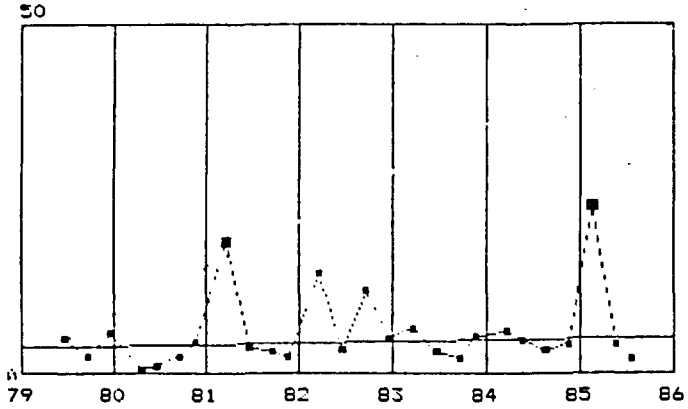
****

Mesures = 26

2 σ = 16

Y moyen = 57
Y est80 = 59
Y est85 = 56

Y=-1 +- 5 X + 59



HYDROCARBURES

****

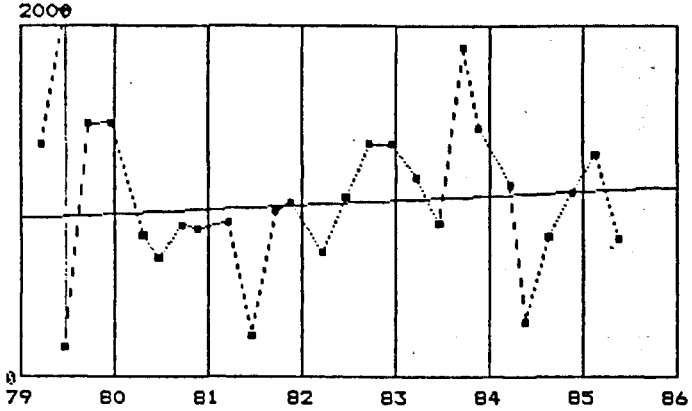
Mesures = 24

2 σ = 2.2

Y moyen = 4.5
Y est80 = 4.1
Y est85 = 4.9

Y= 0.2 +- 0.7 X + 4.1

3/1 LOIRE-VILLES MARTIN.....



P C B s

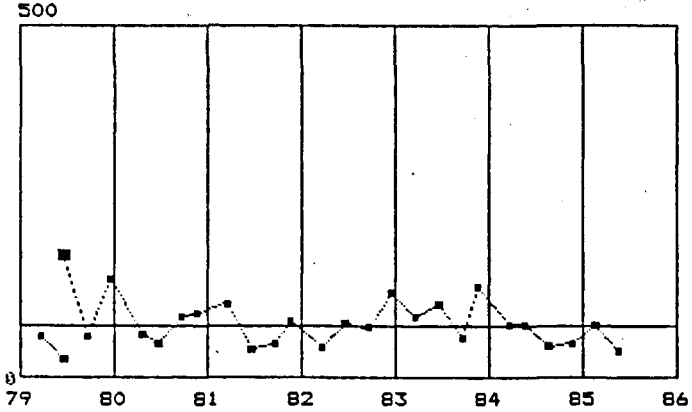
****

Mesures = 26

2 σ = 251

Y moyen = 985
Y est80 = 930
Y est85 = 1049

Y= 24 +- 85 X + 930



D D T s

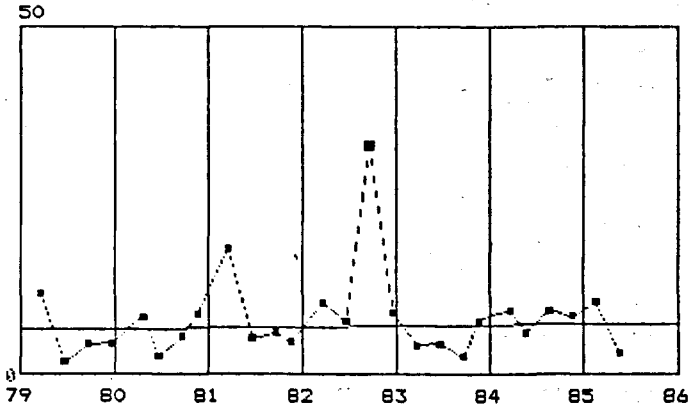
****

Mesures = 26

2 σ = 19

Y moyen = 73
Y est80 = 73
Y est85 = 73

Y= 0 +- 6 X + 73



HYDROCARBURES

****

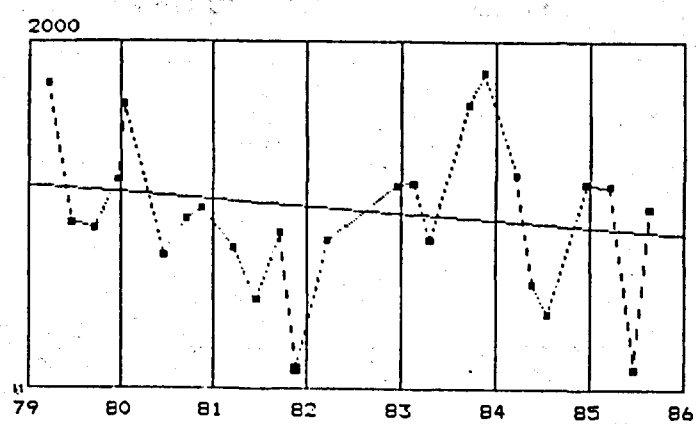
Mesures = 25

2 σ = 2.4

Y moyen = 7.1
Y est80 = 6.8
Y est85 = 7.4

Y= 0.1 +- 0.8 X + 6.8

3/3 LOIRE - LE POINTEAU.....



P C B s

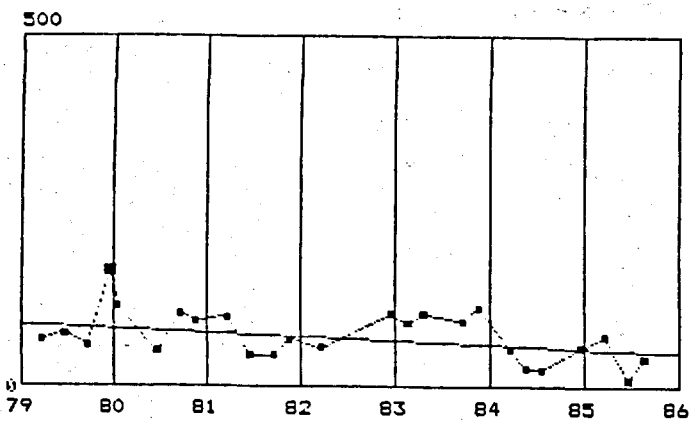
****

Mesures = 24

2 σ = 261

Y moyen = 1038
Y est80 = 1134
Y est85 = 937

Y=-39 +- 82 X + 1134



D D T s

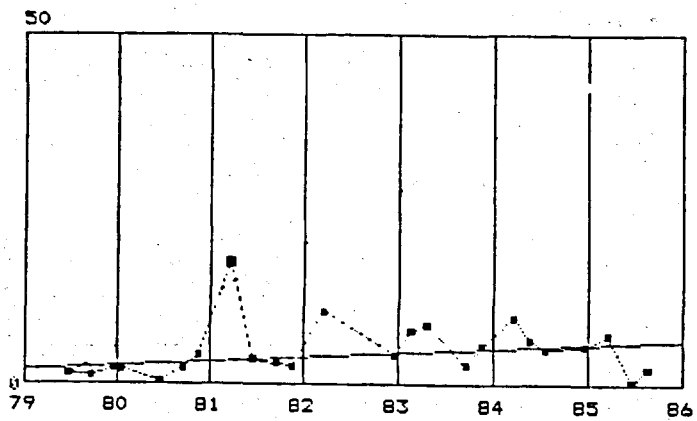
****

Mesures = 24

2 σ = 19

Y moyen = 69
Y est80 = 83
Y est85 = 56

Y=-5 +- 6 X + 83



HYDROCARBURES

****

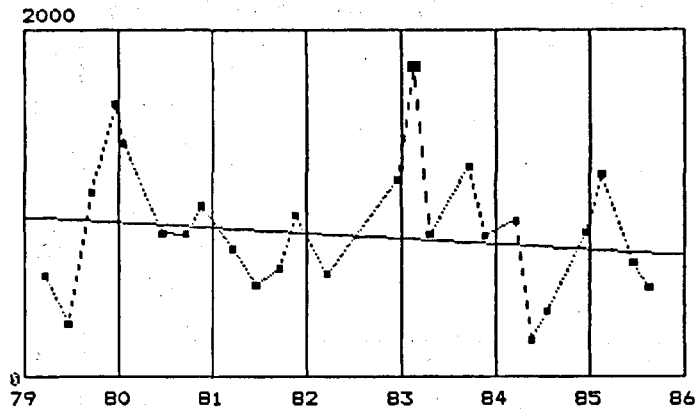
Mesures = 23

2 σ = 1.9

Y moyen = 4.4
Y est80 = 2.8
Y est85 = 5.8

Y= 0.6 +- 0.6 X + 2.8

3/4 LOIRE - THARON.....



P C B s

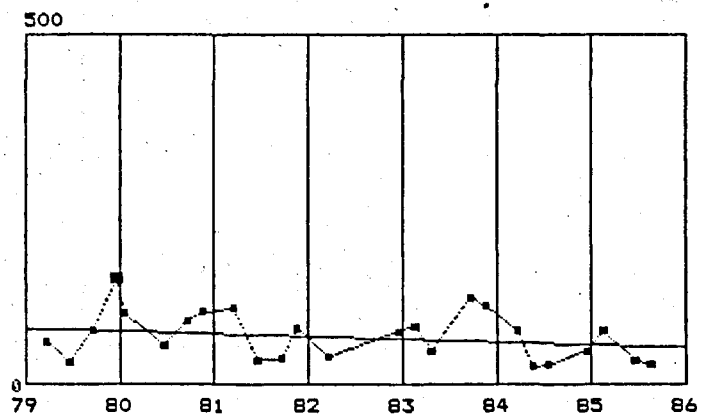
****

Mesures = 24

2 σ = 207

Y moyen = 823
Y est80 = 895
Y est85 = 743

Y=-30 +- 66 X + 895



D D T s

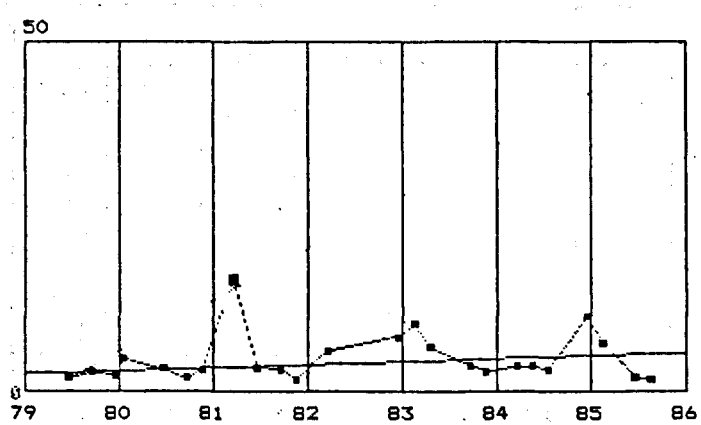
****

Mesures = 24

2 σ = 20

Y moyen = 66
Y est80 = 75
Y est85 = 58

Y=-3 +- 6 X + 75



HYDROCARBURES

****

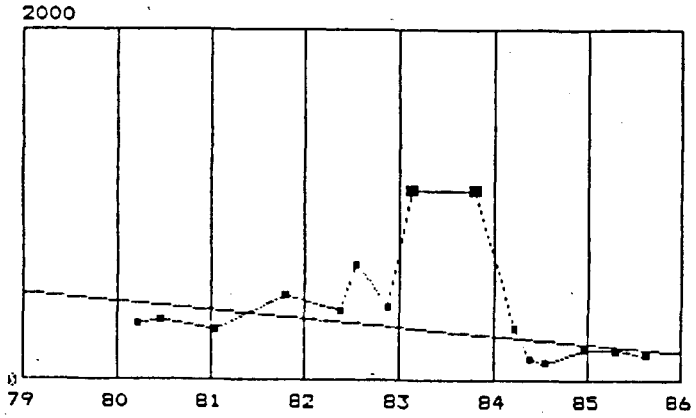
Mesures = 23

2 σ = 1.7

Y moyen = 4.2
Y est80 = 3.3
Y est85 = 5.2

Y= 0.4 +- 0.5 X + 3.3

3/5 LOIRE BAIE DE BOURNEUF.....



P C B s

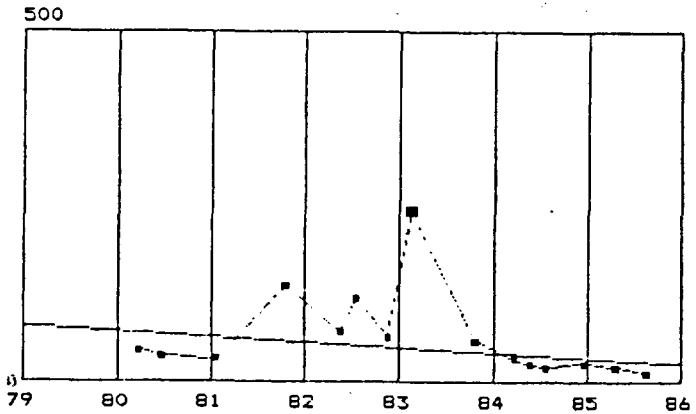
****

Mesures = 14

2 σ = 133

Y moyen = 306
Y est80 = 439
Y est85 = 211

Y=-45 +- 38 X + 439



D D T s

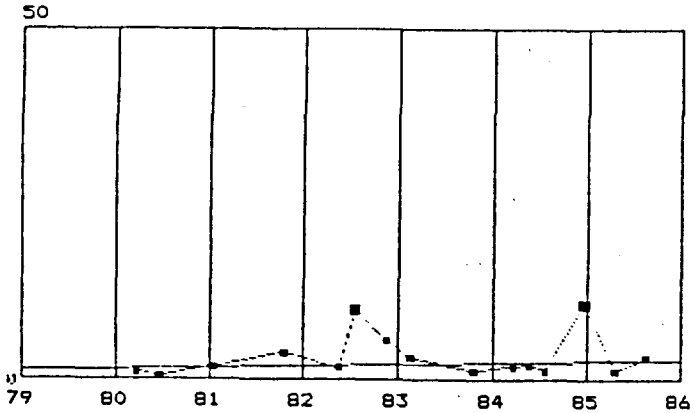
****

Mesures = 15

2 σ = 34

Y moyen = 50
Y est80 = 71
Y est85 = 36

Y=-7 +- 10 X + 71



HYDROCARBURES

****

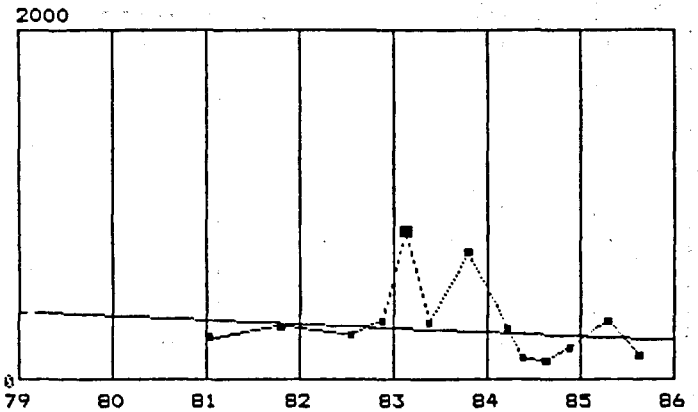
Mesures = 14

2 σ = 1.4

Y moyen = 2.1
Y est80 = 1.6
Y est85 = 2.5

Y= 0.2 +- 0.4 X + 1.

3/8 LOIRE - NOIRMOUTIER.....



P C B s

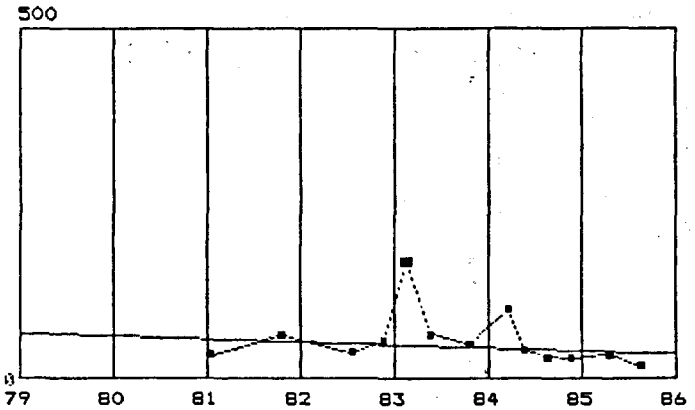
****

Mesures = 12

2 σ = 284

Y moyen = 281
Y est80 = 363
Y est85 = 253

Y=-22 +- 72 X + 363



D D T s

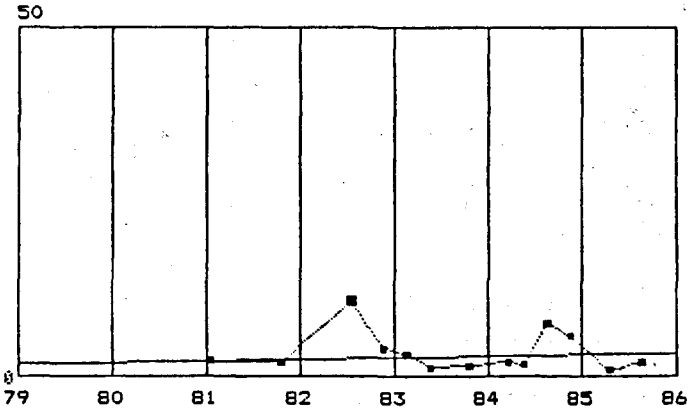
****

Mesures = 12

2 σ = 37

Y moyen = 45
Y est80 = 60
Y est85 = 40

Y=-4 +- 9 X + 60



HYDROCARBURES

****

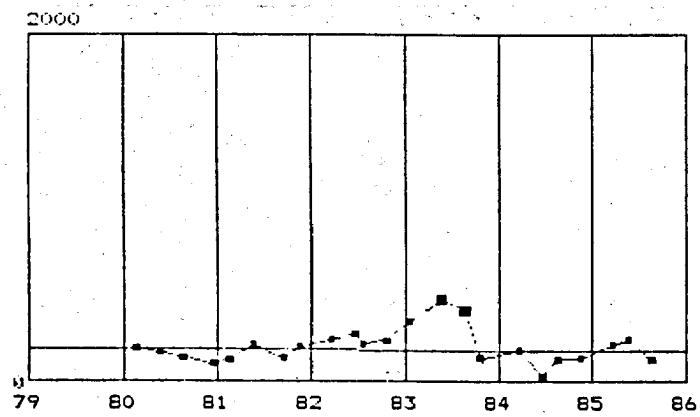
Mesures = 12

2 σ = 3.7

Y moyen = 2.9
Y est80 = 2.2
Y est85 = 3.2

Y= 0.2 +- 0.9 X + 2.2

38/1 TALMONT ILE BERNARD.....



P C B s

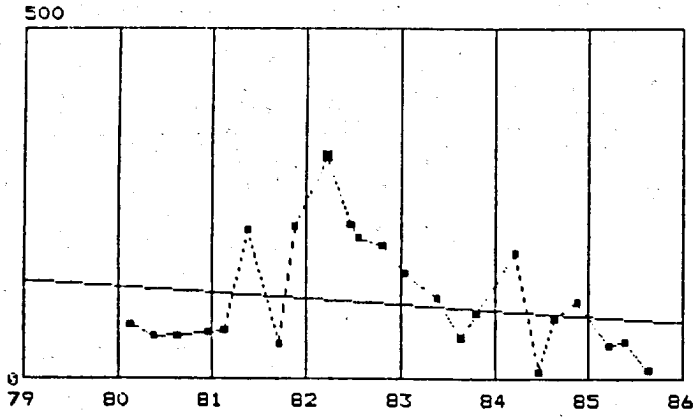
****

Mesures = 21

2 σ = 61

Y moyen = 181
Y est80 = 186
Y est85 = 177

Y=-2 +- 18 X + 186



D D T s

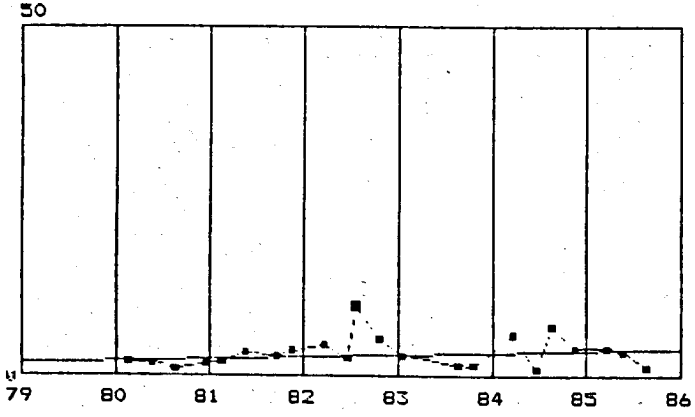
****

Mesures = 22

2 σ = 58

Y moyen = 107
Y est80 = 130
Y est85 = 90

Y=-8 +- 17 X + 130



HYDROCARBURES

****

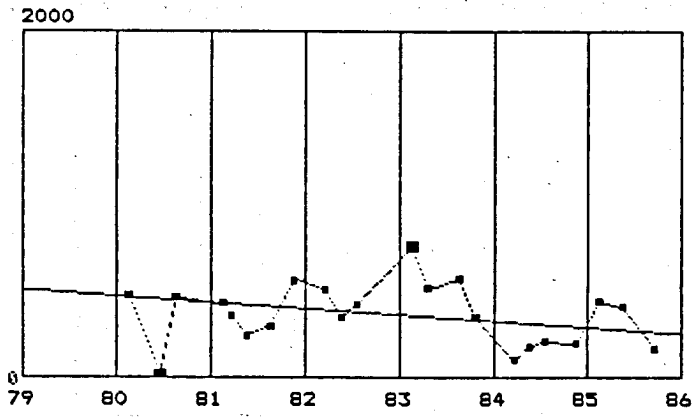
Mesures = 21

2 σ = 1.4

Y moyen = 3.1
Y est80 = 2.2
Y est85 = 3.7

Y= 0.3 +- 0.4 X + 2.2

30/1 BAIE DE L'AIGUILLON.....



P C B s

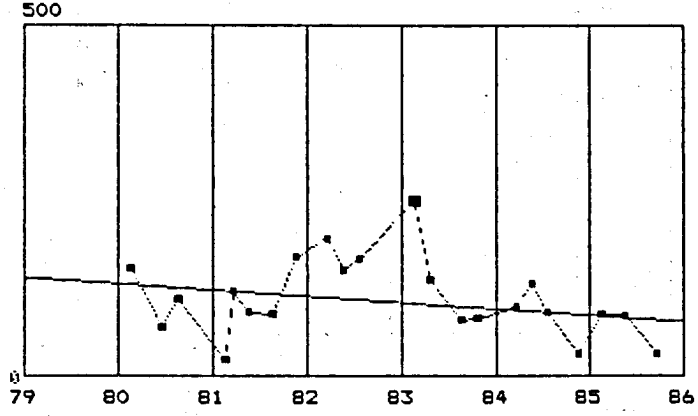
****

Mesures = 20

2 σ = 123

Y moyen = 369
Y est80 = 478
Y est85 = 296

Y=-36 +- 36 X + 478



D D T s

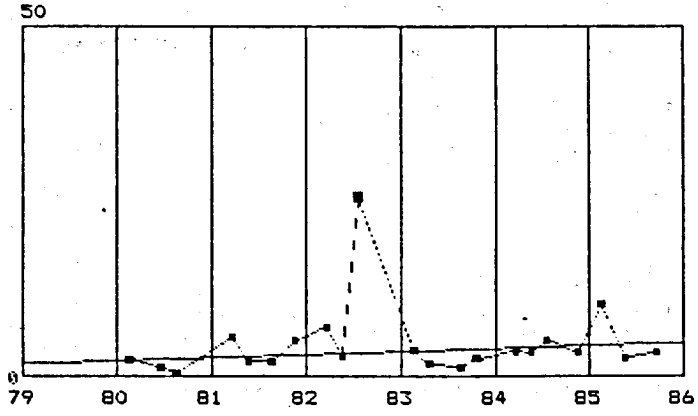
****

Mesures = 21

2 σ = 39

Y moyen = 105
Y est80 = 129
Y est85 = 87

Y=-9 +- 12 X + 129



HYDROCARBURES

****

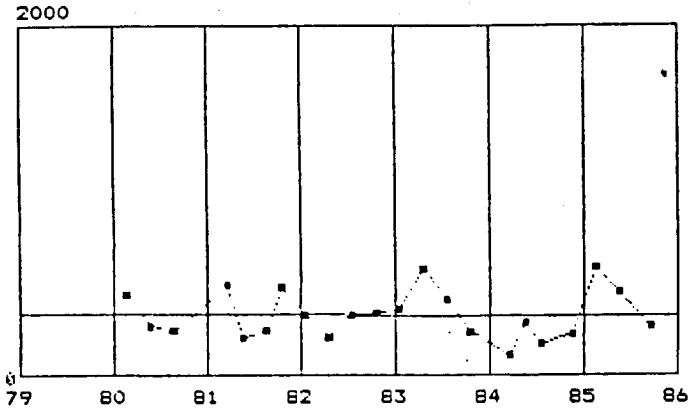
Mesures = 20

2 σ = 1.9

Y moyen = 3.5
Y est80 = 2.3
Y est85 = 4.3

Y= 0.4 +- 0.6 X + 2.3

30/2 RIVEDOUX.....



P C B s

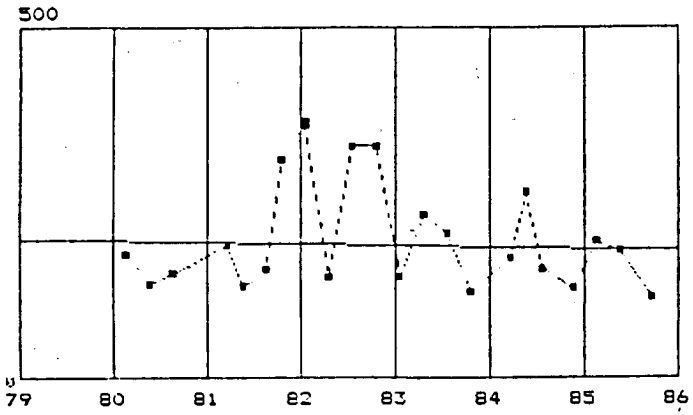
****

Mesures = 22

2 σ = 124

Y moyen = 346
Y est80 = 350
Y est85 = 343

Y=-1 +- 37 X + 350



D D T s

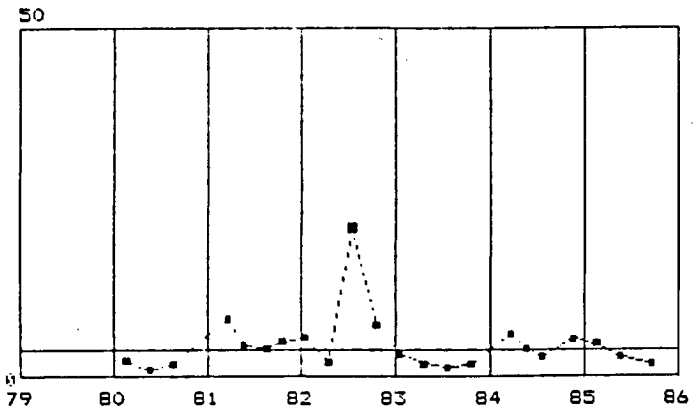
****

Mesures = 21

2 σ = 62

Y moyen = 190
Y est80 = 196
Y est85 = 186

Y=-2 +- 18 X + 196



HYDROCARBURES

****

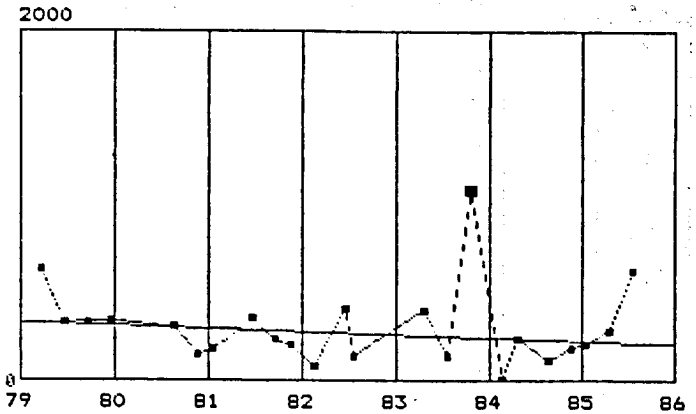
Mesures = 21

2 σ = 1.9

Y moyen = 3.7
Y est80 = 3.7
Y est85 = 3.7

Y= 0 +- 0.6 X + 3.7

15/1 MARENNES O.-BOYARDVILLE...



P C B s

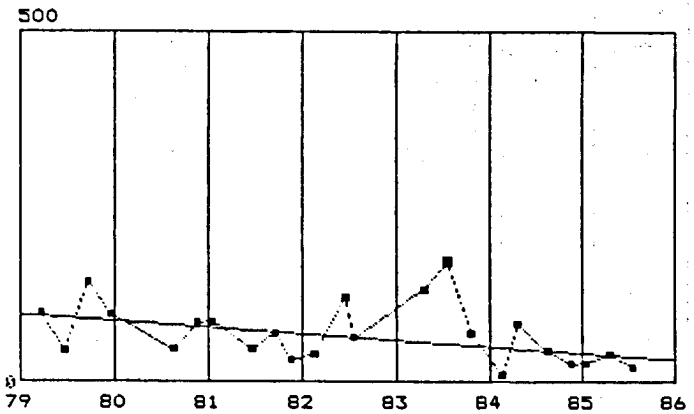
****

Mesures = 22

2 σ = 105

Y moyen = 268
Y est80 = 312
Y est85 = 222

Y=-18 +- 34 X + 312



D D T s

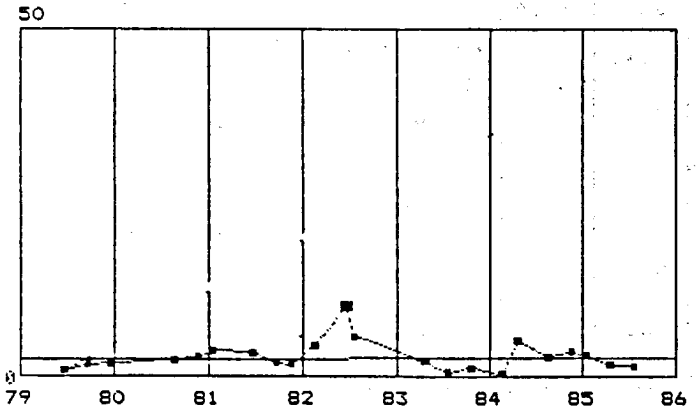
****

Mesures = 22

2 σ = 23

Y moyen = 65
Y est80 = 86
Y est85 = 42

Y=-9 +- 7 X + 86



HYDROCARBURES

****

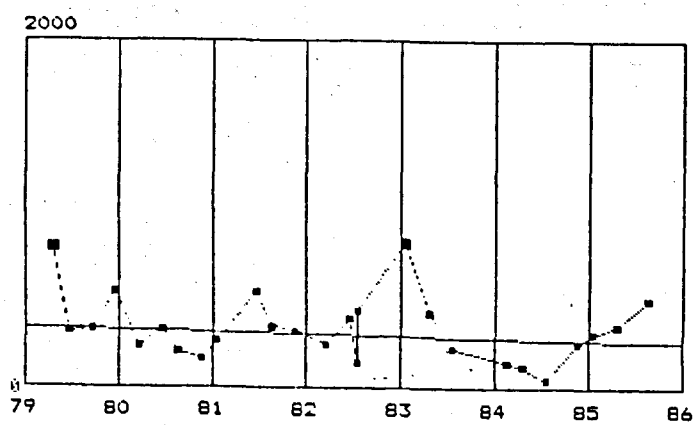
Mesures = 21

2 σ = 1.1

Y moyen = 2.6
Y est80 = 2.5
Y est85 = 2.7

Y= 0 +- 0.3 X + 2.5

15/3 MARENNES O.- LES PALLES...



P C B s

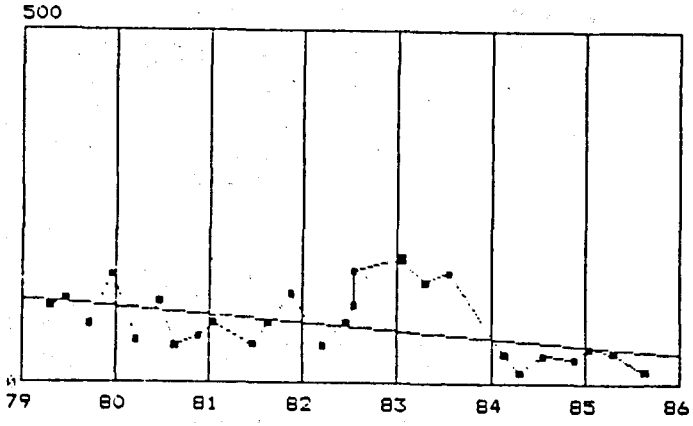
****

Mesures = 24

2 σ = 91

Y moyen = 311
Y est80 = 338
Y est85 = 283

Y=-11 +- 30 X + 338



D D T s

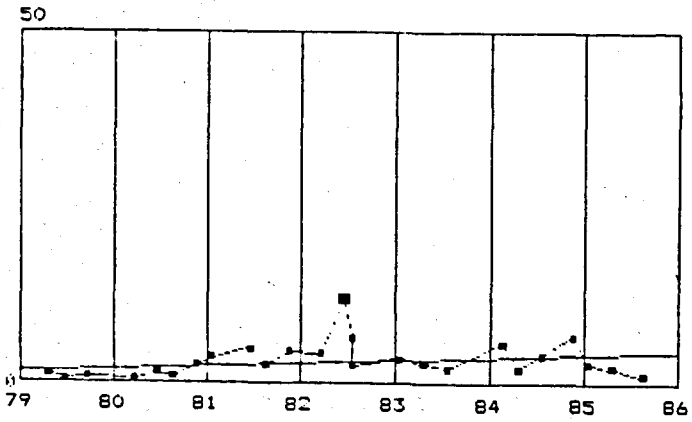
****

Mesures = 25

2 σ = 24

Y moyen = 83
Y est80 = 106
Y est85 = 55

Y=-10 +- 8 X + 106



HYDROCARBURES

****

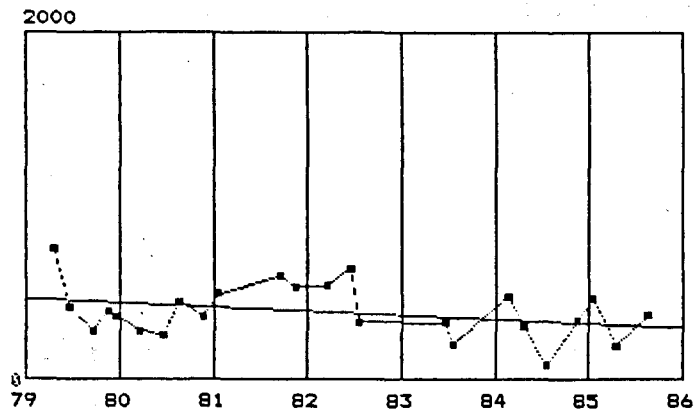
Mesures = 24

2 σ = 1.1

Y moyen = 2.9
Y est80 = 2.1
Y est85 = 3.9

Y= 0.4 +- 0.4 X + 2.1

15/5 MARENNES O.- LA MOUCLIERE.



P C B s

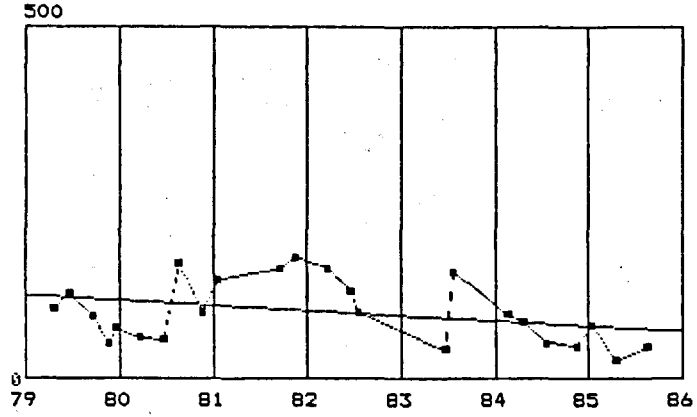
****

Mesures = 24

2 σ = 91

Y moyen = 398
Y est80 = 450
Y est85 = 334

Y=-23 +- 30 X + 450



D D T s

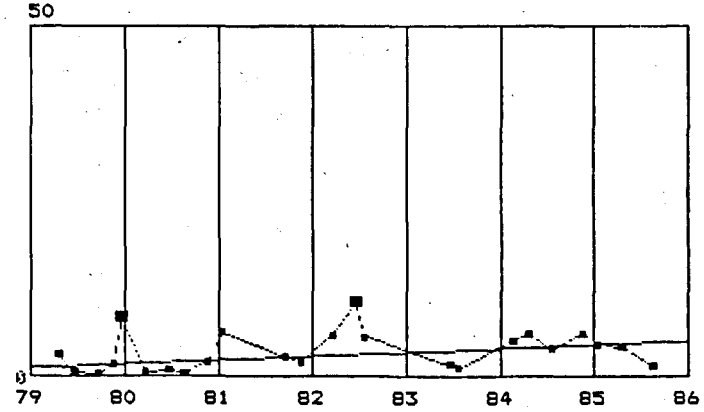
****

Mesures = 24

2 σ = 26

Y moyen = 94
Y est80 = 109
Y est85 = 75

Y=-7 +- 9 X + 109



HYDROCARBURES

****

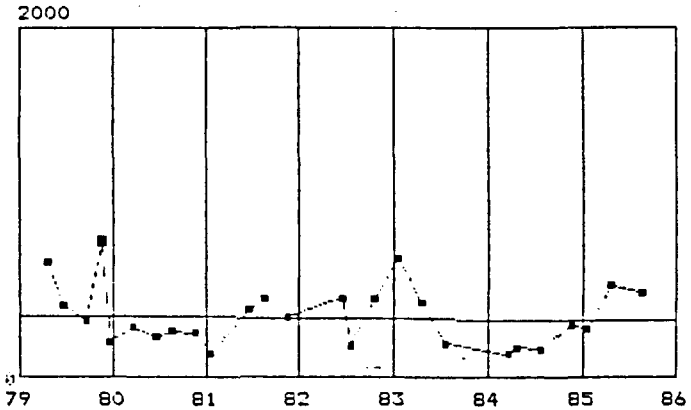
Mesures = 22

2 σ = 1.2

Y moyen = 3.1
Y est80 = 1.9
Y est85 = 4.4

Y= 0.5 +- 0.4 X + 1.9

15/4 MARENNES O.- L'ESTREE.....



P C B s

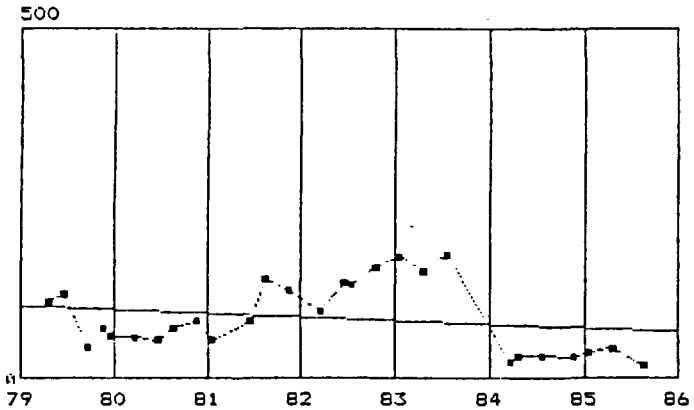
****

Mesures = 25

2 σ = 98

Y moyen = 336
Y est80 = 343
Y est85 = 328

Y=-3 +- 32 X + 343



D D T s

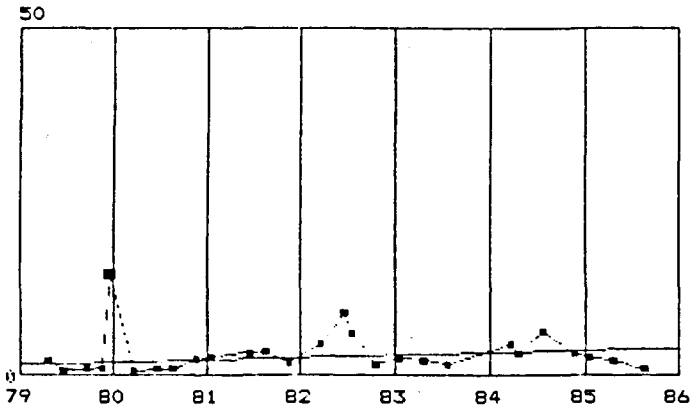
****

Mesures = 27

2 σ = 29

Y moyen = 87
Y est80 = 98
Y est85 = 72

Y=-5 +- 10 X + 98



HYDROCARBURES

****

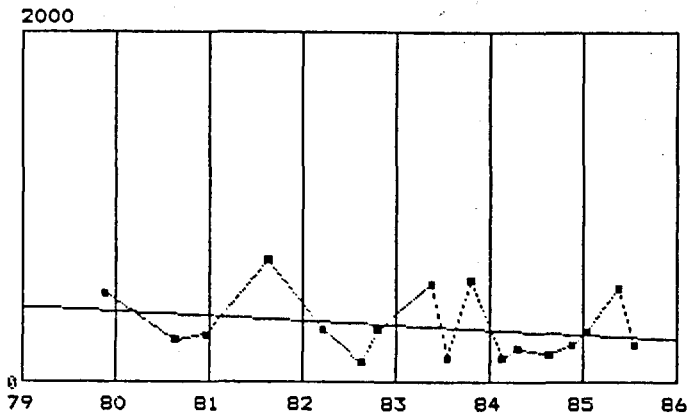
Mesures = 26

2 σ = 1.2

Y moyen = 2.7
Y est80 = 2
Y est85 = 3.6

Y= 0.3 +- 0.4 X + 2

15/10 MARENNES O.- DAGNAS.....



P C B s

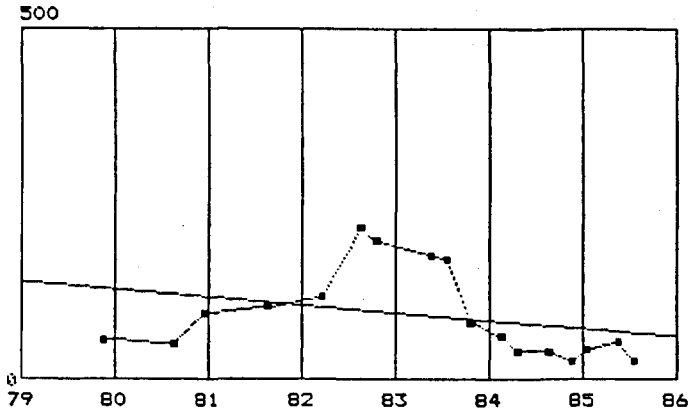
****

Mesures = 17

2 σ = 196

Y moyen = 321
Y est80 = 402
Y est85 = 278

Y=-25 +- 54 X + 402



D D T s

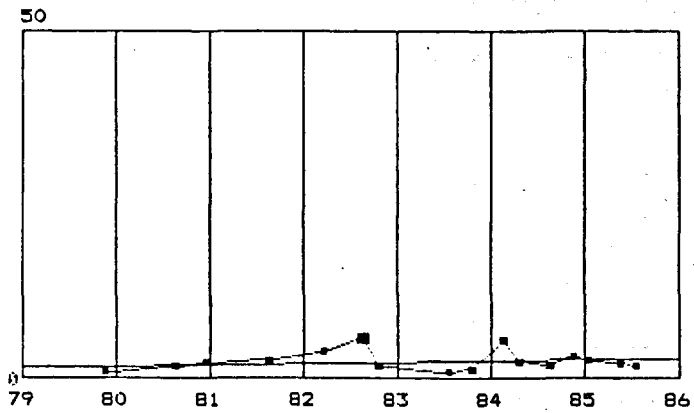
****

Mesures = 17

2 σ = 66

Y moyen = 92
Y est80 = 127
Y est85 = 73

Y=-11 +- 18 X + 127



HYDROCARBURES

****

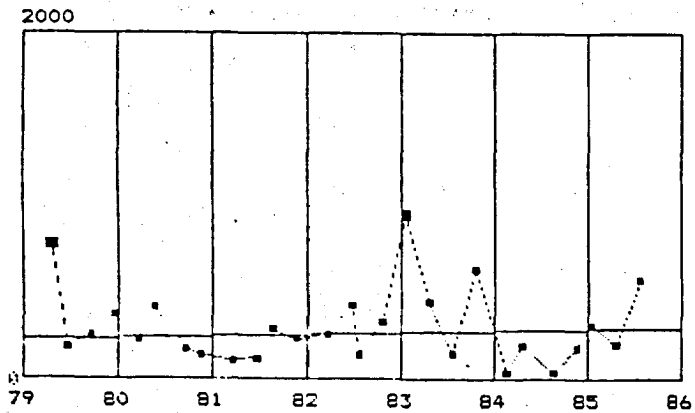
Mesures = 15

2 σ = 1.3

Y moyen = 2.3
Y est80 = 1.9
Y est85 = 2.6

Y= 0.1 +- 0.4 X + 1.9

15/2 MARENNES O.- MUS DE LOUP..



P C B s

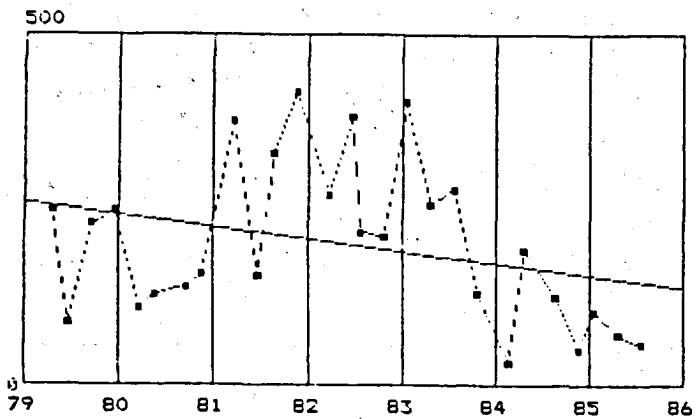
****

Mesures = 25

2 σ = 105

Y moyen = 259
Y est80 = 237
Y est85 = 281

Y= 9 +- 34 X + 237



D D T s

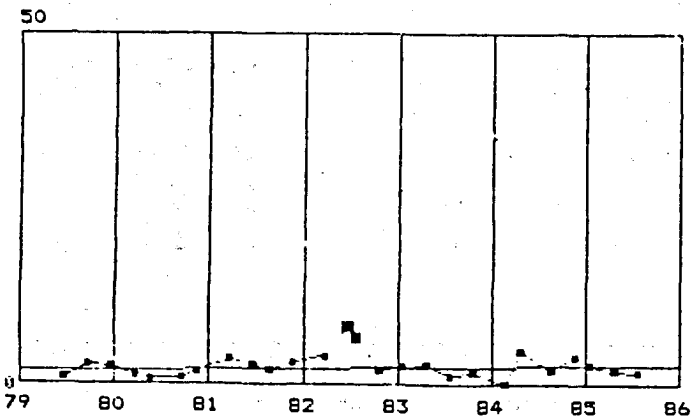
****

Mesures = 27

2 σ = 68

Y moyen = 202
Y est80 = 242
Y est85 = 158

Y=-17 +- 22 X + 242



HYDROCARBURES

****

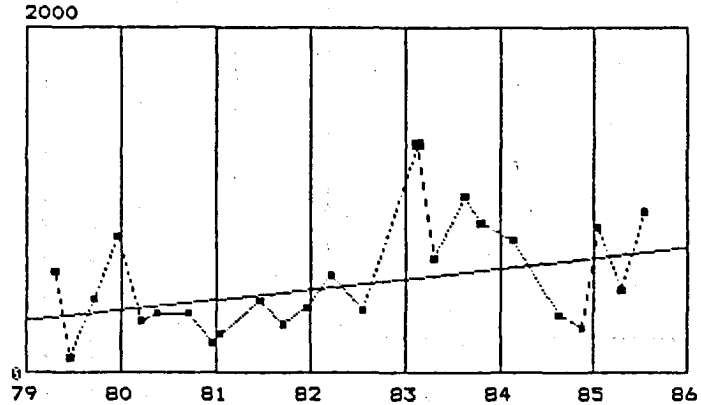
Mesures = 24

2 σ = 0.8

Y moyen = 2.3
Y est80 = 2.1
Y est85 = 2.6

Y= 0.1 +- 0.2 X + 2.1

4/1 GIRONDE - BONNE ANSE.....



P C B s

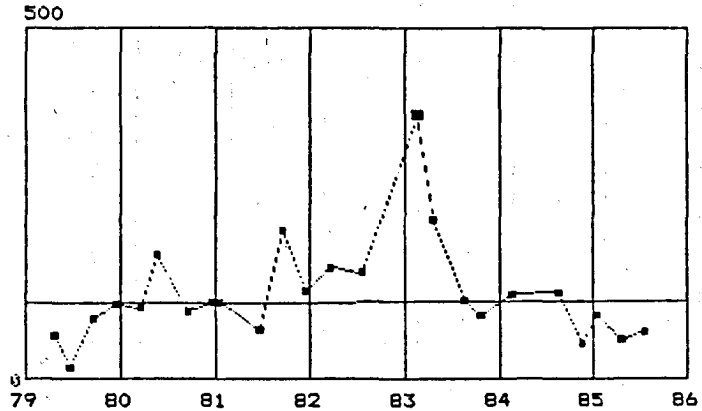
****

Mesures = 23

2 σ = 151

Y moyen = 501
Y est80 = 363
Y est85 = 668

Y= 61 +- 50 X + 363



D D T s

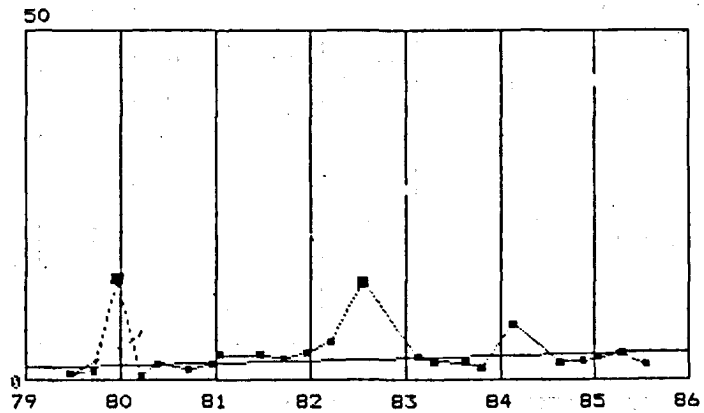
****

Mesures = 23

2 σ = 33

Y moyen = 110
Y est80 = 110
Y est85 = 110

Y= 0 +- 11 X + 110



HYDROCARBURES

****

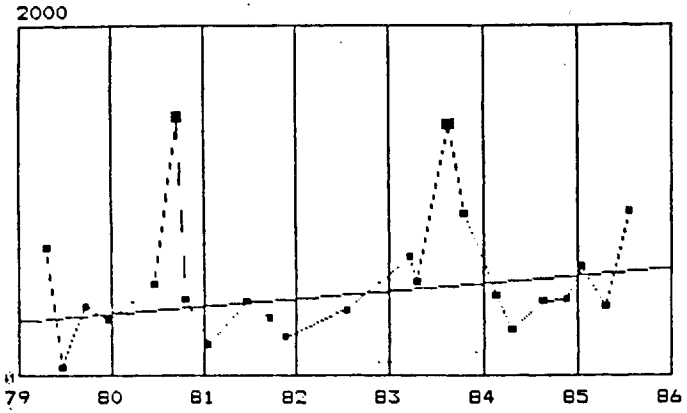
Mesures = 21

2 σ = 1.1

Y moyen = 3
Y est80 = 2.2
Y est85 = 3.8

Y= 0.3 +- 0.4 X + 2.2

4/2 GIRONDE - PONTAILLAC.....



P C B s

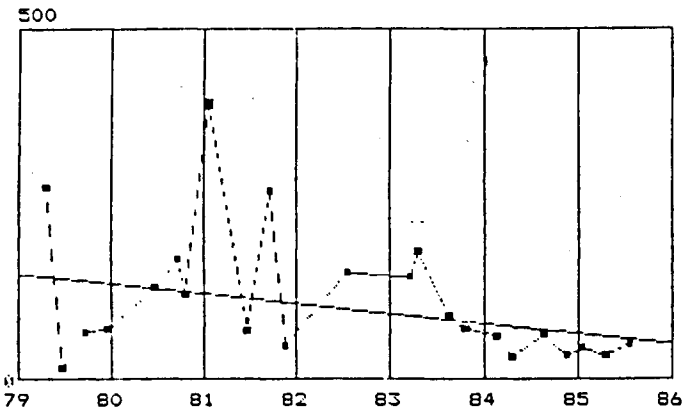
****

Mesures = 21

2 σ = 146

Y moyen = 462
Y est80 = 361
Y est85 = 564

Y= 40 +- 45 X + 361



D D T s

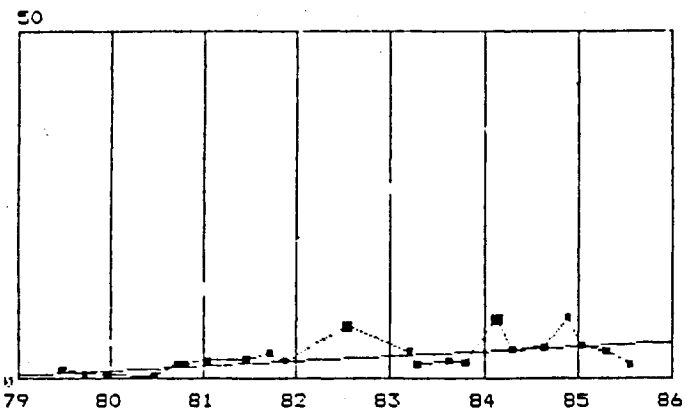
****

Mesures = 22

2 σ = 47

Y moyen = 100
Y est80 = 136
Y est85 = 65

Y=-14 +- 14 X + 136



HYDROCARBURES

****

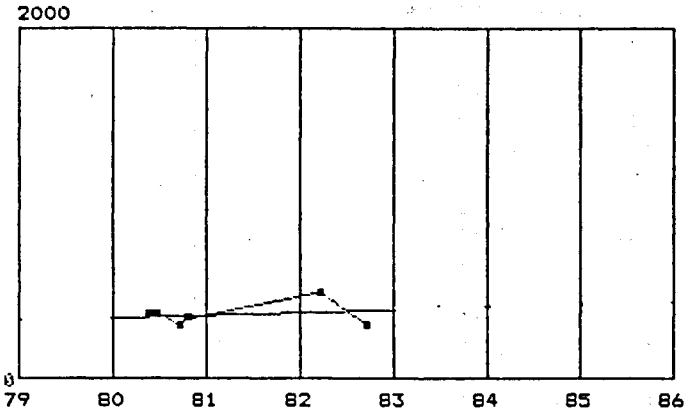
Mesures = 20

2 σ = 1

Y moyen = 2.9
Y est80 = 1.3
Y est85 = 4.5

Y= 0.6 +- 0.3 X + 1.3

4/5 GIRONDE-ST GEORGES DE DIDON



P C B s

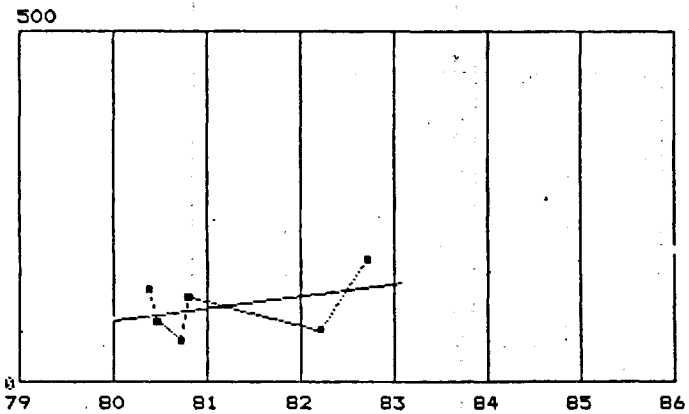
****

Mesures = 6

2 σ = 101

Y moyen = 370
Y est80 = 352
Y est85 =

Y= 14 +- 67 X + 352



D D T s

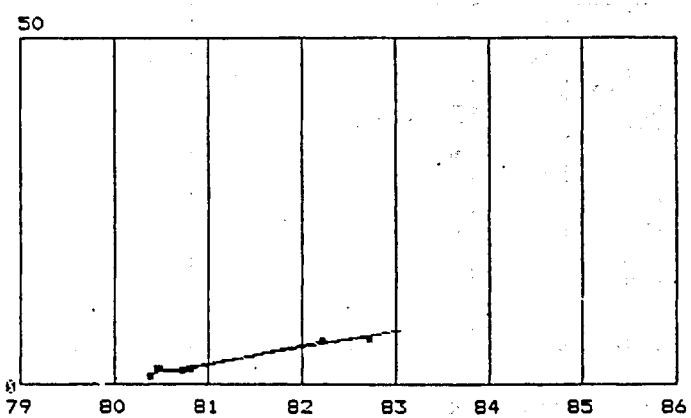
****

Mesures = 6

2 σ = 61

Y moyen = 108
Y est80 = 87
Y est85 =

Y= 17 +- 40 X + 87



HYDROCARBURES

****

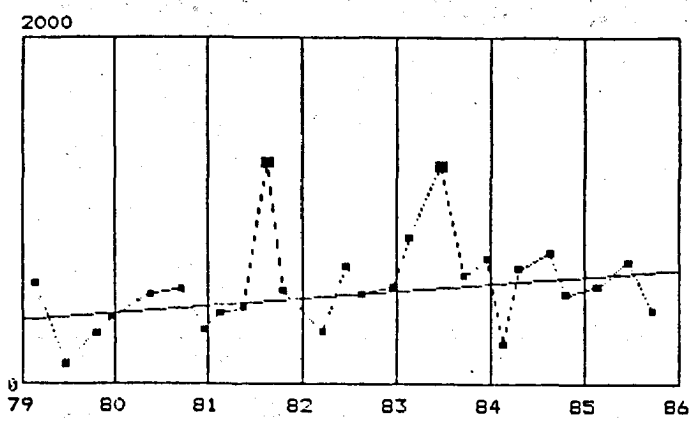
Mesures = 6

2 σ = 0.6

Y moyen = 3.5
Y est80 = 0.6
Y est85 =

Y= 2.4 +- 0.4 X + 0.6

4/3 GIRONDE - LA FOSSE.....



P C B s

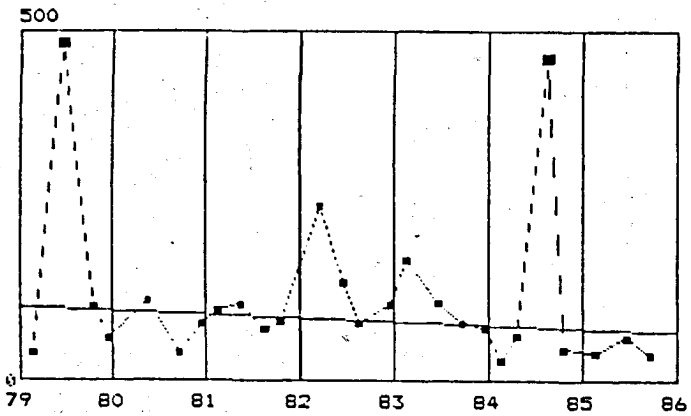
****

Mesures = 24

2 σ = 108

Y moyen = 519
Y est80 = 420
Y est85 = 618

Y= 40 +- 34 X + 420



D D T s

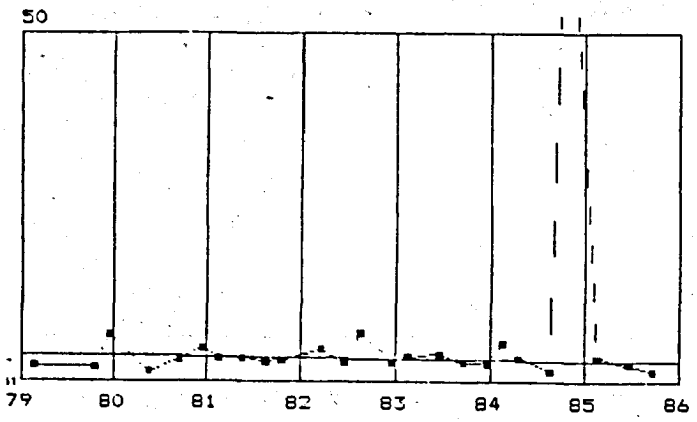
****

Mesures = 24

2 σ = 35

Y moyen = 89
Y est80 = 102
Y est85 = 77

Y=-5 +- 11 X + 102



HYDROCARBURES

****

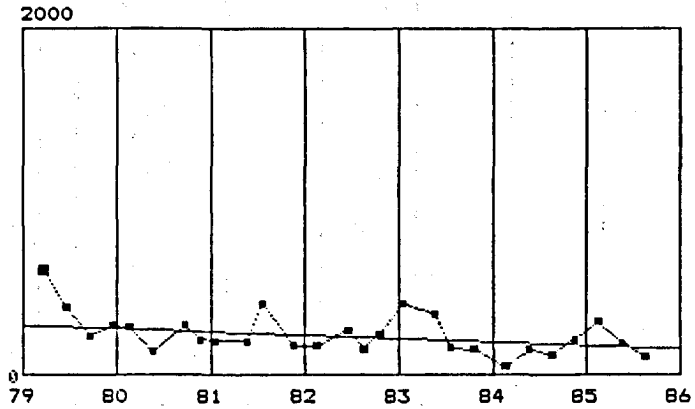
Mesures = 24

2 σ = 1

Y moyen = 3.5
Y est80 = 3.7
Y est85 = 3.2

Y=-0.1 +- 0.3 X + 3.7

16/5 ARCACHON-CAP FERRET.....



P C B s

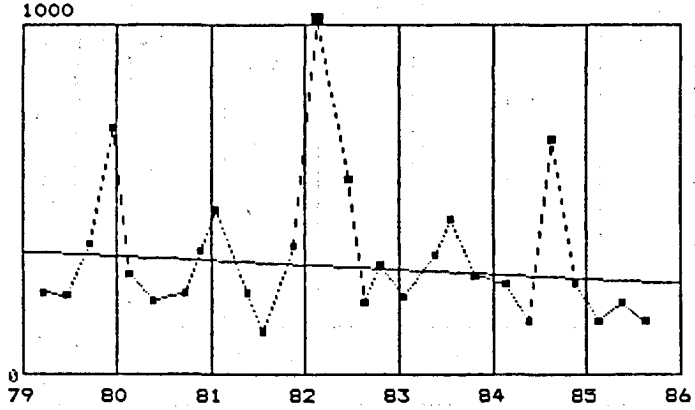
****

Mesures = 26

2 σ = 61

Y moyen = 222
Y est80 = 269
Y est85 = 176

Y=-19 +- 20 X + 269



D D T s

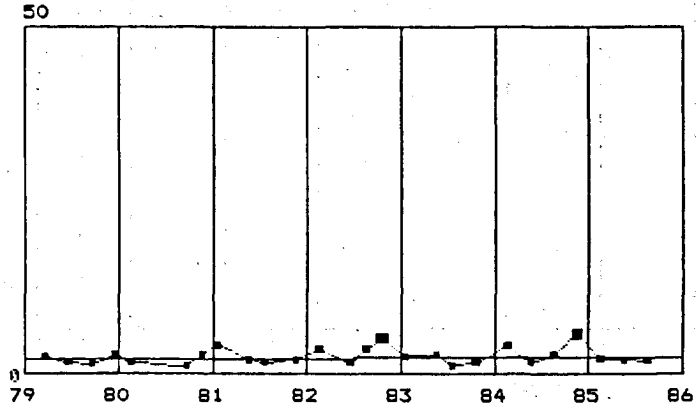
****

Mesures = 26

2 σ = 95

Y moyen = 312
Y est80 = 341
Y est85 = 280

Y=-12 +- 31 X + 341



HYDROCARBURES

****

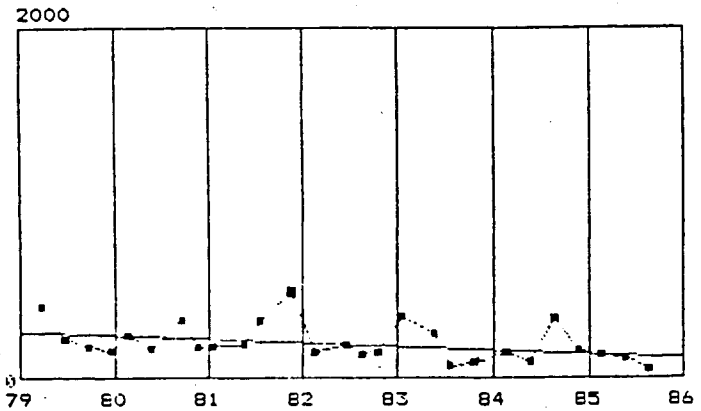
Mesures = 24

2 σ = 0.6

Y moyen = 2.4
Y est80 = 2.3
Y est85 = 2.5

Y= 0 +- 0.2 X + 2.3

16/1 ARCACHON-LES JACQUETS.....



P C B s

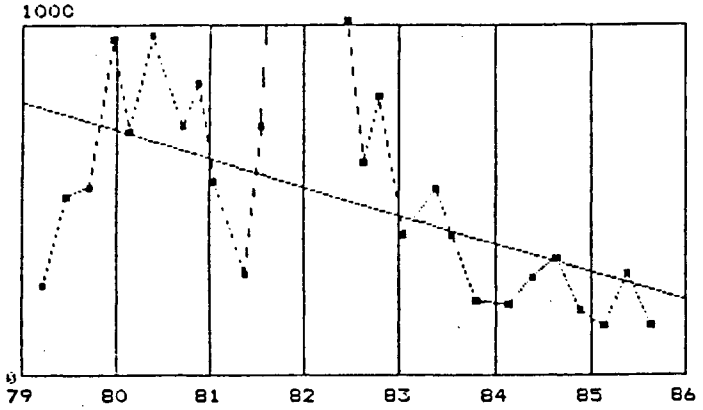
****

Mesures = 26

2 σ = 53

Y moyen = 195
Y est80 = 244
Y est85 = 141

Y=-21 +- 17 X + 244



D D T s

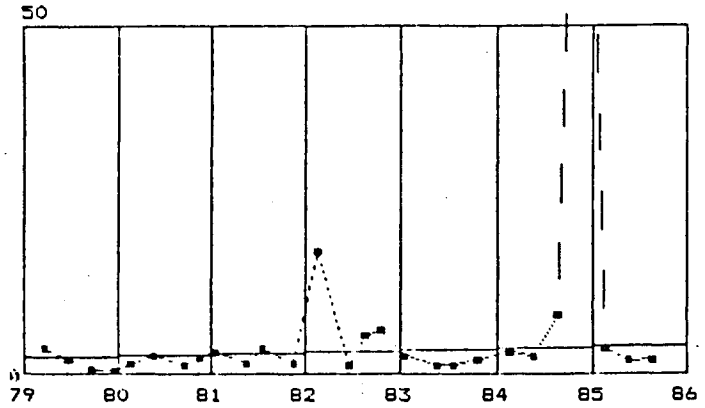
****

Mesures = 25

2 σ = 141

Y moyen = 504
Y est80 = 698
Y est85 = 296

Y=-80 +- 45 X + 698



HYDROCARBURES

****

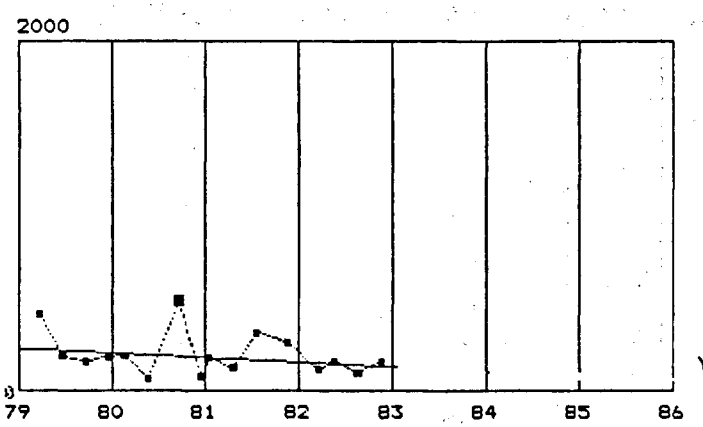
Mesures = 26

2 σ = 2.2

Y moyen = 3.3
Y est80 = 2.7
Y est85 = 4

Y= 0.3 +- 0.7 X + 2.7

16/2 ARCACHON-LA HILLON.....



P C B s

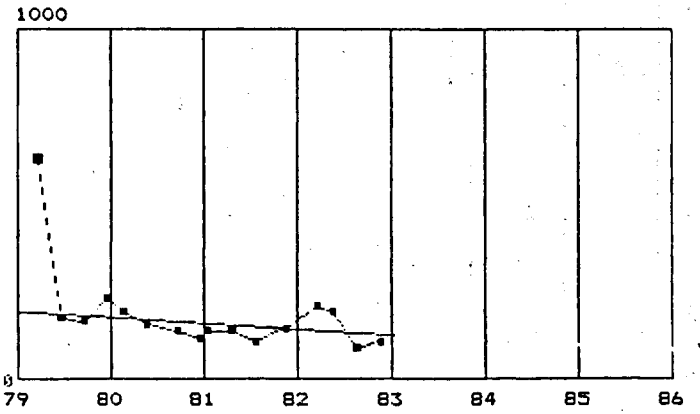
****

Mesures = 15

2 σ = 67

Y moyen = 193
Y est80 = 219
Y est85 =

Y=-25 +- 43 X + 219



D D T s

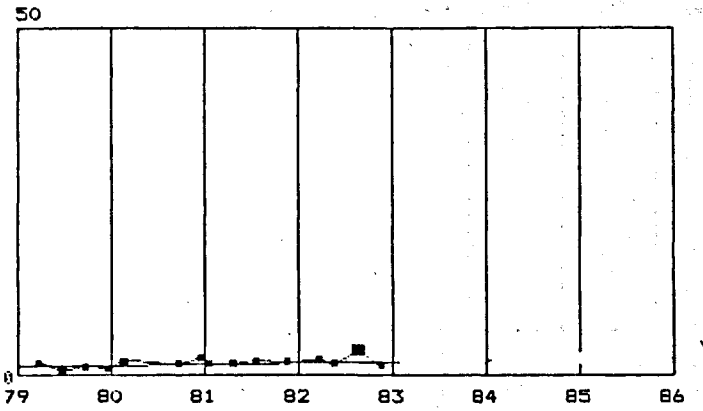
****

Mesures = 15

2 σ = 29

Y moyen = 154
Y est80 = 173
Y est85 =

Y=-16 +- 19 X + 173



HYDROCARBURES

****

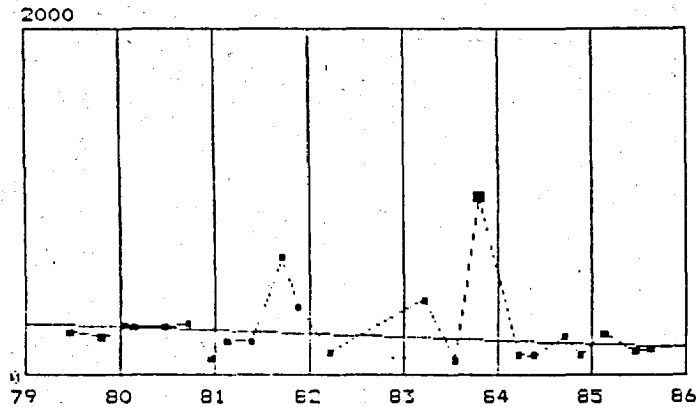
Mesures = 14

2 σ = 0.3

Y moyen = 1.8
Y est80 = 1.6
Y est85 =

Y= 0.2 +- 0.2 X + 1.6

16/3 ARCACHON - COMPRIAN.....



P C B s

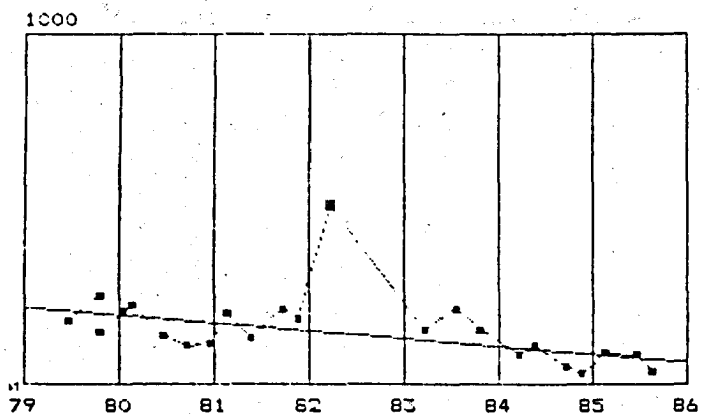
****

Mesures = 22

2 σ = 87

Y moyen = 235
Y est80 = 279
Y est85 = 182

Y=-19 +- 28 X + 279



D D T s

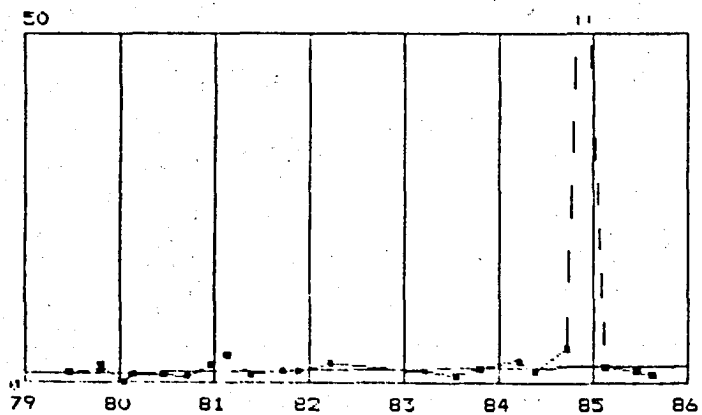
****

Mesures = 22

2 σ = 30

Y moyen = 144
Y est80 = 194
Y est85 = 88

Y=-21 +- 9 X + 194



HYDROCARBURES

****

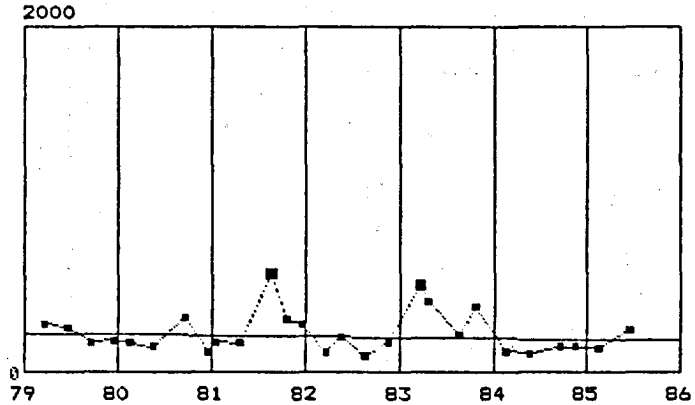
Mesures = 22

2 σ = 0.7

Y moyen = 2
Y est80 = 1.7
Y est85 = 2.4

Y= 0.1 +- 0.2 X + 1.7

16/4 ARCACHON - LES HOSSES.....



P C B s

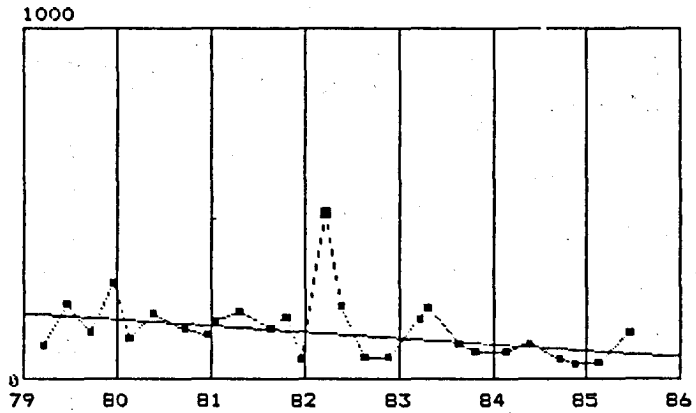
****

Mesures = 25

2 σ = 56

Y moyen = 203
Y est80 = 213
Y est85 = 192

Y=-4 +- 19 X + 213



D D T s

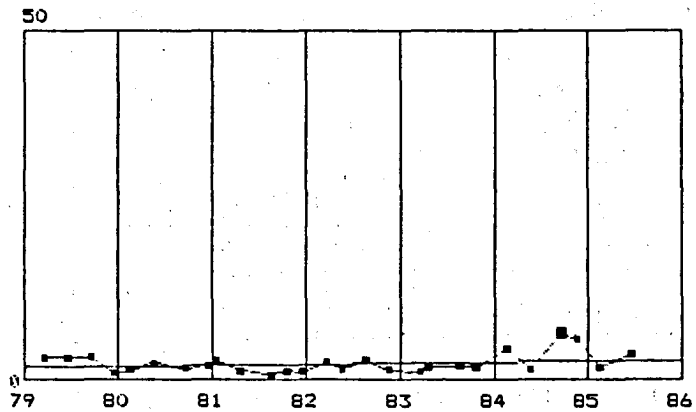
****

Mesures = 26

2 σ = 33

Y moyen = 130
Y est80 = 169
Y est85 = 84

Y=-17 +- 11 X + 169



HYDROCARBURES

****

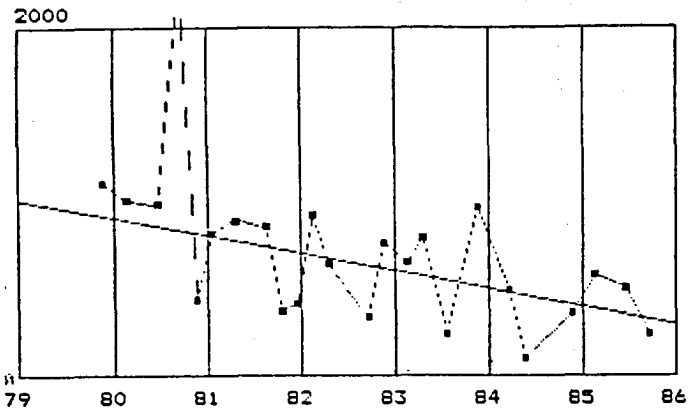
Mesures = 26

2 σ = 0.7

Y moyen = 2.3
Y est80 = 2
Y est85 = 2.7

Y= 0.1 +- 0.3 X + 2

31/1 ADOUR.....



P C B s

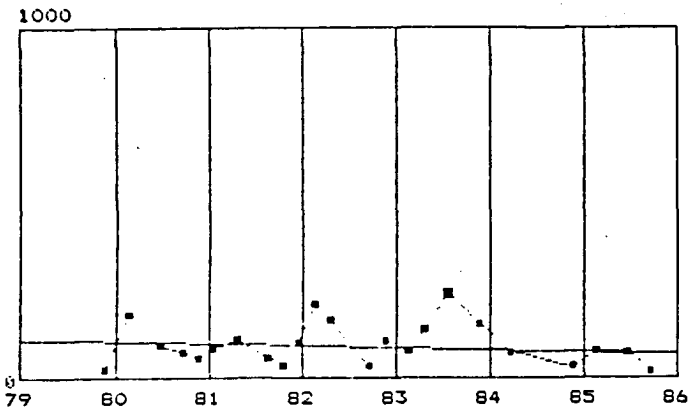
****

Mesures = 23

2 σ = 187

Y moyen = 634
Y est80 = 908
Y est85 = 406

Y=-100 +- 58 X + 908



D D T s

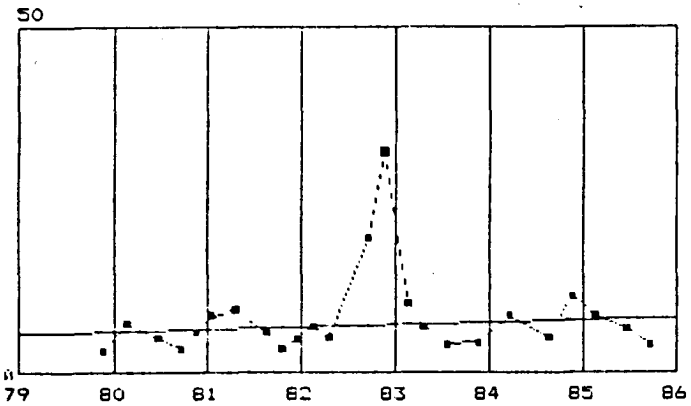
****

Mesures = 22

2 σ = 40

Y moyen = 92
Y est80 = 104
Y est85 = 79

Y=-5 +- 13 X + 104



HYDROCARBURES

****

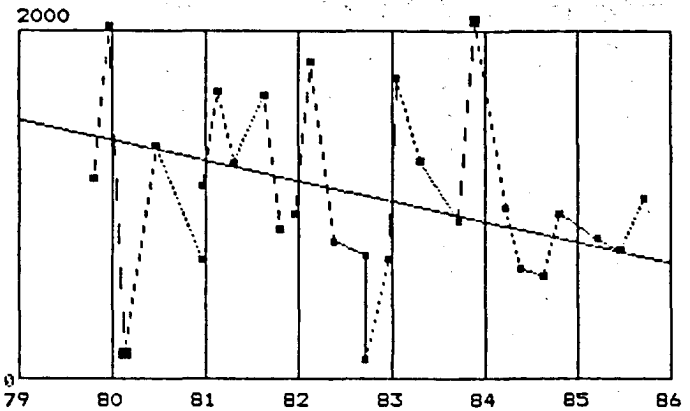
Mesures = 23

2 σ = 2.7

Y moyen = 6.8
Y est80 = 6
Y est85 = 7.5

Y= 0.3 +- 0.9 X + 6

9/2 ST JEAN DE LUZ-CIBOURE NIV.



P C B s

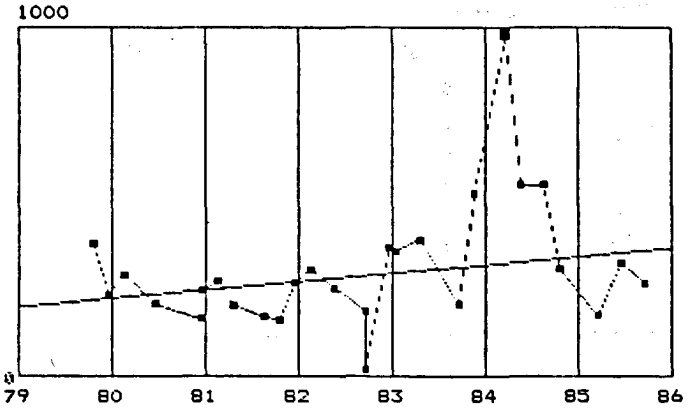
****

Mesures = 25

2 σ = 308

Y moyen = 1056
Y est80 = 1367
Y est85 = 790

Y=-115 +- 97 X + 1367



D D T s

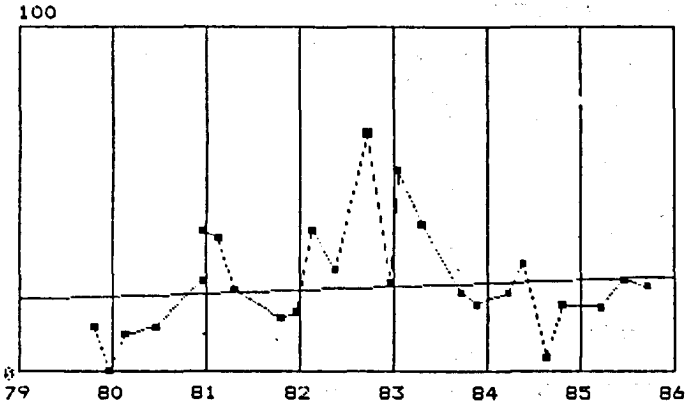
****

Mesures = 26

2 σ = 86

Y moyen = 286
Y est80 = 226
Y est85 = 343

Y= 23 +- 28 X + 226



HYDROCARBURES

****

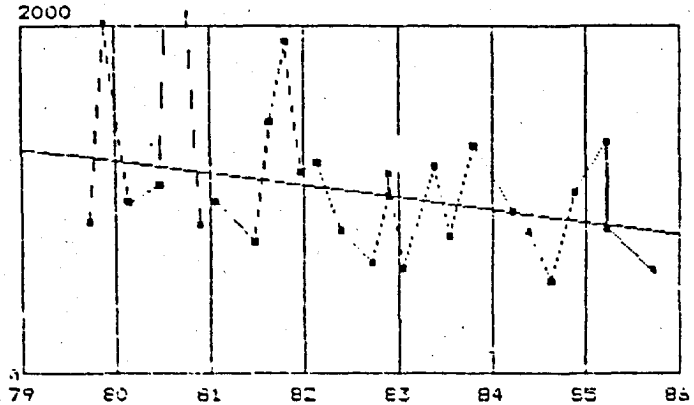
Mesures = 24

2 σ = 9.8

Y moyen = 24.8
Y est80 = 22.3
Y est85 = 27

Y= 0.9 +- 3 X + 22.3

32/1 HENDAYE - BIDASSOA.....



P C B s

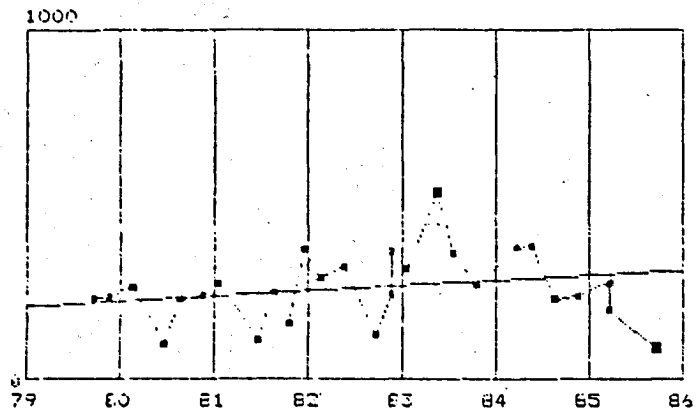
****

Mesures = 26

2 σ = 252

Y moyen = 1040
Y est80 = 1225
Y est85 = 882

Y=-59 +- 79 X + 1225



D D T s

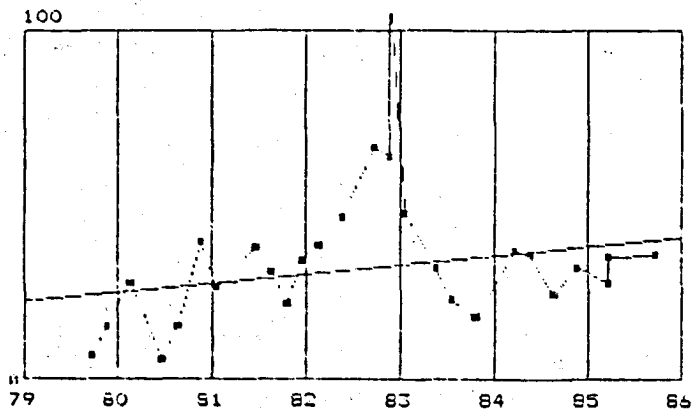
****

Mesures = 25

2 σ = 55

Y moyen = 259
Y est80 = 224
Y est85 = 295

Y= 14 +- 19 X + 224



HYDROCARBURES

****

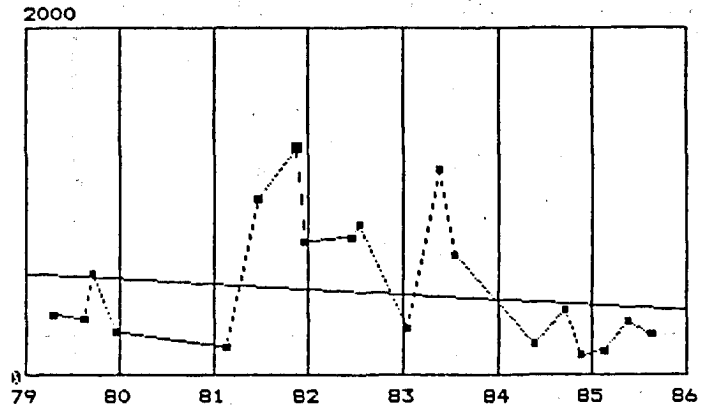
Mesures = 26

2 σ = 9.8

Y moyen = 31.5
Y est80 = 24.8
Y est85 = 37.7

Y= 2.6 +- 3.1 X + 24.8

8/2 BANYULS - LABO. ARAGO.....



P C B s

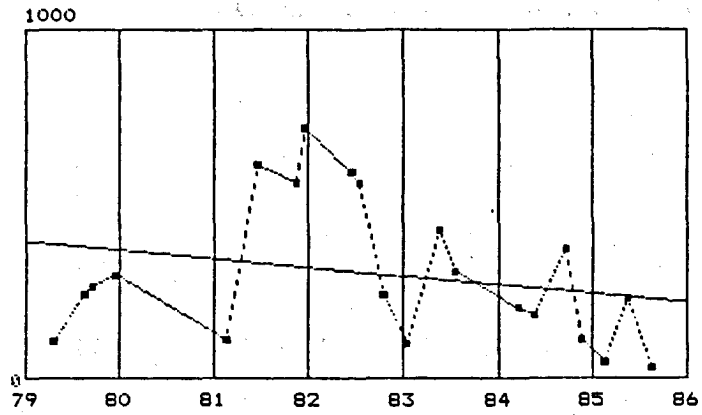
****

Mesures = 18

2 σ = 261

Y moyen = 480
Y est80 = 557
Y est85 = 413

Y=-29 +- 77 X + 557



D D T s

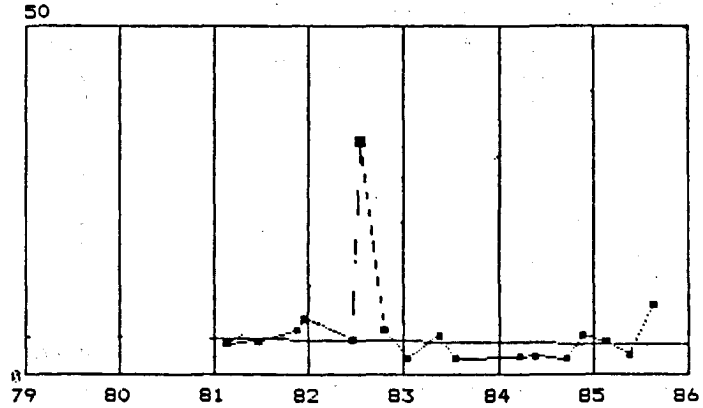
****

Mesures = 21

2 σ = 153

Y moyen = 302
Y est80 = 368
Y est85 = 246

Y=-25 +- 46 X + 368



HYDROCARBURES

****

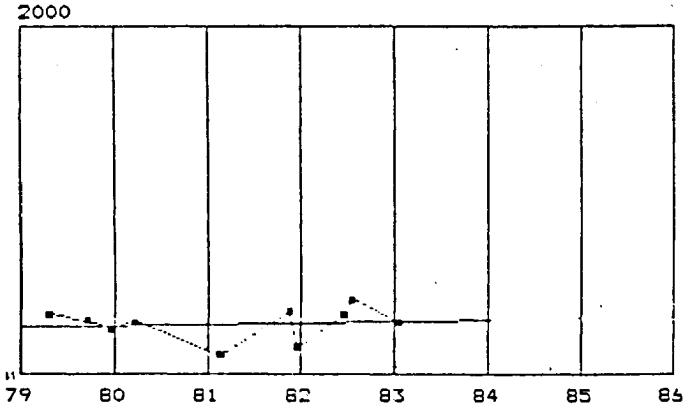
Mesures = 16

2 σ = 3.1

Y moyen = 4.8
Y est80 = 5.4
Y est85 = 4.6

Y=-0.2 +- 0.8 X + 5.4

8/1 BANYULS - CAP D'OUNE.....



P C B s

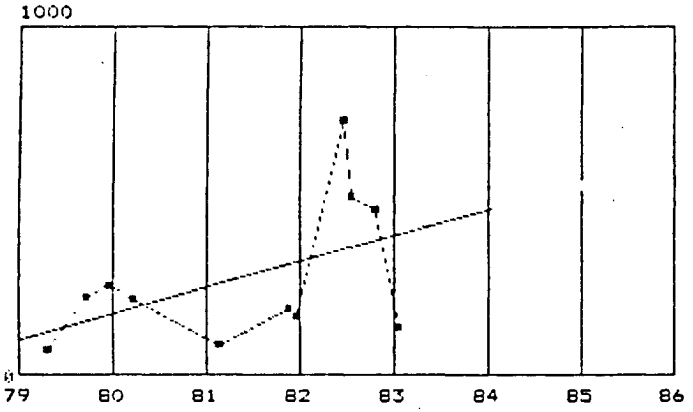
****

Mesures = 10

2 σ = 88

Y moyen = 292
Y est80 = 282
Y est85 =

Y= 8 +- 50 X + 282



D D T s

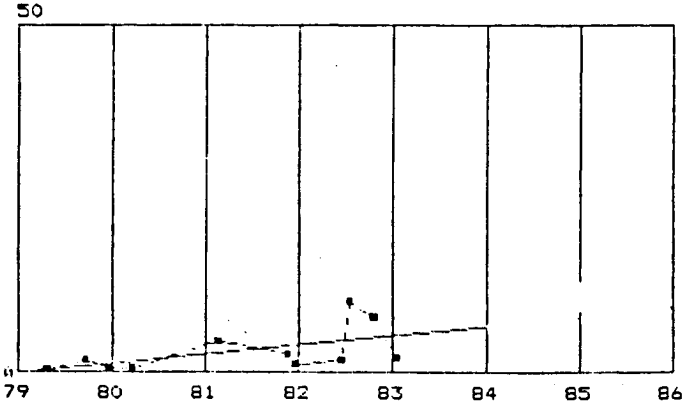
****

Mesures = 11

2 σ = 166

Y moyen = 282
Y est80 = 180
Y est85 =

Y= 75 +- 88 X + 180



HYDROCARBURES

****

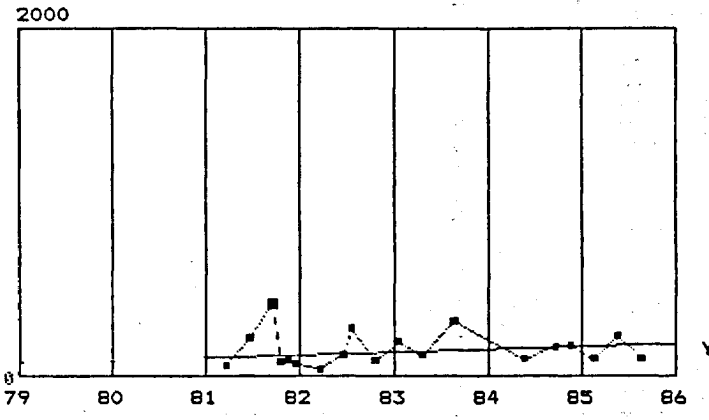
Mesures = 11

2 σ = 2.5

Y moyen = 3.1
Y est80 = 1.3
Y est85 =

Y= 1.3 +- 1.3 X + 1.3

33/2 ETANG DE LEUCATE.....



P C B s

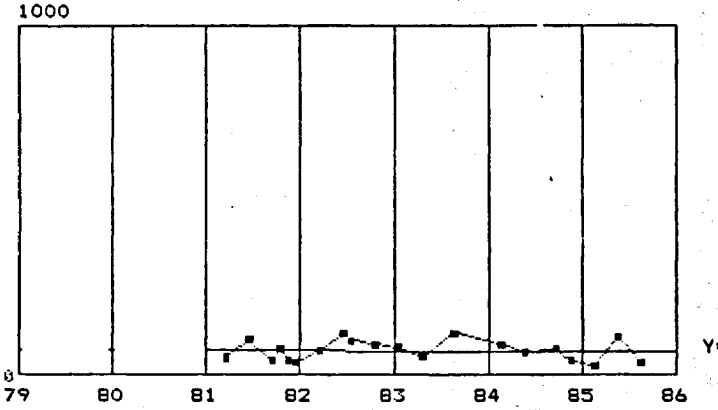
****

Mesures = 19

2 σ = 84

Y moyen = 141
Y est80 =
Y est85 = 170

Y= 16 +- 24 X + 92



D D T s

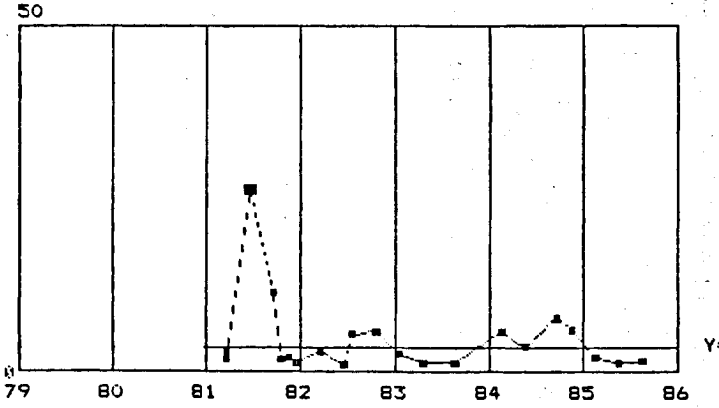
****

Mesures = 21

2 σ = 31

Y moyen = 69
Y est80 =
Y est85 = 68

Y= 0 +- 9 X + 70



HYDROCARBURES

****

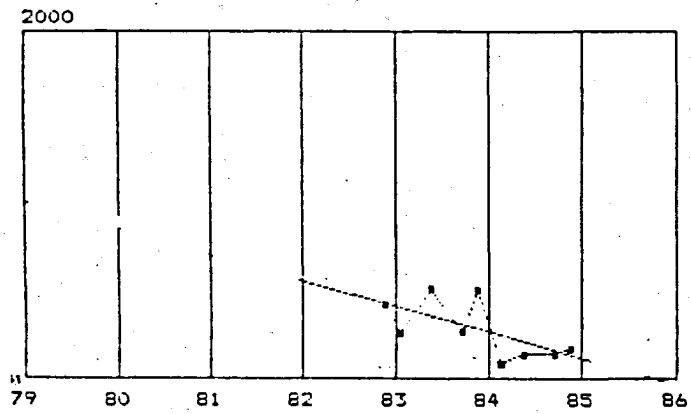
Mesures = 20

2 σ = 3.2

Y moyen = 3.5
Y est80 =
Y est85 = 3.5

Y= 0 +- 0.9 X + 3.6

34/7 AUDE - ETANG DE BAGE.....



P C B s

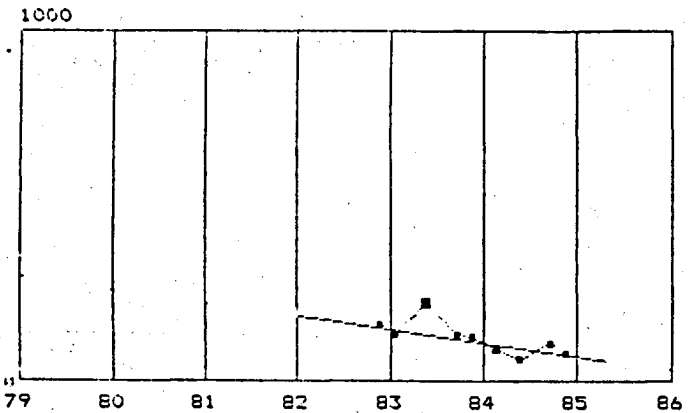
****

Mesures = 9

2 σ = 563

Y moyen = 283
Y est80 =
Y est85 =

Y=-151 +- 143 X + 870



D D T s

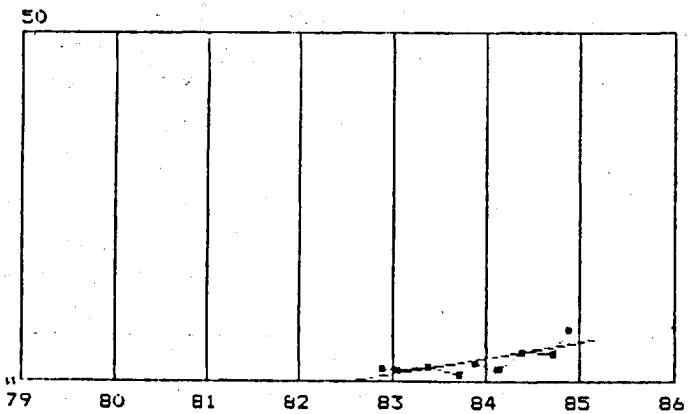
****

Mesures = 8

2 σ = 85

Y moyen = 112
Y est80 = 261
Y est85 = 73

Y=-38 +- 21 X + 261



HYDROCARBURES

****

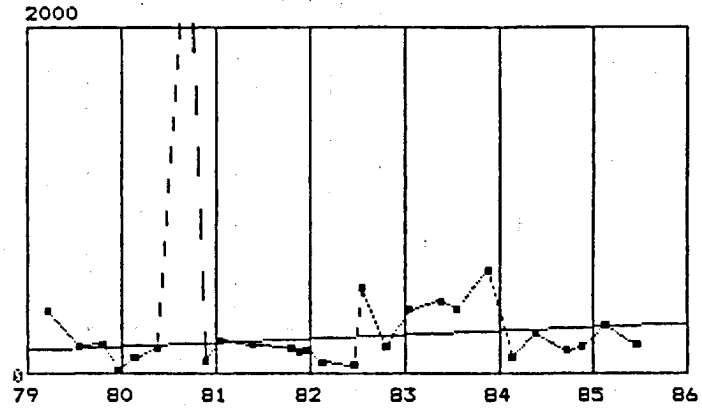
Mesures = 9

2 σ = 5.4

Y moyen = 3
Y est80 =-5.9
Y est85 = 5.5

Y= 2.3 +- 1.4 X +-5.9

17/1 ETANG DE THAU ST 1.....



P C B s

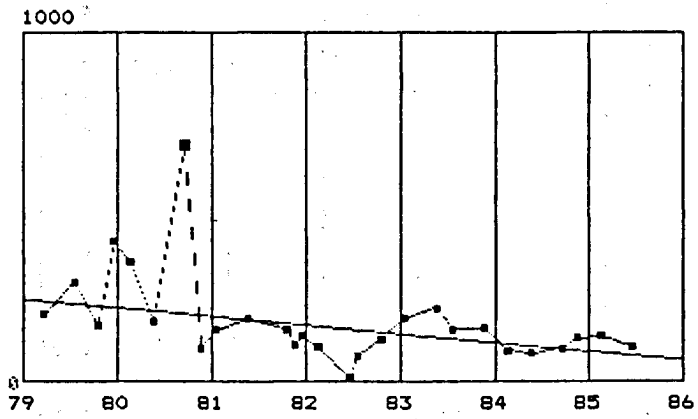
****

Mesures = 26

2 σ = 92

Y moyen = 209
Y est80 = 163
Y est85 = 260

Y= 19 +- 31 X + 163



D D T s

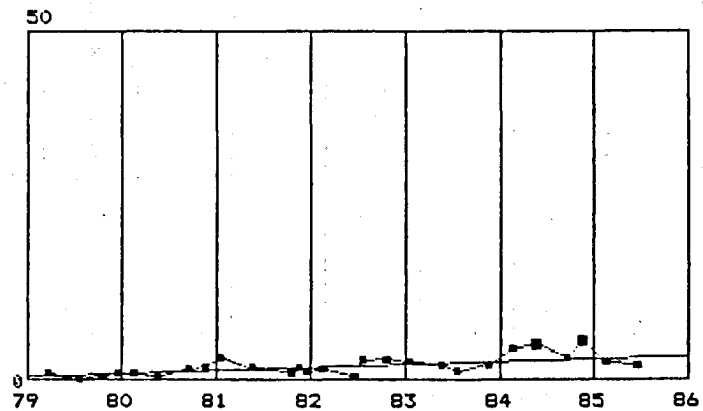
****

Mesures = 26

2 σ = 46

Y moyen = 155
Y est80 = 211
Y est85 = 90

Y=-24 +- 15 X + 211



HYDROCARBURES

****

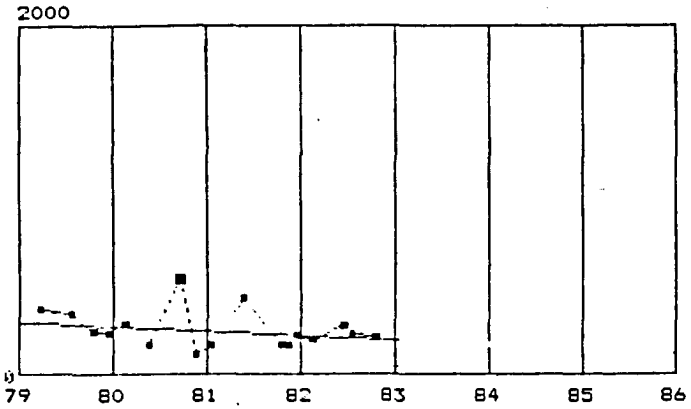
Mesures = 25

2 σ = 0.5

Y moyen = 1.8
Y est80 = 1
Y est85 = 2.9

Y= 0.4 +- 0.2 X + 1

17/2 ETANG DE THAU ST 2.....



P C B s

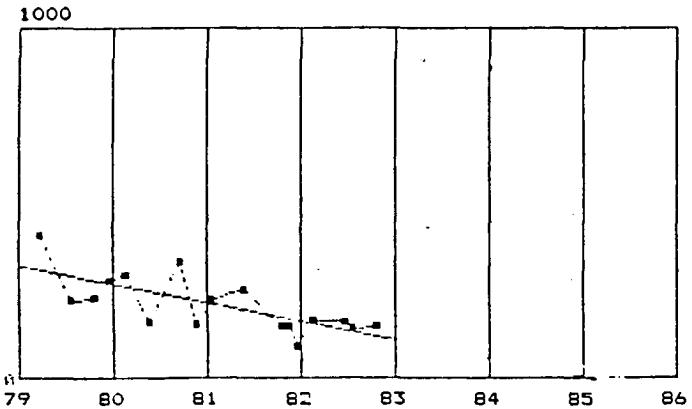
****

Mesures = 16

2 σ = 59

Y moyen = 242
Y est80 = 270
Y est85 =

Y=-25 +- 37 X + 270



D D T s

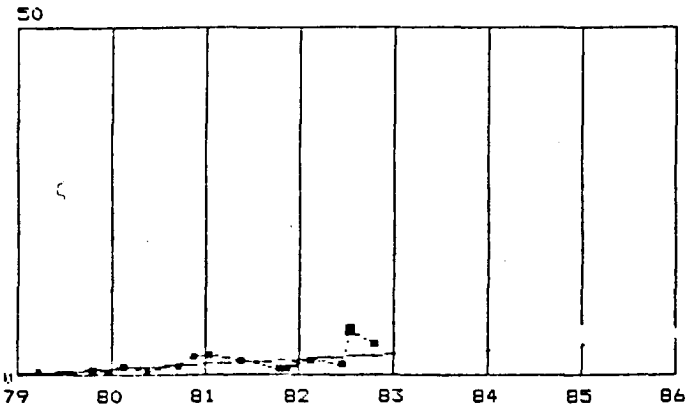
****

Mesures = 17

2 σ = 41

Y moyen = 210
Y est80 = 269
Y est85 =

Y=-53 +- 26 X + 269



HYDROCARBURES

****

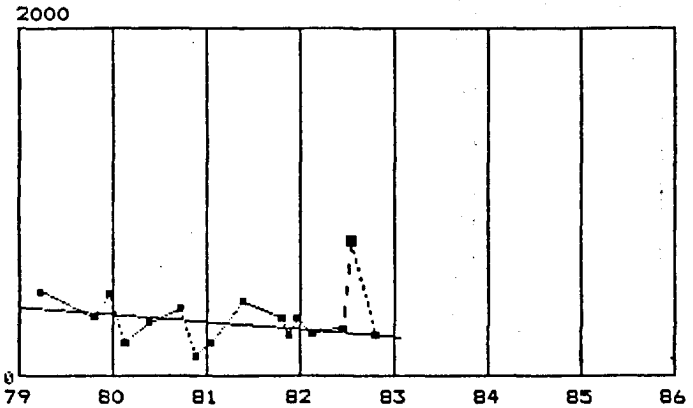
Mesures = 16

2 σ = 0.6

Y moyen = 1.6
Y est80 = 0.9
Y est85 =

Y= 0.7 +- 0.4 X + 0.9

17/3 ETANG DE THAU ST 3.....



P C B s

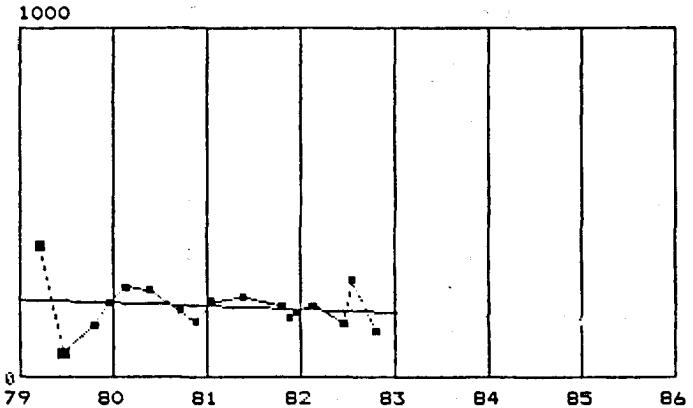
****

Mesures = 15

2 σ = 77

Y moyen = 304
Y est80 = 349
Y est85 =

Y=-41 +- 51 X + 349



D D T s

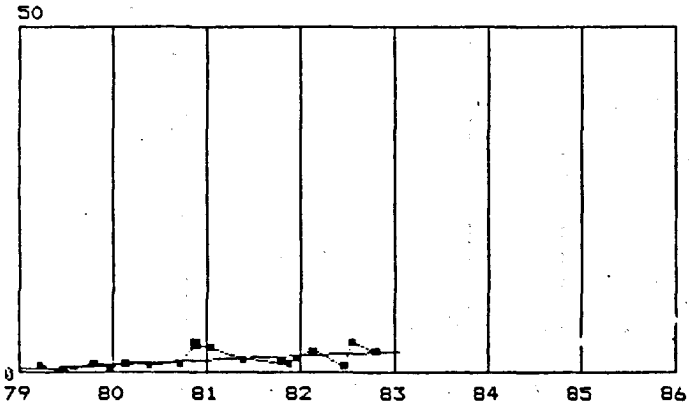
****

Mesures = 15

2 σ = 38

Y moyen = 201
Y est80 = 213
Y est85 =

Y=-9 +- 23 X + 213



HYDROCARBURES

****

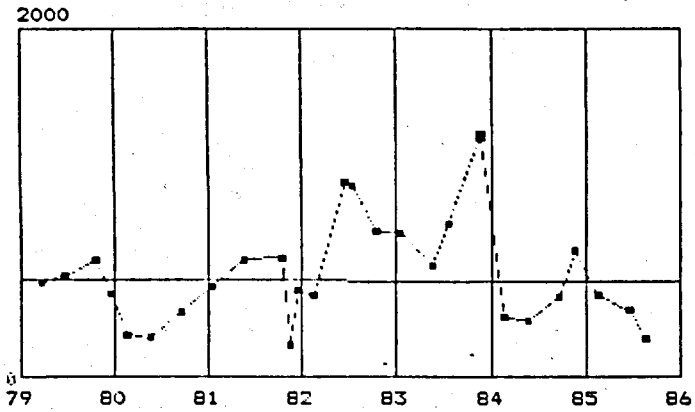
Mesures = 16

2 σ = 0.7

Y moyen = 1.8
Y est80 = 1.1
Y est85 =

Y= 0.6 +- 0.4 X + 1.1

17/4 ETANG DE THAU ST 4.....



P C B s

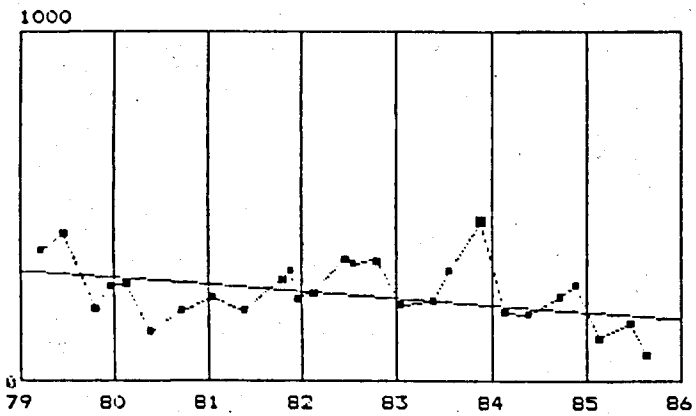
****

Mesures = 26

2 σ = 163

Y moyen = 560
Y est80 = 561
Y est85 = 558

Y=-1 +- 53 X + 561



D D T s

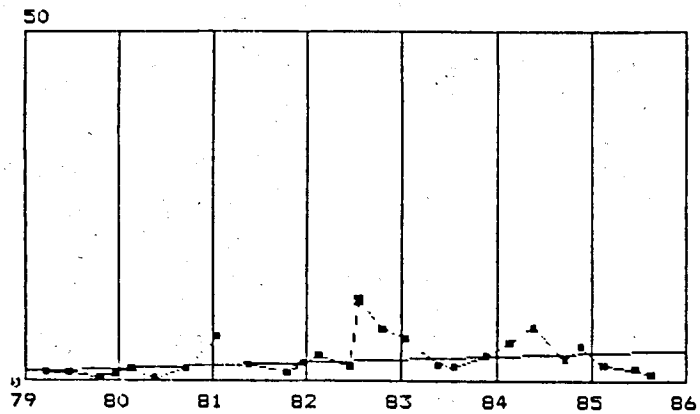
****

Mesures = 26

2 σ = 45

Y moyen = 251
Y est80 = 297
Y est85 = 200

Y=-20 +- 15 X + 297



HYDROCARBURES

****

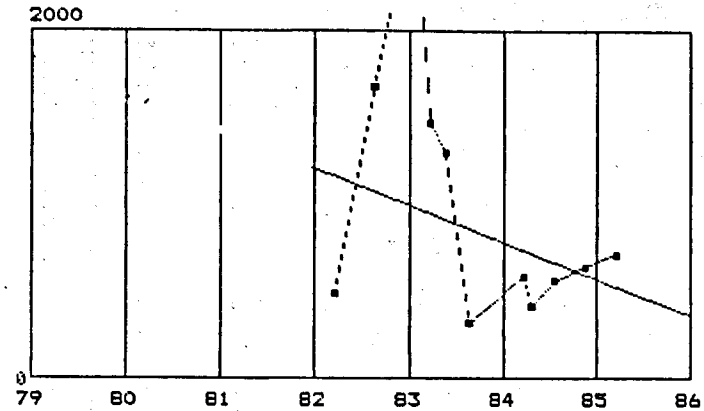
Mesures = 26

2 σ = 1.3

Y moyen = 2.9
Y est80 = 1.9
Y est85 = 4

Y= 0.4 +- 0.4 X + 1.9

35/1 PETIT RHONE STE MARIE.....



P C B s

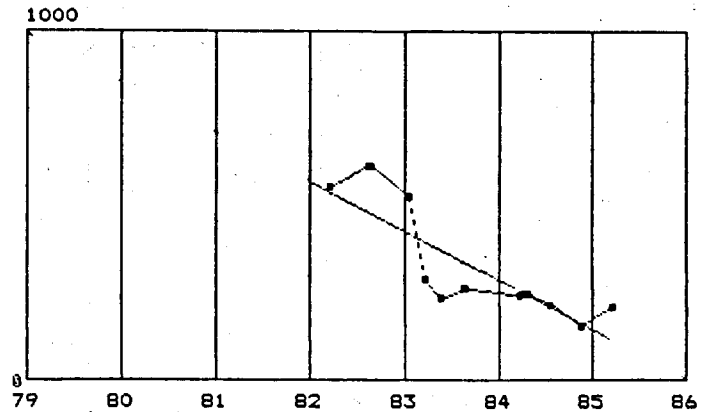
****

Mesures = 10

2 σ = 1242

Y moyen = 823
Y est80 =
Y est85 = 576

Y=-210 +- 316 X + 1627



D D T s

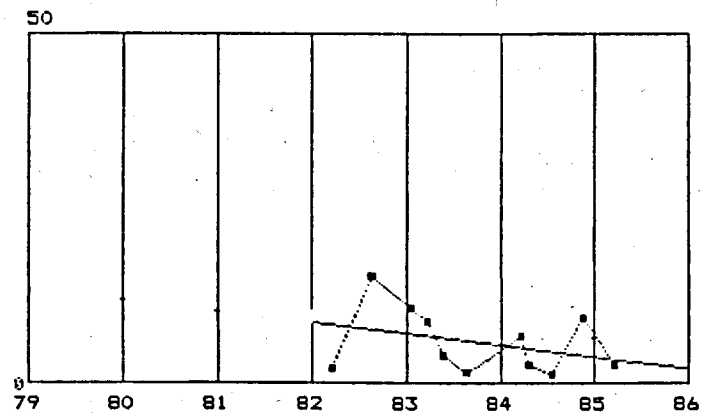
****

Mesures = 11

2 σ = 234

Y moyen = 323
Y est80 =
Y est85 = 147

Y=-141 +- 61 X + 852



HYDROCARBURES

****

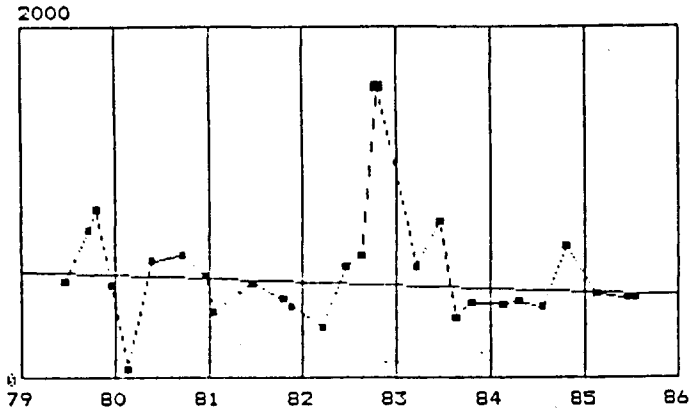
Mesures = 11

2 σ = 11.7

Y moyen = 5.9
Y est80 =
Y est85 = 3.9

Y=-1.6 +- 3 X + 11.9

5/6 FOS-ANSE DE CARTEAU.....



P C B s

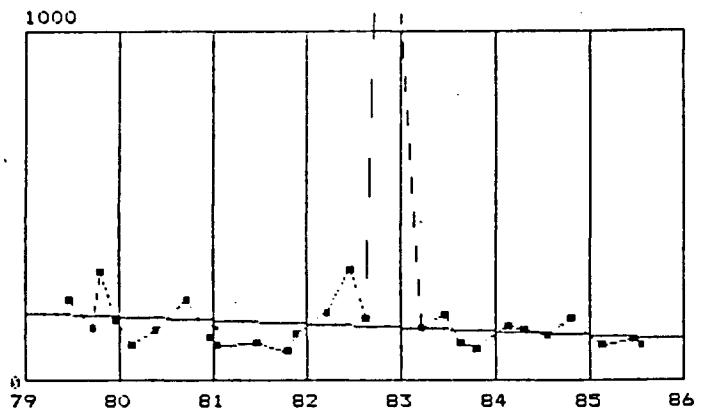
****

Mesures = 26

2 σ = 126

Y moyen = 538
Y est80 = 581
Y est85 = 492

Y=-18 +- 41 X + 581



D D T s

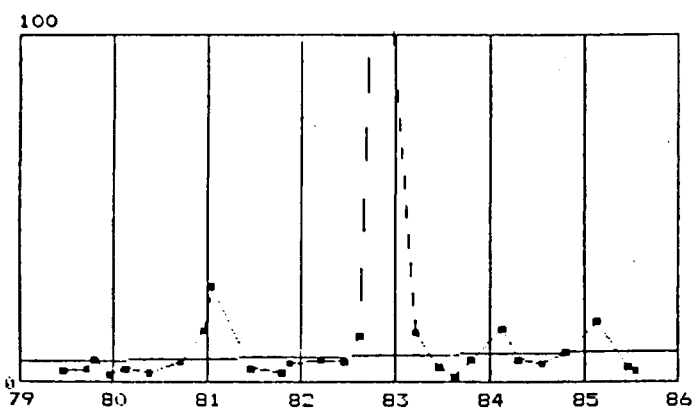
****

Mesures = 26

2 σ = 38

Y moyen = 155
Y est80 = 180
Y est85 = 128

Y=-10 +- 12 X + 180



HYDROCARBURES

****

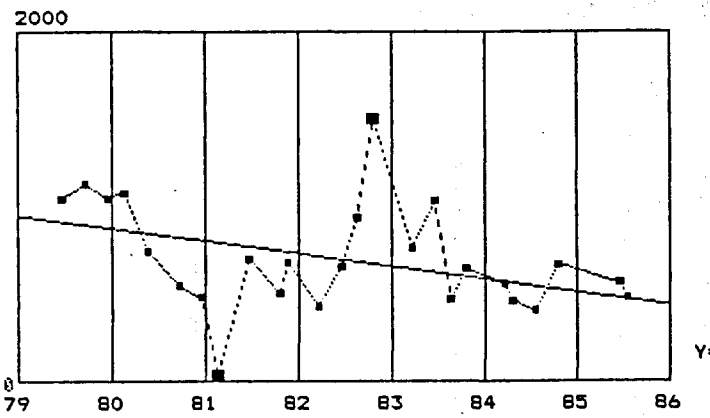
Mesures = 26

2 σ = 4

Y moyen = 7.5
Y est80 = 6.5
Y est85 = 8.5

Y= 0.4 +- 1.3 X + 6.5

5/3 FOS-CENTRE DARSE 2.....



P C B s

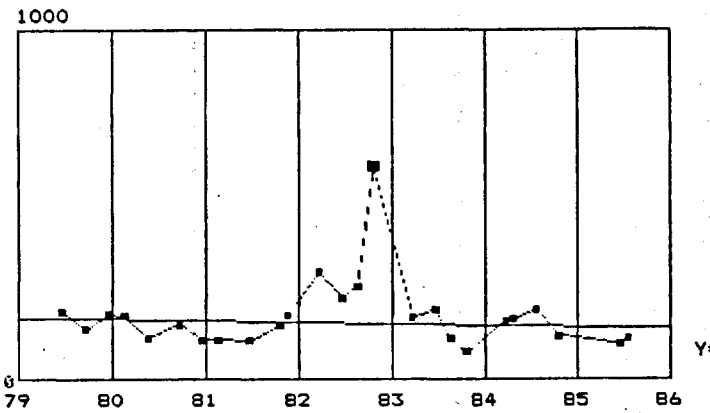
****

Mesures = 23

2 σ = 137

Y moyen = 699
Y est80 = 874
Y est85 = 520

Y=-71 +- 44 X + 874



D D T s

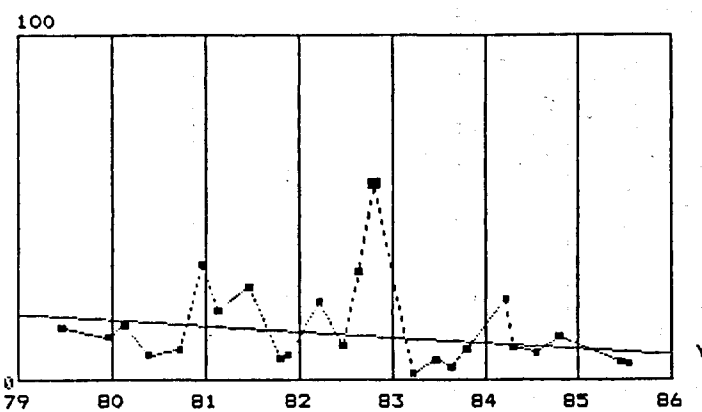
****

Mesures = 24

2 σ = 37

Y moyen = 163
Y est80 = 172
Y est85 = 153

Y=-4 +- 12 X + 172



HYDROCARBURES

****

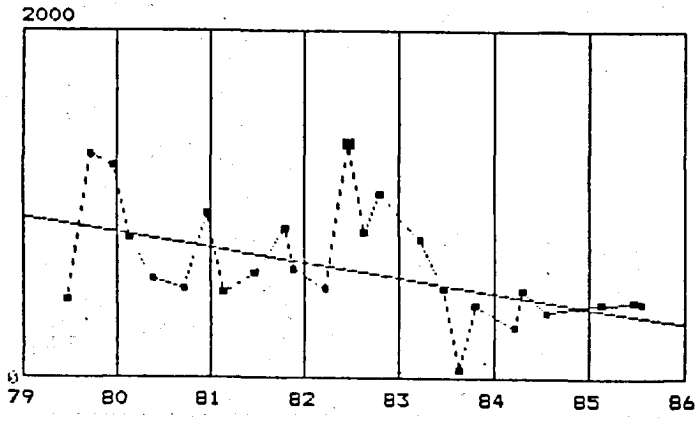
Mesures = 23

2 σ = 6.4

Y moyen = 13.3
Y est80 = 17.5
Y est85 = 9.1

Y=-1.7 +- 2.1 X + 17.5

5/4 FOS-PORT PETROLIER.....



P C B s

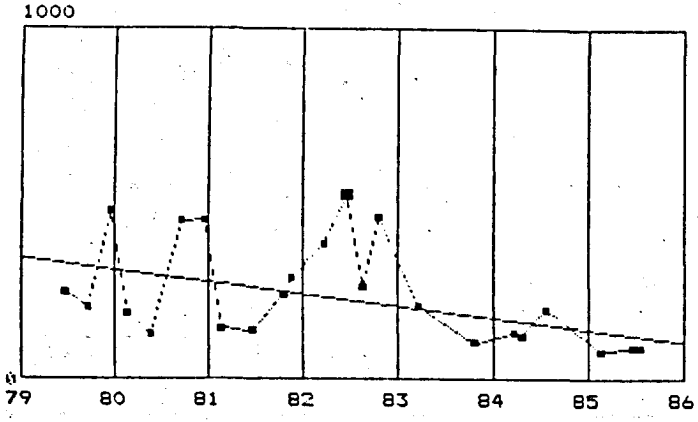
****

Mesures = 24

2 σ = 171

Y moyen = 637
Y est80 = 846
Y est85 = 417

Y=-86 +- 56 X + 846



D D T s

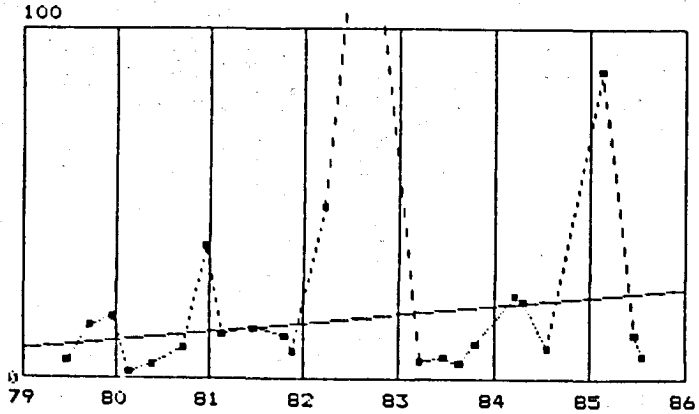
****

Mesures = 22

2 σ = 81

Y moyen = 233
Y est80 = 311
Y est85 = 144

Y=-33 +- 27 X + 311



HYDROCARBURES

****

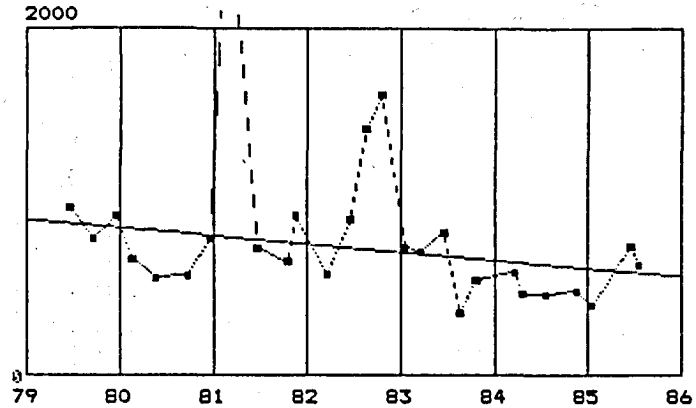
Mesures = 22

2 σ = 13.1

Y moyen = 17.1
Y est80 = 11.3
Y est85 = 23.3

Y= 2.4 +- 4.2 X + 11.3

5/1 FOS-POINTE ST GERVAIS.....



P C B s

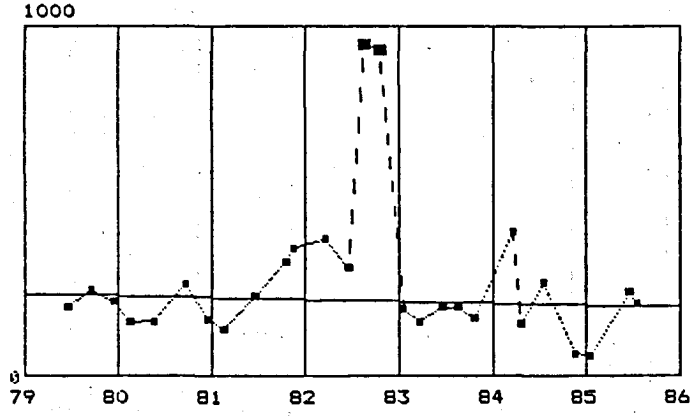
****

Mesures = 26

2 σ = 189

Y moyen = 742
Y est80 = 858
Y est85 = 636

Y=-44 +- 59 X + 858



D D T s

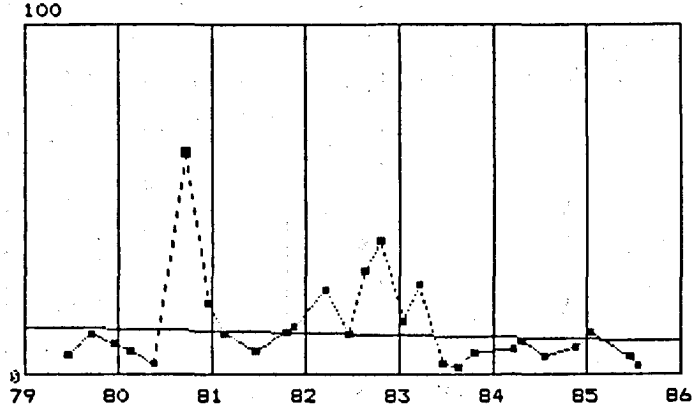
****

Mesures = 25

2 σ = 63

Y moyen = 219
Y est80 = 231
Y est85 = 207

Y=-5 +- 20 X + 231



HYDROCARBURES

****

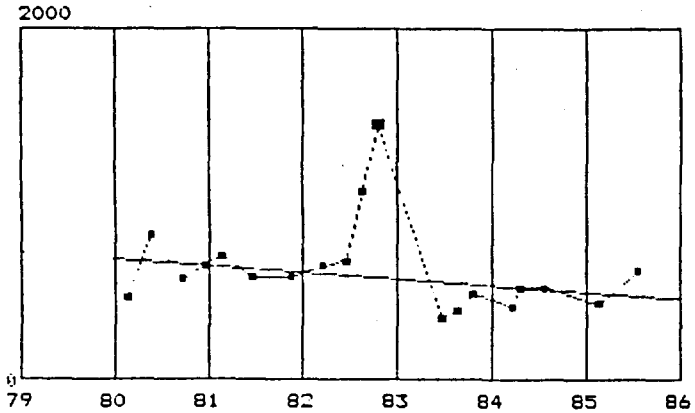
Mesures = 26

2 σ = 6.3

Y moyen = 11.9
Y est80 = 13.2
Y est85 = 10.6

Y=-0.5 +- 2 X + 13.2

5/7 FOS-PORT DE BOUC.....



P C B s

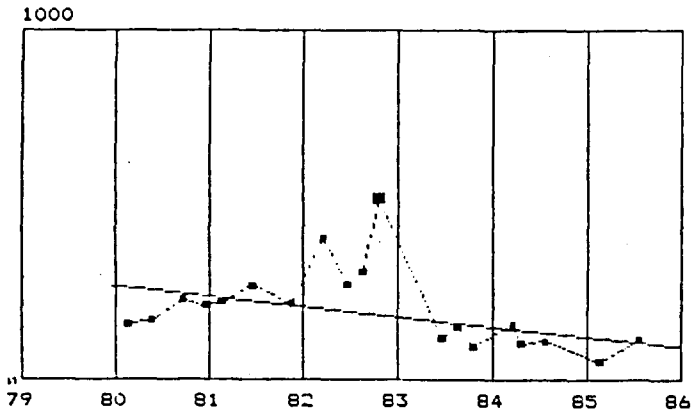
****

Mesures = 18

2 σ = 149

Y moyen = 591
Y est80 = 694
Y est85 = 502

Y=-38 +- 47 X + 694



D D T s

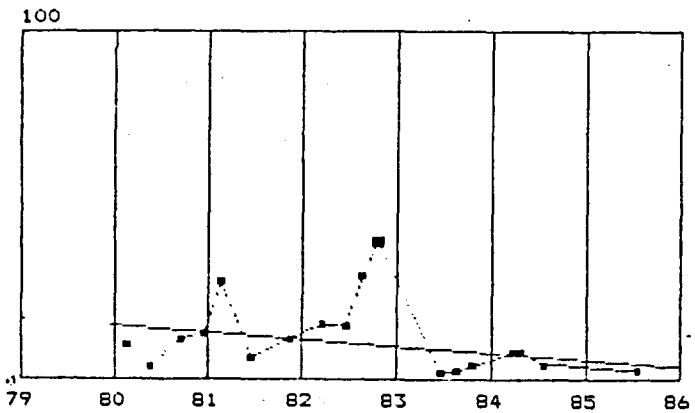
****

Mesures = 18

2 σ = 71

Y moyen = 189
Y est80 = 265
Y est85 = 125

Y=-28 +- 22 X + 265



HYDROCARBURES

****

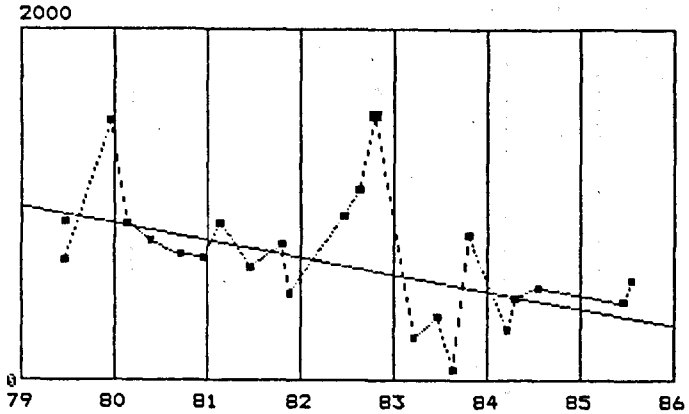
Mesures = 17

2 σ = 7.4

Y moyen = 10.5
Y est80 = 15.6
Y est85 = 5.7

Y=-2 +- 2.5 X + 15.6

5/5 FOS-BOUEE CENTRALE.....



P C B s

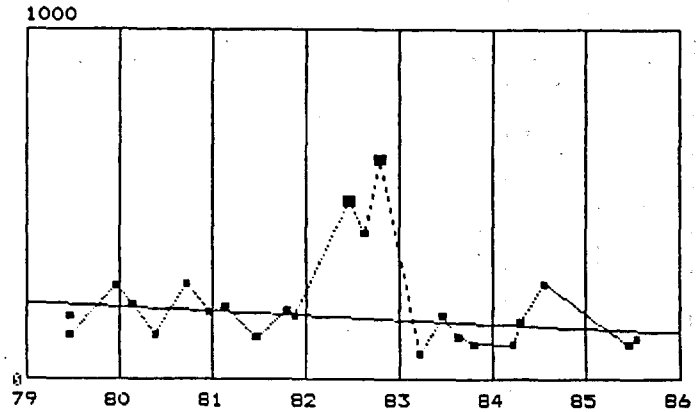
****

Mesures = 22

2 σ = 176

Y moyen = 674
Y est80 = 894
Y est85 = 416

Y=-96 +- 60 X + 894



D D T s

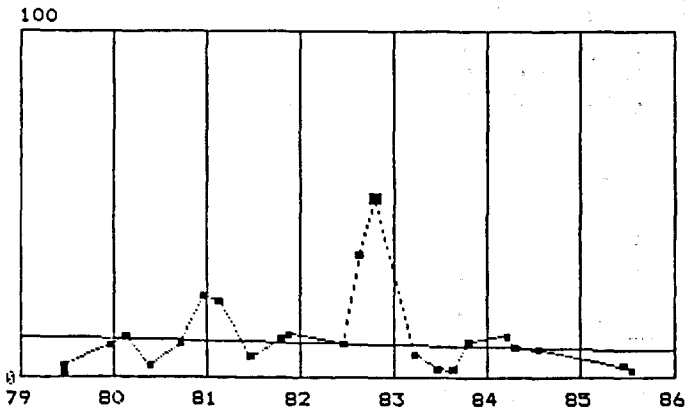
****

Mesures = 21

2 σ = 55

Y moyen = 179
Y est80 = 205
Y est85 = 149

Y=-11 +- 18 X + 205



HYDROCARBURES

****

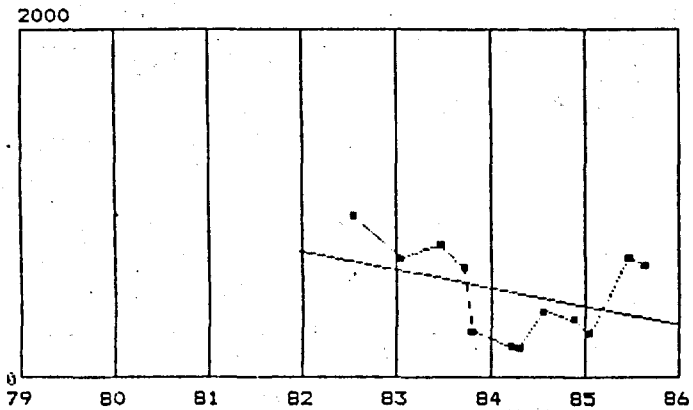
Mesures = 22

2 σ = 5.8

Y moyen = 10.1
Y est80 = 11.3
Y est85 = 8.7

Y=-0.5 +- 1.9 X + 11.3

5/15 FOS- CAP COURONNE.....



P C B s

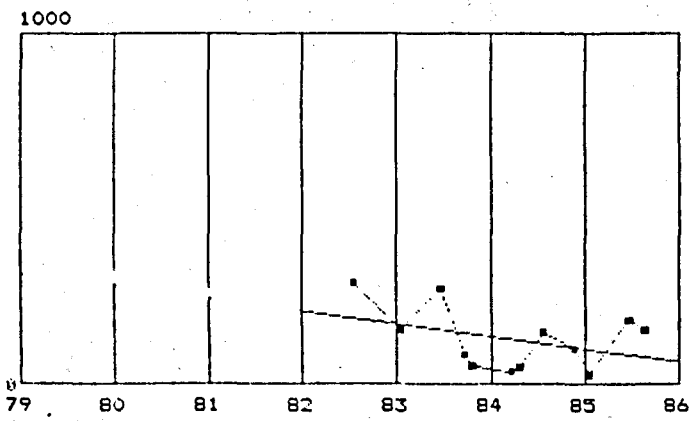
****

Mesures = 12

2 σ = 695

Y moyen = 500
Y est80 =
Y est85 = 418

Y=-105 +- 161 X + 946



D D T s

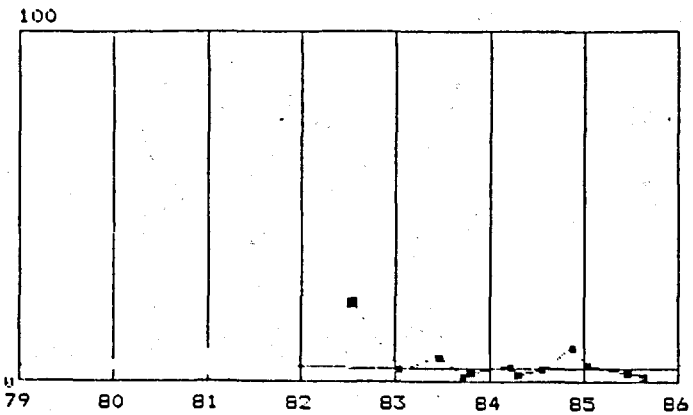
****

Mesures = 12

2 σ = 237

Y moyen = 130
Y est80 =
Y est85 = 103

Y=-35 +- 55 X + 278



HYDROCARBURES

****

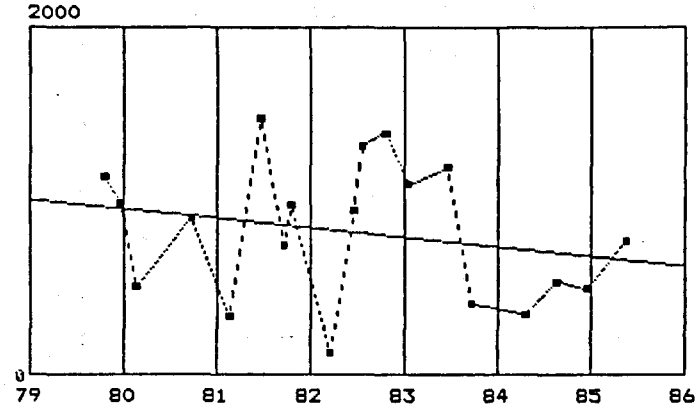
Mesures = 11

2 σ = 8.8

Y moyen = 3.9
Y est80 =
Y est85 = 3.9

Y=-0.1 +- 2 X + 4.4

18/2 MARSEILLE POMMEGUES.....



P C B s

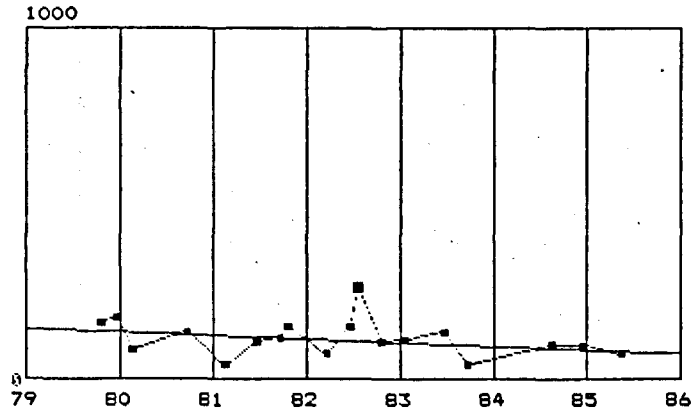
****

Mesures = 19

2 σ = 323

Y moyen = 830
Y est80 = 959
Y est85 = 694

Y=-53 +- 110 X + 959



D D T s

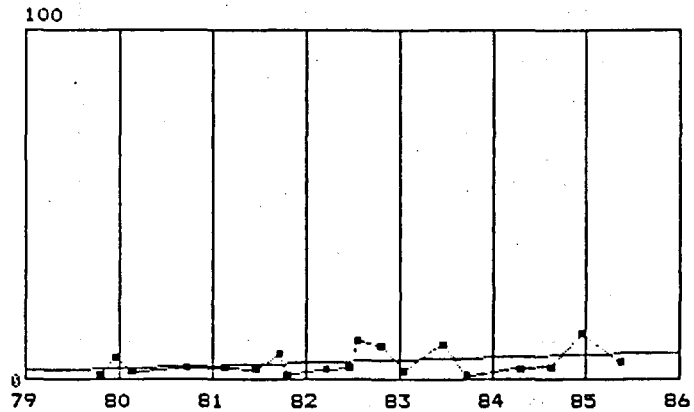
****

Mesures = 17

2 σ = 31

Y moyen = 110
Y est80 = 132
Y est85 = 85

Y=-9 +- 11 X + 132



HYDROCARBURES

****

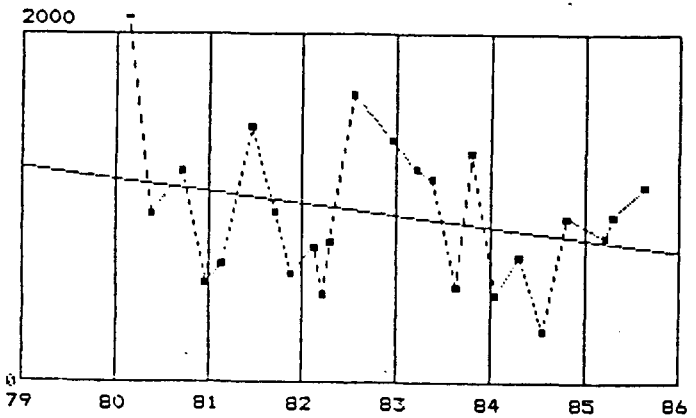
Mesures = 19

2 σ = 2.8

Y moyen = 5.1
Y est80 = 3.4
Y est85 = 6.8

Y= 0.7 +- 1 X + 3.4

43/1 TOULON LAZARET.....



P C B s

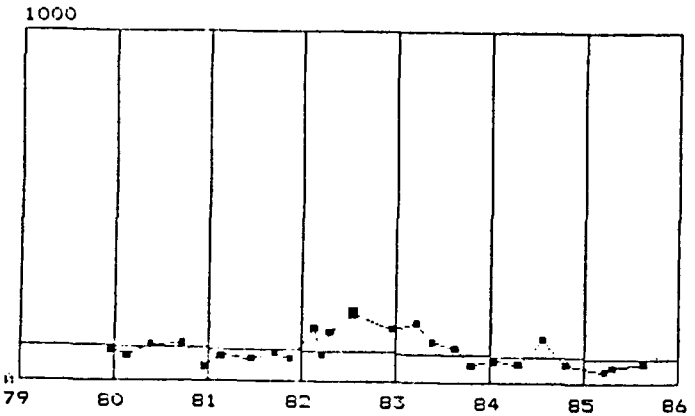
****

Mesures = 24

2 σ = 346

Y moyen = 975
Y est80 = 1165
Y est85 = 831

Y=-67 +- 106 X + 1165



D D T s

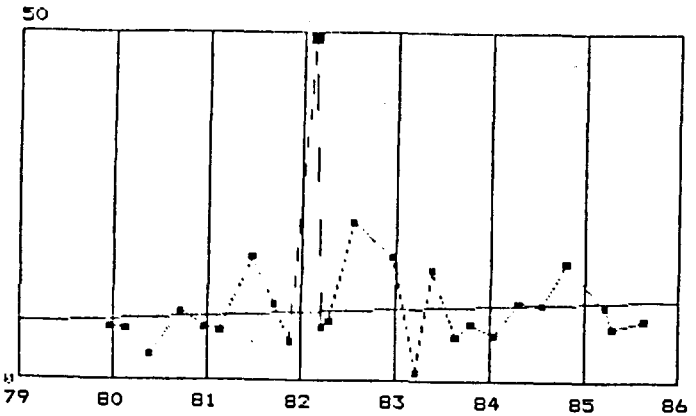
****

Mesures = 24

2 σ = 30

Y moyen = 89
Y est80 = 102
Y est85 = 79

Y=-5 +- 9 X + 102



HYDROCARBURES

****

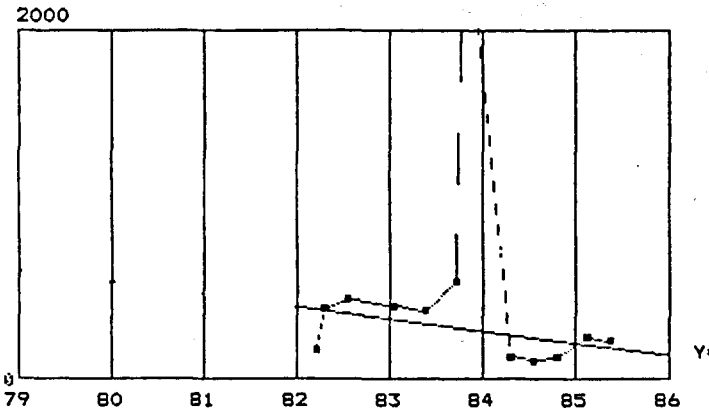
Mesures = 24

2 σ = 4

Y moyen = 10.1
Y est80 = 8.8
Y est85 = 11.1

Y= 0.5 +- 1.2 X + 8.8

36/1 ST RAPHAEL ST AYGULF.....



P C B s

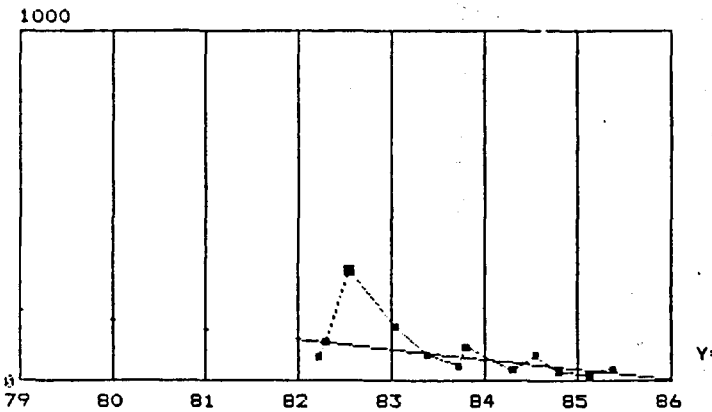
****

Mesures = 11

2 σ = 310

Y moyen = 294
Y est80 =
Y est85 = 208

Y=-69 +- 79 X + 552



D D T s

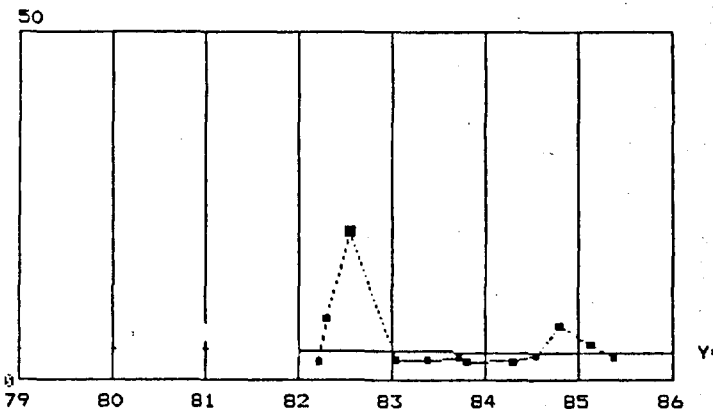
****

Mesures = 11

2 σ = 75

Y moyen = 66
Y est80 =
Y est85 = 35

Y=-27 +- 19 X + 172



HYDROCARBURES

****

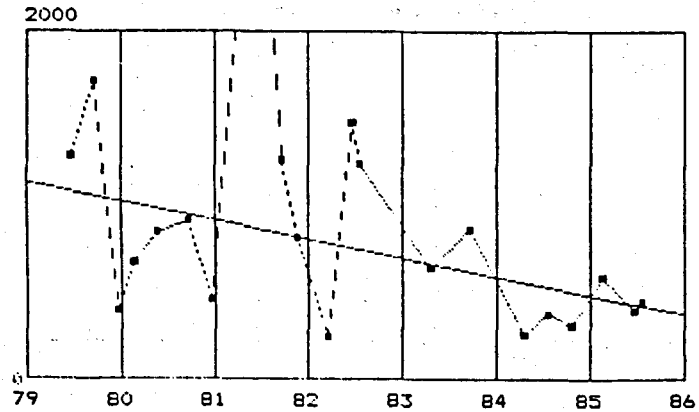
Mesures = 11

2 σ = 5.5

Y moyen = 4.1
Y est80 =
Y est85 = 4

Y=-0.1 +- 1.4 X + 4.4

6/1 CANNES LA NAPOULE.....



P C B s

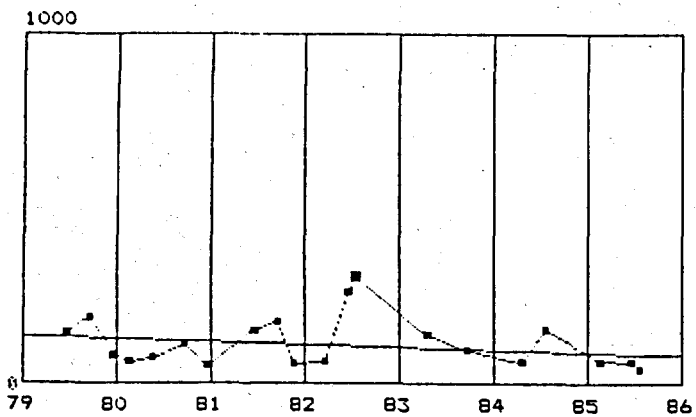
****

Mesures = 20

2 σ = 273

Y moyen = 762
Y est80 = 1025
Y est85 = 487

Y=-108 +- 86 X + 1025



D D T s

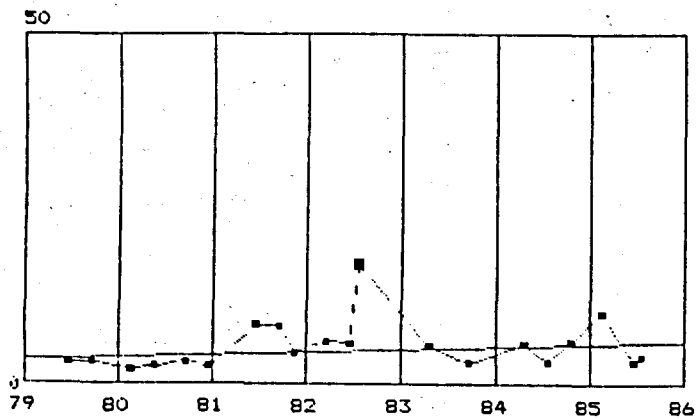
****

Mesures = 19

2 σ = 42

Y moyen = 107
Y est80 = 122
Y est85 = 90

Y=-6 +- 14 X + 122



HYDROCARBURES

****

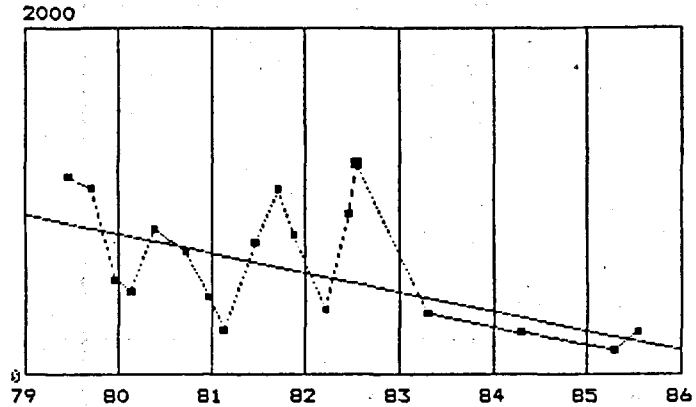
Mesures = 19

2 σ = 1.7

Y moyen = 4.8
Y est80 = 3.9
Y est85 = 5.7

Y= 0.4 +- 0.5 X + 3.9

6/2 CANNES VILLEFRANCHE.....



P C B s

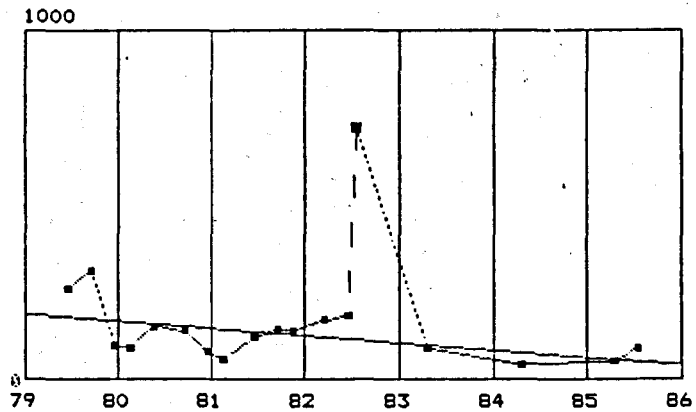
****

Mesures = 17

2 σ = 178

Y moyen = 614
Y est80 = 815
Y est85 = 257

Y=-112 +- 69 X + 815



D D T s

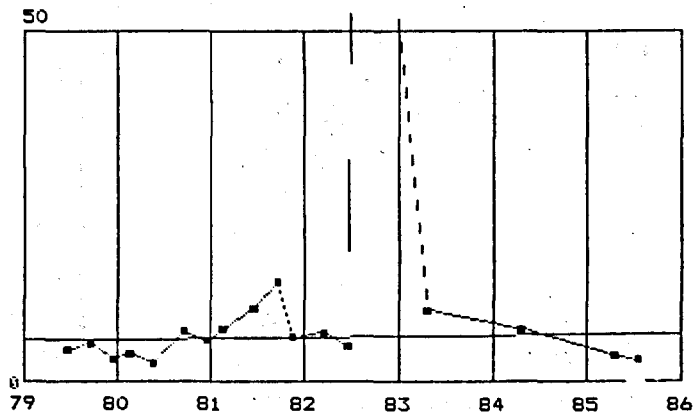
****

Mesures = 17

2 σ = 43

Y moyen = 130
Y est80 = 167
Y est85 = 65

Y=-20 +- 17 X + 167



HYDROCARBURES

****

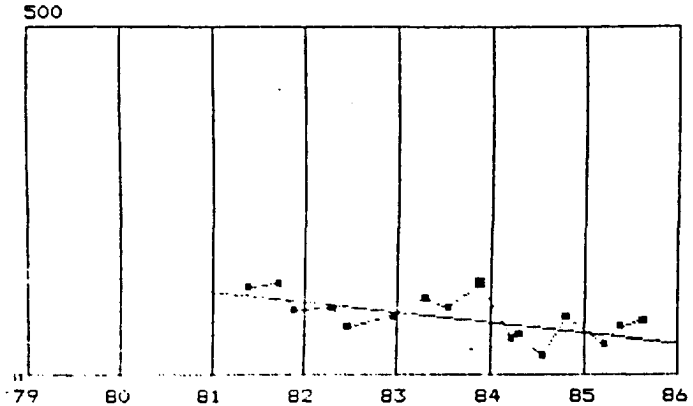
Mesures = 17

2 σ = 2.2

Y moyen = 6.3
Y est80 = 6.2
Y est85 = 6.7

Y= 0.1 +- 0.8 X + 6.2

37/2 CORSE-ETANG D'URBINO.....



P C B s

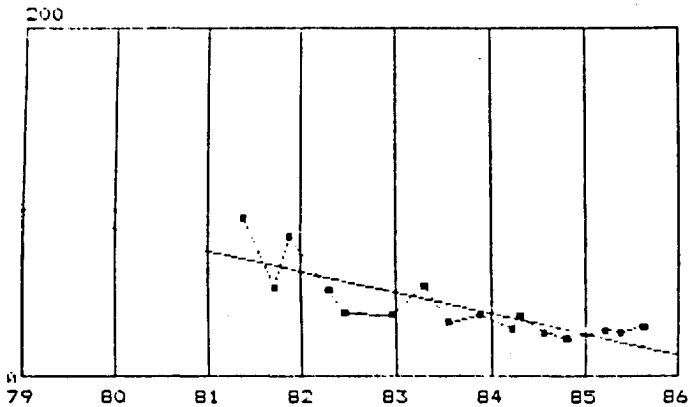
****

Mesures = 15

2 σ = 30

Y moyen = 81
Y est80 =
Y est85 = 61

Y=-14 +- 8 X + 132



D D T s

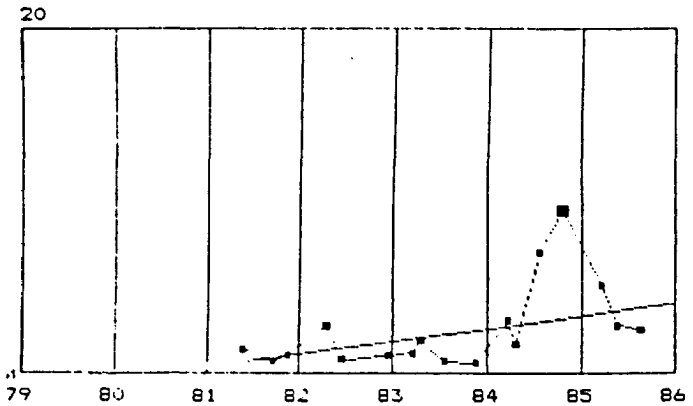
****

Mesures = 16

2 σ = 18

Y moyen = 40
Y est80 =
Y est85 = 24

Y=-12 +- 5 X + 83



HYDROCARBURES

****

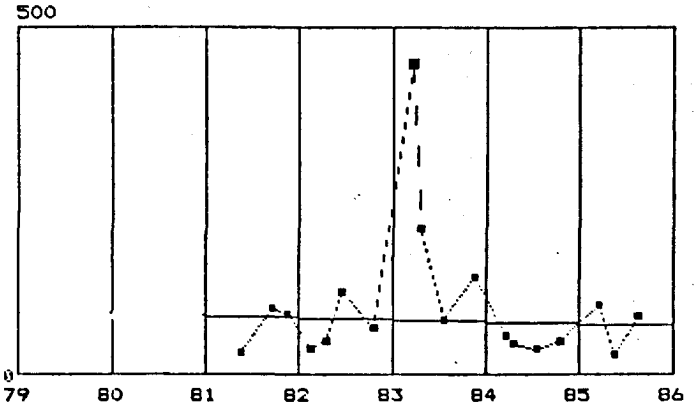
Mesures = 16

2 σ = 2.2

Y moyen = 2.2
Y est80 =
Y est85 = 3.3

Y= 0.7 +- 0.6 X +-0.4

37/1 CORSE-ETANG DE DIANE.....



P C B s

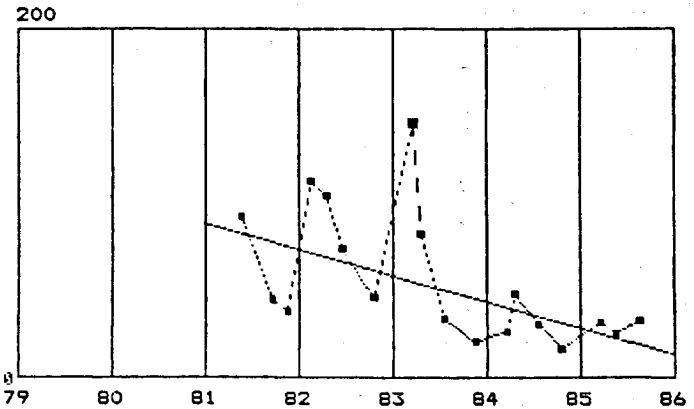
****

Mesures = 17

2 σ = 65

Y moyen = 77
Y est80 =
Y est85 = 74

Y=-2 +- 17 X + 84



D D T s

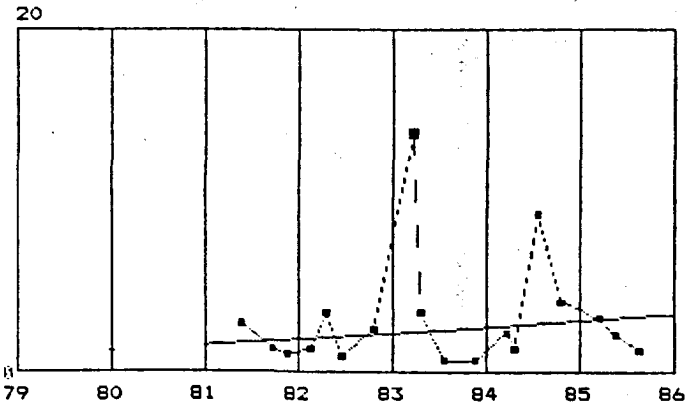
****

Mesures = 17

2 σ = 32

Y moyen = 50
Y est80 =
Y est85 = 28

Y=-15 +- 8 X + 102



HYDROCARBURES

****

Mesures = 17

2 σ = 2.8

Y moyen = 2.5
Y est80 =
Y est85 = 3

Y= 0.4 +- 0.8 X + 1.2