

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE AUX UNIVERSITES

INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE LA L'AMENAGEMENT DU LITTORIAL

- MEMOIRE -

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR EN
HALIEUTIQUE

OPTION : POLLUTION

THEME

EXPLOATION DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES
POLYROMATIQUES DES SEDIMENTS DES COTES OUEST
D'ALERIE - IDENTIFICATION ET CARACTIRISATION DES
POLLUANTS PAR ANALYSE SPECTRALE

PRESENTE PAR : - AMARUCHE NASSIMA
- DEBICHE SORAYA

DEVANT LA COMMISSION DE JURY SUIVANTE :

PRESIDENT : - M. BOULAHDID

EXAMINATEURS : - A. CHOUIKHI
- M. BOUTIBA

RAPPORTEUR : - B. SELLALI

- JUIN 1991 -

REMERCIEMENTS

Ce mémoire n'aurait jamais pu être mené à terme sans l'aide dont nous avons amplement bénéficié au sein du laboratoire de Chimie Marine. Nous nous sommes initiées aux techniques expérimentales au contact de Mr B.SELLALI qui nous a guidé tout au long de ce travail et n'a pas cessé de nous prodiguer conseils et encouragements, nous lui en sommes profondément reconnaissantes.

Mr M.AZZOUZ et B.Y.BOUDJELLAL ont été simplement remarquables par leur présence combien rassurante et leur aide efficace tout au long de ce travail.

Nos remerciements vont aussi à :

Mr M.BOULAHIDID qui a bien voulu présider le jury de soutenance.

Mr A.CHOUIKHI et Mr M.BOUTIBA qui nous ont honorées en acceptant de juger ce travail.

Nous n'omettrons pas de remercier Mr R. BENKESSA pour l'inestimable aide qu'il nous a apporté.

S O M M A I R E

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : GENERALITES.	
1.1. NATURE DES HYDROCARBURES.....	3
1.1.1. Pétrole brut.	
1.1.2. Produits raffinés.	
1.2. PRINCIPALES FAMILLES DES HYDROCARBURES.....	4
1.2.1. Hydrocarbures aliphatiques	
1.2.1.1. Alcanes	
1.2.1.2. Alcènes	
1.2.2. Cyclanes	
1.2.3. Hydrocarbures aromatiques	
1.2.4. Autres composants des hydrocarbures	
1.2.4.1. Asphaltènes	
1.2.4.2. Résines	
1.3. ORIGINES DES HYDROCARBURES DANS LE MILIEU MARIN.....	7
1.3.1. Apports indépendants de toute activité humaine ou origine naturelle.	
1.3.1.1. Suintements sous marin	
1.3.1.2. Hydrocarbures biogènes	
1.3.2. Rejets liés à l'activité humaine ou origine anthro- -pogène.	
1.3.2.1. Pollution chronique	
1.3.2.1.1. Rejets dûs au transport maritime	
1.3.2.1.2. Apports atmosphériques	
1.3.2.1.3. Apports continentaux	
1.3.2.2. Pollution accidentelle	
1.4. DEVENIR ET COMPORTEMENT DES HYDROCARBURES DANS LE MILIEU MARIN.....	11
1.4.1. Etalement	
1.4.2. Déplacement	
1.4.3. Evaporation	
1.4.4. Dissolution	
1.4.5. Emulsification	
1.4.5.1. Dispersion naturelle	
1.4.5.2. Emulsion inverse	

1.4.6.	Sédimentation	
1.4.7.	Oxydation	
1.4.8.	Biodégradation	
1.5.	CONSEQUENCES DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES ...	15
1.5.1.	Conséquences d'ordre physique	
1.5.2.	Conséquences d'ordre biologique	
1.5.2.1.	Conséquences sur la faune et la flore marine	
1.5.2.2.	Conséquences sur l'homme	
1.6.	LUTTE CONTRE LES HYDROCARBURES.....	18
CHAPITRE 2 : DONNEES GENERALES SUR LA ZONE D'ETUDE ET METHODOLOGIE.....		19
2.1.	DONNEES GENERALES SUR LA ZONE D'ETUDE.....	19
2.1.1.	Renseignements généraux sur la Méditerranée	
2.1.2.	Circulation générale	
2.1.3.	Présentation et sédimentologie des zones étudiées	
2.1.3.1.	Présentation des zones d'étude	
2.1.3.1.1.	Région de TENES	
2.1.3.1.2.	Golfe d'ARZEW	
2.1.3.1.3.	Région d'ORAN	
2.1.3.1.4.	Golfe de GHAZAOUET	
2.1.3.2.	Sédimentologie	
2.1.3.2.1.	Golfe d'ARZEW	
2.1.3.2.2.	Région d'ORAN	
2.1.3.2.3.	Golfe de GHAZAOUET	
2.2.	METHODOLOGIE	40
2.2.1.	Travaux effectués à bord du bateau	
2.2.1.1.	Mesure des paramètres physico-chimiques	
2.2.1.1.1.	Temperature et oxygène dissous	
2.2.1.1.2.	pH	
2.2.1.2.	Prélevement des échantillons	
2.2.2.	Travaux effectués au laboratoire	
2.2.2.1.	Prétraitement des échantillons	
2.2.2.2.	Traitement des échantillons	
2.2.2.2.1.	Extraction	
2.2.2.2.2.	Concentration	
2.2.2.2.3.	Purification et fractionnement	
2.2.2.3.	Analyse	
2.2.2.3.1.	Spectrométrie Infra-Rouge	

- 2.2.2.3.2. Chromatographie en phase gazeuse
- 2.2.2.3.3. Couplage chromatographie gazeuse/Spectroscopie de masse
- 2.2.2.3.4. Chromatographie en phase liquide à haute performance
- 2.2.2.3.5. Chromatographie en phase supercritique
- 2.2.2.3.6. Couplage de la chromatographie en phase dioxyde de carbone supercritique avec la spectrométrie Infra-Rouge à transformée de FOURRIER.
- 2.2.2.3.7. Spectrofluorimétrie Ultra-Violet (SFUV)
 - 2.2.2.3.7.1. Principe de la SFUV
 - 2.2.2.3.7.2. Préparation des solutions standards
 - 2.2.2.3.7.3. Calcul des concentrations
- 2.2.3. Exercices d'interétalonnage
 - 2.2.3.1. Buts des exercices d'interétalonnage
 - 2.2.3.2. Résultats fournis par le MESL
 - 2.2.3.3. Essais d'application des tests d'interétalonnage

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. APPLICATION DE TESTS STATISTIQUES...../.....	62
3.1.1. Choix du test statistique	
3.1.2. Principes du test U de Mann et Withney	
3.1.3. Application du test U de Mann et Withney	
3.2. LES HYDROCARBURES ^{totaux} DANS LES SEDIMENTS DE LA COTE OUEST ALGERIENNE.....	66
3.2.1. Paramètres physico chimiques	
3.2.2. Analyse spatiale des résultats	
3.3. APPLICATION DE LA SPECTROFLUORIMETRIE ULTRA VIOLET A MODE SYNCHRONNE POUR LA CARACTERISATION DES HYDROCARBURES POLY-AROMATIQUES DANS LE SEDIMENT.....	89
CONCLUSION.....	102
ANNEXE: I	
ANNEXE II	
ANNEXE III	

INTRODUCTION :

Aujourd'hui, la méditerranée dans son ensemble, mais essentiellement les zones côtières, simultanément les plus vulnérables et les plus convoitées, ont à faire face à de multiples problèmes de surexploitation, de surexploitation, d'agression et de pollution. Or les espaces côtiers ont une capacité d'assimilation réduite du fait de la rigidité et de l'exiguité de leur structure particulière. De nombreux facteurs d'ordre technologique, économique et sociologique ont contribué à accroître la pression industrielle, immobilière, démographique et touristique sur les espaces côtiers.

Certes, la pollution en particulier par les hydrocarbures n'est pas un phénomène nouveau en méditerranée. Des suintements naturels se sont produits au cours des temps géologiques mais c'est depuis 1930 que ce type de pollution résultant des activités humaines a pris une ampleur nouvelle.

Mise à part la marée noire Italienne, survenue en Mars 1991, la méditerranée a été épargnée des déversements massifs de pétrole. Toutefois, un nombre important de déversements mineurs ~~et~~ accidentels ou délibérés se produisent chaque année dans le cadre des activités de transport maritime et de l'industrialisation au sein de la région.

Ce n'est que récemment qu'on a entrepris en méditerranée, d'appliquer le concept selon lequel les sédiments constituent un réservoir d'évacuation pour certains polluants dont les hydrocarbures.

La recherche des hydrocarbures dans le sédiment peut fournir des renseignements sur les retombées atmosphériques au cours du temps, les niveaux de base avant l'entreprise d'activités entraînant le déversement de polluants, les effets d'un rejet d'hydrocarbures, des filtrations chroniques, une pollution permanente due à une raffinerie et le résultat de l'association d'hydrocarbures avec des particules en chute vers le fond.

Dans ce sens, nous essayons d'établir un constat concernant le niveau de contamination par les hydrocarbures des sédiments de la côte ouest Algérienne (TENES, ARZEW, ORAN, et GHA-ZAOUET).

Durant ce travail qui rentre dans le cadre du MED POL, nous suivons la procédure d'étude suivante :

Dans un premier temps, nous définissons les hydrocarbures, leurs origines, leurs devenirs dans l'eau de mer ainsi que les conséquences dues à leur présence.

Dans un deuxième temps, nous présentons les régions à étudier puis le mode opératoire du traitement des échantillons analysés en phase finale par SPECTRO FLUORIMETRIE ULTRA-VIOLET.

Dans un dernier temps, nous essayons d'apporter une analyse spatiale et spectrale aux résultats obtenus et pour confirmer certaines observations, nous complétons l'analyse par des tests statistiques.

Une conclusion qui englobera toute l'étude figure en fin de cet ouvrage.

CHAPITRE PREMIER

GENERALITES

1.1. NATURE DES HYDROCARBURES :

Dans le langage courant, on appelle " pétrole " ou huile, des composés chimiques comportant essentiellement du carbone et de l'hydrogène, que les chimistes appellent hydrocarbures. Ce sont des composés très variés et recouvrent une vaste gamme de corps dont le poids moléculaire varie de 16 à méthane) à plus de 2000. Ils se présentent sous deux formes :

Les pétroles bruts et les produits raffinés.

1.1.1. Les pétroles bruts :

Ce sont des mélanges d'hydrocarbures présentant des substances simples, volatiles et des cires complexes et visqueuses. Leurs teneurs en certains composés tels que : l'oxygène, le vanadium, le nickel, le soufre et les sels minéraux sont minoritaires. Les pétroles bruts se distinguent des produits raffinés par l'absence des alcènes (hydrocarbures oléfiniques); les formes oléfiniques; si elles ont pu se constituer lors de la formation des pétroles bruts, se sont lentement et totalement transformées en molécules stables au cours des siècles dans les gisements (Lacaze, 1980).

1.1.2. Les produits raffinés :

La distillation des pétroles bruts conduit à une très grande diversité de produits raffinés classés comme suit:

- Les composés ayant 4 à 12 atomes de carbones et un point d'ébullition inférieur à 200°C. Ce groupe comprend les carburants pour automobiles (essences).
- Les composés de distillation intermédiaires, avec des composés ayant 12 à 25 atomes de carbones et un point d'ébullition compris entre 185 et 345°C. Ce groupe comprend des produits tels que les carburants pour moteurs diesel rapides, des combustibles pour chauffages domestiques et installations industrielles de faible puissance. Dans ce groupe est inclus le fuel n°2 (nomenclature américaine).
- Les composés dont le point d'ébullition est compris entre 345°C et 560°C et ayant 25 à 26 atomes de carbone. Ce sont surtout les cires, les huiles de lubrification et les produits de base pour la production d'essence par craquage

catalytique. Ils contiennent également des combustibles lourds pour bateaux, du type Bunker C ou fuel n°6.

1.2. PRINCIPALES FAMILLES D'HYDROCARBURES :

Il existe trois familles d'hydrocarbures représentant 95 % de l'ensemble des pétroles bruts :

1.2.1. Les hydrocarbures aliphatiques : (Fig 1)

1.2.1.1. Les alcanes (Paraffines) : $C_n H_{2n + 2}$

Ils représentent 30 % en poids des pétroles bruts. Ce sont des hydrocarbures saturés à chaînes droites (n.alcane) ou ramifiées (iso-alcane).

Ils sont caractérisés par :

- Une absence de toxicité presque totale à l'exception des plus légers d'entre eux .
- Une biodégradation rapide surtout pour les n.alcanes.
- Du point de vue analytique , ils sont facilement mesurables par chromatographie en phase gazeuse.

1.2.1.2. Les alcenes (Oléfines) : $C_n H_{2n}$

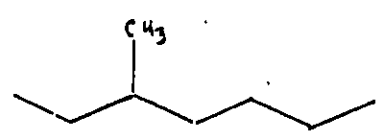
Ce sont des hydrocarbures généralement rencontrés dans les produits raffinés. Ce sont des composés instables, non cycliques, caractérisés par la présence d'au moins une double liaison entre les atomes de carbones. Ils se distinguent nettement des alcanes par l'instabilité de leurs molécules et leur toxicité plus élevée.

1.2.2. Les naphtés (cyclanes) : (Fig 2)

Ce groupe d'hydrocarbures saturés est semblable aux alcanes mais à chaînes fermées, dont les extrémités se joignent en structure annulaires (cycliques). Ils renferment des formes monocycliques saturées ayant 5 ou 6 atomes de carbone tels que le cyclohexane ou cyclopentane. Les naphtés représentent en moyenne 40 à 50 % des pétroles bruts.

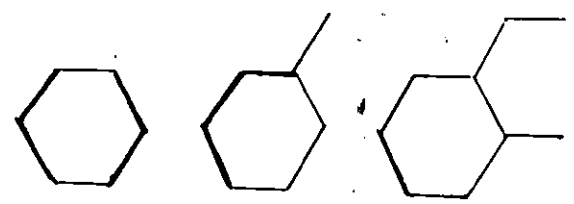


n-octane (C₈ H₁₈)

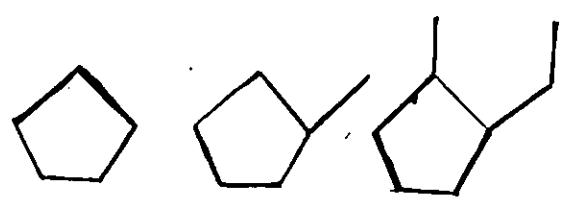


3-méthyl heptane C₈ H₁₈

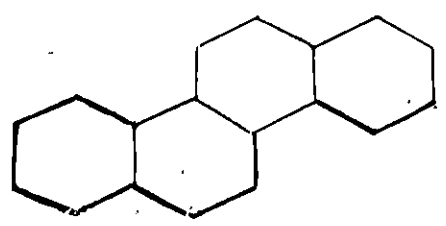
FIG. 1 - HYDROCARBURES ALIPHATIQUES (ALCANES)



- cyclohexane



- cyclopentane



- sterrane

FIG. 2 - HYDROCARBURES NAPHTENIQUES

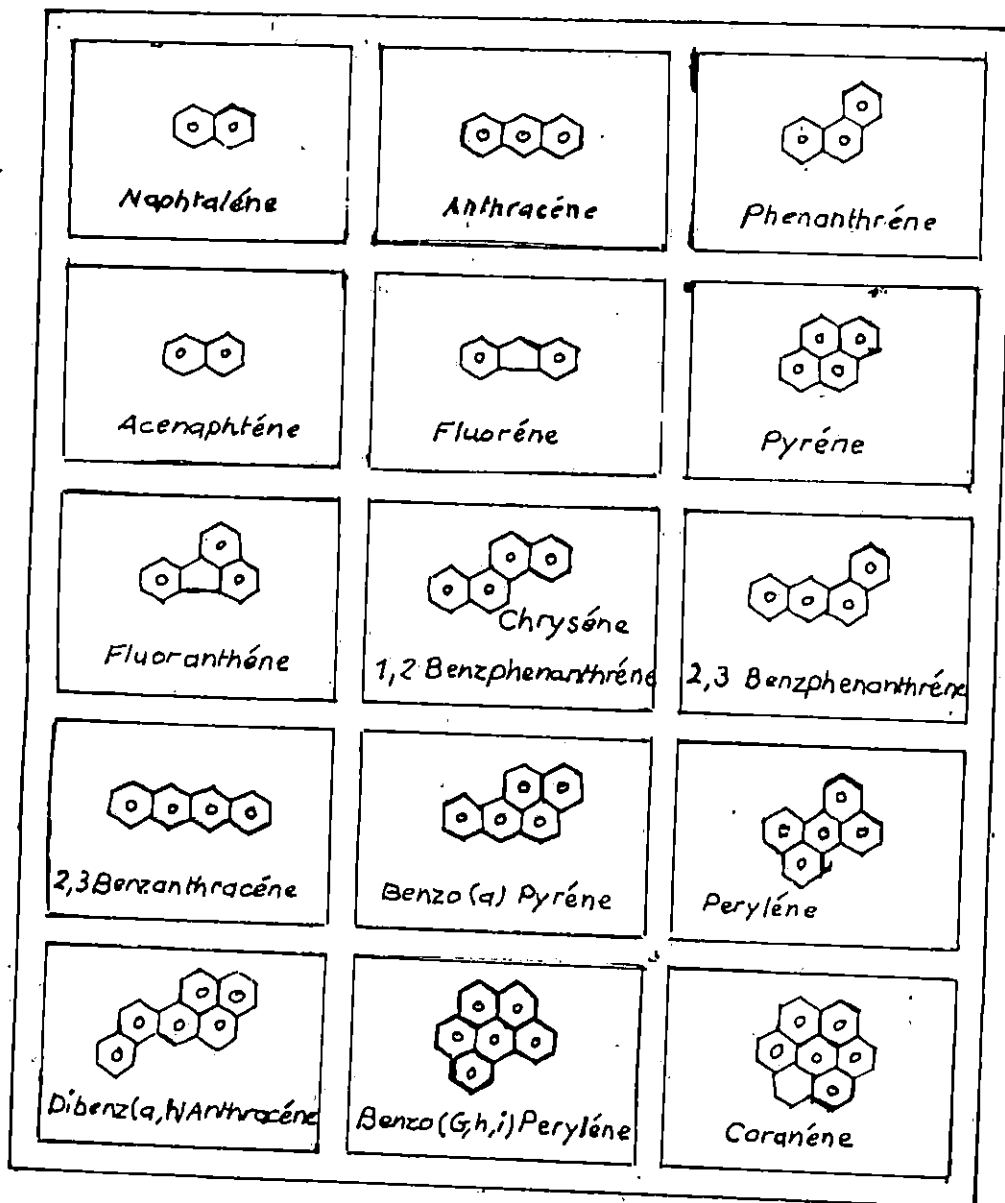


FIG 3 : HYDROCARBURES AROMATIQUES.

1.2.3. Les hydrocarbures aromatiques (Benzeniques) : (Fig3)

Groupe d'hydrocarbures dérivés du Benzène, caractérisés par des noyaux benzéniques à 6 atomes de carbone avec trois (03) liaisons doubles carbone-carbone. Ce sont des composés difficilement biodégradables, très persistants et surtout osmophores, d'ou leur nomination (Javet et Al, 1987). Ils se forment parfois par voie diagénique et représentent 15 à 30 % des pétroles bruts.

La partie hautement toxique et persistante des hydrocarbures de pétrole est constituée par les composés aromatiques solubles dans l'eau. En effet, un nombre d'hydrocarbures aromatiques à haut point d'ébullition possédant entre 4 et 7 cycles benzéniques (hydrocarbures polycycliques) sont reconnus comme étant cancérigènes: le 3,4 benzopyréne, le benzo-a-pyréne et le benzo (G.H.I)péryléne seraient parmi les plus nocifs. (Nelson, 1972); (Pérès et al, 1976); (GESAMP, 1977); (Losifidou et al, 1982).

1.2.4. Autres composants des hydrocarbures :

Deux autres familles de composés chimiques présentes dans le pétrole brut sont :

- Les asphaltènes : Un groupe de composés ayant un poids moléculaire élevé. Leurs structures est souvent inconnue, on peut les définir comme des goudrons à point d'ébullition très élevé. Ils contiennent du soufre, de l'Azote, de l'oxygène aussi bien que des métaux tels que le nickel et le vanadium.

- Les résines : Groupe de composés présentant des hétéroatomes d'oxygène, d'azote et de soufre qui donnent naissance à des propriétés superficielles responsables du processus initial d'émulsion inverse avec l'eau de mer.

1.3. ORIGINE DES HYDROCARBURES DANS LE MILIEU MARIN :

La contamination de l'environnement marin par les hydrocarbures peut provenir de nombreuses sources que les chercheurs ont généralisées de la façon suivante :

- Hydrocarbures d'origine naturelle.
- Hydrocarbures d'origine anthropogène.

1.3.1. Les apports indépendants de toute activité humaine ou origine naturelle :

1.3.1.1. Suintements sous marins :

Ce sont des phénomènes naturels dûs à la remontée d'hydrocarbures fossiles du contenu de certains gisements situés sous le plateau continental dans les zones à activités sismiques importantes. (Lacaze, 1980); (Ramade, 1982) et (Michel, 1983).

1.3.1.2. Hydrocarbures biogènes :

Beaucoup d'hydrocarbures peuvent être synthétisé par la matière vivante et notamment par les plantes. Zobell (1962) estime la concentration moyenne d'hydrocarbures solides et liquides dans ces plantes à au moins 10 ppm. Cependant, Youngblood et Blumer (1973) notent que les algues jeunes et les tissus en croissance rapide contiennent d'avantage d'hydrocarbures que les spécimens ou tissus plus âgés. Bellan et Pérès (1979) signalent d'autre part que certains hydrocarbures tel que le benzo-3,4 pyréne pouvait se former par biosynthèse naturelle à partir de substrat métabolique de plancton sous l'action de bactéries anaérobies. Notons que toute production d'hydrocarbures par les organismes marins a lieu au niveau de la zone euphotique (Zsolnay, 1973, 1977).

Certains auteurs ont essayé d'établir des critères de distinctions entre un hydrocarbure biogène d'un autre d'origine pétrolière, pour cela Lacaze (1980) indique les points suivants:

- Le pétrole contient un mélange beaucoup plus complexe d'hydrocarbures avec une plus grande variété de structures et de poids moléculaires.

- Il possède, en outre, des hydrocarbures avec un nombre d'atomes de carbone pair et impair présents en quantités sensiblement égales, ce qui n'est pas le cas pour les hydrocarbures biosynthétisés.

- Les produits pétroliers comportent une plus grande variété de cycloalcanes et d'hydrocarbures aromatiques. On n'a pas encore signalé dans les organismes marins de composés à cycles alkyl substitué tels que les mono-di et tetra-méthyl benzènes ni les mono-di et tetraméthyl naphthalène.

- Les produits pétroliers renferment des hydrocarbures naphthéno-aromatiques non indiqués à ce jour dans les organismes

marins. Ils comptent aussi des hétérocomposés comprenant des composés lourds apparentés aux asphaltènes, du nickel et du vanadium liés à des porphyrines.

1.3.2. Rejets liés à l'activité humaine ou origine anthropogénique :

Des rapports officiels ont évalué la quantité de pétrole d'origine anthropogénique déversée en mer comme étant égale à 6 millions de tonnes (Roque et Aurelle, 1985). Ces rejets résultent de divers phénomènes liés à l'extraction du pétrole, à son transport maritime, aux apports terrestres acheminés vers la mer par les fleuves et émissaires côtiers et aux retombées atmosphériques.

1.3.2.1. Pollution chronique :

Elle est due à l'ensemble des rejets pétroliers tant maritimes que terrestres. Elle concerne généralement les régions portuaires et les routes suivies par les pétroliers.

1.3.2.1.1. Rejets dus au transport maritime :

Le transport maritime à lui seul constitue une source importante de pollution du milieu marin. Ramade (1982) estime que plus d'un milliard de tonnes sont chaque année transportés par voie maritime dont une fraction de 0,1 % est rejetée en mer. Ces rejets sont causés par :

- Les pétroliers au cours des opérations de déballage, de soutage et de vidange des eaux de cale.
- Les terminaux au cours des chargements, déchargements et mazoutage des barges.
- Les fuites provenant du transfert des hydrocarbures à partir d'un navire citerne.

1.3.2.1.2. Apports atmosphériques :

Ils sont liés aux particules contenues dans les fumées industrielles et le gaz d'échappement rabattus par les eaux de pluie, neige et brouillard. (Michel, 1983).

1.3.2.1.3. Apports continentaux :

Ils concernent les rejets terrestres drainés jusqu'à la mer par les rivières et les émissaires côtiers. Les eaux usées

urbaines chargées d'hydrocarbures résiduels proviennent des industries pétrochimiques, raffineries, garages et ateliers de réparations d'automobiles, des stations d'essence et des aéroports . (Vaillant, 1973), (Mourlon, 1974), et (Bertrand, 1979).

1.3.2.2. Pollution accidentelle :

Cette pollution est généralement due aux négligences de navigation aboutissant aux collisions entre pétroliers ou à leur échouage. Ces accidents sont spectaculaires et peuvent avoir localement des conséquences dramatiques. Parmi les plus désastreux nous citons :

- Le naufrage du " TORREY-CANYON " en 1967 qui a eu un énorme retentissement. Le super pétrolier armé sous pavillon de complaisance s'échoua en pleine vitesse sur les récifs des Seven stones, dans l'archipel des îles Scilly, à l'extrême pointe méridionale de la Grande-Bretagne. En quelques jours, 117000 tonnes de pétrole brut échappèrent des soutes de l'épave et se dispersèrent à la surface de l'océan. L'ampleur des dégâts fut considérable : Parcs à huitres détruits, fonds marins riches en crustacés stérilisés, oeufs pélagiques de Pilchards tués sur de vastes surfaces, régression draconienne de plusieurs espèces d'oiseaux marins comme le rare Macareux, plages et côtes souillées tant sur le littoral cornois que sur les côtes du nord français. (Ramade, 1982)

- Le sinistre de l'AMOCO-CADIZ survenu en 1978 sur les côtes bretonnes au cours duquel 0,2 Millions de tonnes de pétrole ont été déversées.

- La marée noire de l'ALASKA causée par un pétrolier américain : EXXON-VALDEZ qui, après avoir heurté un récif, a déversé près de 50 millions de litres de pétrole dans les eaux du golfe de l'Alaska le 24 Mars 1989. Cette catastrophe a provoqué la destruction des frayères de poissons et la mort de milliers d'oiseaux et de lougres de mer (Le Monde, 1989).

- L'accident du super tanker Norvégien MEGA-BORG qui a explosé et pris feu le 8 Juin 1990 à 92 Km de GALVESTON dans le golfe du Mexique. La quantité de pétrole brut déversé dans les eaux du golfe est estimée à 4,3 millions de gallons (16 millions de litres) (Horizons, 1990).

- L'énorme marée noire qui a envahi le golfe d'Arabie en Janvier 1991 et qui a atteint en début Février 1991, 60 à 90 Kilomètres de longueur sur une quinzaine de Kilomètres de large menaçant ainsi l'écosystème de toute la région.

1.4. DEVENIR ET COMPORTEMENT DES HYDROCARBURES DANS LE MILIEU MARIN : (Fig 4 & 5)

Lorsque le pétrole est déversé en mer, il subit l'action de différents phénomènes physico-chimiques qui modifient ses caractéristiques et influent sur les moyens de lutte qui pourraient être employés.

1.4.1. Etalement :

Un pétrole répandu en mer a tendance à s'étaler horizontalement sous l'action conjuguée des forces de gravité, viscosité et principalement de la faible tension interfaciale entre l'huile et l'eau, jusqu'à former une fine couche en forme de lentille avec la partie inférieure plus épaisse que les bords.

1.4.2. Déplacement :

Le vent, les vagues et la force de coriolis contribuent à l'étirement, au déplacement et à la fragmentation de la nappe. La vitesse de déplacement est évaluée à 0,3 % de celle du vent. Les courants marins interviennent d'une façon moindre dans la mobilité de la nappe.

1.4.3. Evaporation :

Ce processus survient dans les premières heures de déversement. Les fractions les plus volatiles sont disséminées dans l'atmosphère à une vitesse dépendant du vent, la température de l'eau et de l'air ainsi que du type d'hydrocarbure.

1.4.4. Dissolution :

C'est la solubilisation ou le passage en solution des hydrocarbures dans la colonne d'eau. Ce phénomène est limité par l'évaporation du fait que les composés les plus volatiles sont solubles. D'après Wheeler (1977), la dissolution des composés organiques décroît des produits polaires contenant l'azote, l'oxygène et soufre aux aromatiques et alcanes.

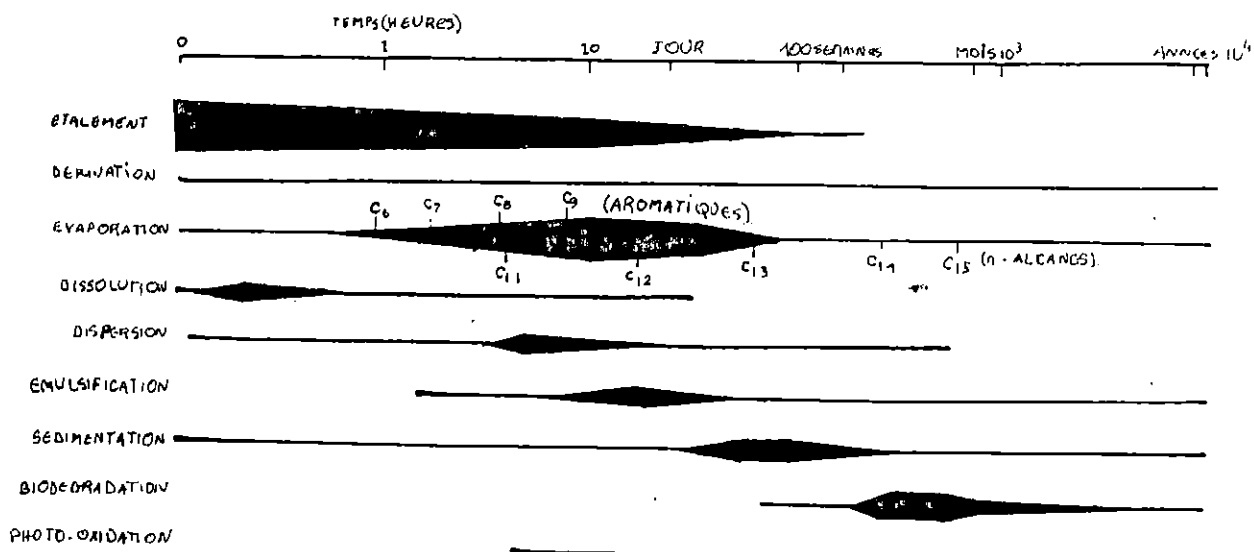


Fig 4: Processus d'évolution d'une nappe de pétrole en fonction du temps

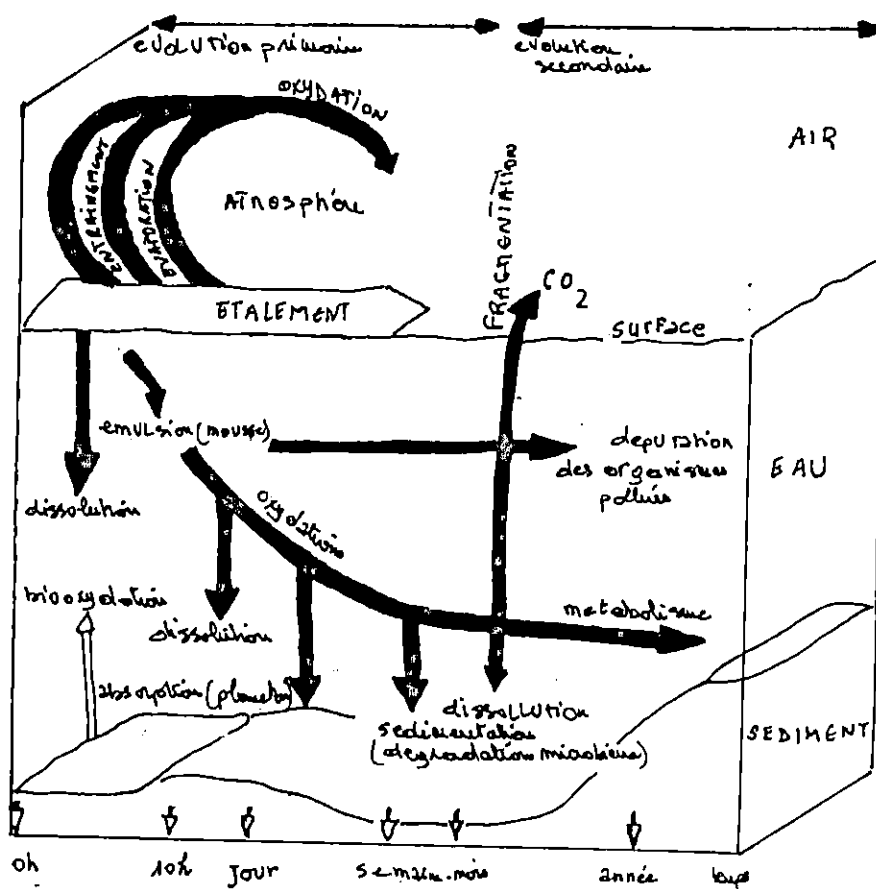


Fig 5: Processus d'évolution du pétrole dans l'environnement
 Ussim (BOCARD, 1978)

1.4.5. Emulsification :

Cet état est très important dans les processus conduisant à la disparition du pétrole de la surface de la mer. Deux types d'émulsion peuvent se produire avec les hydrocarbures en mer :

1.4.5.1. Dispersion naturelle : (émulsion type pétrole dans l'eau)

C'est la séparation du pétrole en fines gouttelettes qui sont en suspension dans la masse d'eau sous l'effet de l'agitation.

1.4.5.2. Emulsion inverse : (émulsion type eau dans pétrole)

C'est la formation d'agglomérats de pétrole donnant l'aspect de "mousse au chocolat". Après dissolution et altérations chimiques d'une partie de ce type d'émulsion, la densité et la viscosité augmentent aboutissant ainsi à la formation de "boules de goudrons" très persistantes.

1.4.6. Sédimentation :

C'est le passage du pétrole de la masse d'eau ou de la surface vers le fond, elle a lieu lorsque la densité du pétrole excède celle de l'eau. Le phénomène est provoqué essentiellement par deux processus :

- Dans les eaux côtières, les mouvements turbulents peuvent apporter en surface du matériel sédimentaire en suspension. Après contact avec les particules de pétrole, le sédiment adhère à ces dernières et provoque le coulage de la masse pétrole-sédiment.

- Le vieillissement des produits pétroliers avec l'évaporation et la solubilisation des composés de faibles poids moléculaires augmente leur densité. Les modifications combinées avec le processus d'oxydation et de dégradation aboutissent à la formation de glomérules qui flottent en surface. Une dégradation plus poussée de ces particules conduit à la formation de formes plus petites et plus denses qui coulent sur les fonds marins.

Pour ce qui est de leurs devenir dans le sédiment, les hydrocarbures pétroliers présentent une remanance considérable dans le sédiment marin; ainsi les alcanes normaux persistent pendant deux années; les taux de décomposition pour les

hydrocarbures ramifiés et cycliques sont encore plus bas que les formes normales.

1.4.7. Oxydation :

Il s'agit d'une combinaison chimique des hydrocarbures avec l'oxygène. Dans le milieu marin, les hydrocarbures peuvent subir :

- Une auto-oxydation (réaction avec l'oxygène du milieu.
- Une photo-oxydation induite par la lumière produisant des composés bactéricides ou tensio-actifs qui activent le phénomène d'émulsification.
- Une oxydation bactérienne qui est un ensemble de réactions chimiques catalysées par des enzymes bactériennes.

Notons que l'oxydation à laquelle peut être associée une polymérisation se traduit par une élévation de la viscosité et de la densité du produit récupéré.

1.4.8. La biodégradation :

Des mécanismes d'altérations chimiques interviennent dans la dégradation du pétrole, les plus significatifs sont les processus de biodégradation.

En effet un nombre relativement important de micro-organismes (bactéries capables de subsister dans le pétrole et de le dégrader) ont été identifiées. Ces microorganismes sont aérobies et comprennent de nombreuses eubactéries parmi lesquelles : Des Pseudomonas, des levures (candida), des moisissures (Pénicillium) et des champignons (Corrolospora, Dendryphiola). Ces dernières utilisent les alcanes et les alcènes comme seule source de carbone pour leur développement. (Kirk et Gordon, 1988).

La vitesse de biodégradation est affectée par de nombreux paramètres :

- Nature et densité des populations bactériennes.
- Conditionnement physique du pétrole.
- Paramètres physico-chimiques limitants (températures, oxygène dissous et sels minéraux).

1.5. CONSEQUENCES DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES :

1.5.1. Conséquences d'ordre physique :

La nappe d'hydrocarbure répandue à la surface de l'eau constitue une barrière nette pour les échanges air / mer de sorte qu'elle :

- Diminue le renouvellement d'oxygène .
- S'oppose au passage de la lumière freinant la synthèse chlorophyllienne et entraînant une élévation de la température qui favorise la prolifération de microorganismes consommateurs d'oxygène .

1.5.2. Conséquences d'ordre biologique :

1.5.2.1. Conséquences sur la faune et la flore marine :

Les effets des hydrocarbures de pétrole sur le milieu vivant sont variés et complexes. Certains se manifestent immédiatement et d'autres à long terme. Les hydrocarbures sont en effet très toxiques. Les tableaux 1 et 2 montrent respectivement la toxicité des pétroles bruts et des hydrocarbures aromatiques vis à vis de certaines espèces aquatiques. (PNUE/OMS, 1979).

. Les auteurs admettent que les hydrocarbures aromatiques sont les plus toxiques aux organismes notamment les volatiles d'entre eux qui ont une action toxique plus rapide que les aromatiques polycycliques carcinogènes. (Blumer, 1971). La forte concentration d'hydrocarbures cycliques au niveau des produits raffinés fait que ceux ci sont souvent plus toxiques que les huiles brutes fraîches qui sont à leur tour plus toxiques que les huiles vieilles. (TØRBJØRN, 1987)

. Pour la faune et la flore planctonique , Mironou (1970)* indique après des test effectués au laboratoire que les doses létales s'étendent de 0,1 à 1000 ppm avec des réductions de vitesse de croissance à 0,01 ppm. Par ailleurs, dans le milieu naturel, les espèces planctoniques paraissent peu altérées. Ainsi des espèces zooplanctoniques soumises à une pollution

* Mironou (1970) in Pérès (1976)

pétrolière consomment les particules d'hydrocarbures et les excrètent ensuite sous formes de pelotes fécales. Parker et Barson (1970) signalent qu'une population de calanus fuscus de 2000 ind/m³ et à 10 m de profondeur peut ingérer et mobiliser 3 tonnes d'hydrocarbures / jour:

. Les hydrocarbures pétroliers provoquent également des effets subletaux affectant les activités physiologiques et le comportement des organismes marins. Cependant, pour de faibles concentrations d'huile brut : 0,6 ppm, des larves de homard américain ne se sont pas développées au delà du troisième stade (Wells, 1972). Notons aussi que des comportements natatoires anormaux ont été relevés chez les larves du hareng de la mer Baltique à une concentration de 0,05 ppm (Linden, 1975).

. Chez les poissons, la toxicité est souvent aiguë et les effets sont relativement limités surtout pour les adultes. Les hydrocarbures s'accumulent facilement dans les tissus soit par assimilation de la nourriture, soit par l'absorption directe de l'eau à travers les surfaces respiratoires et tégumentaires. Salihoglu (1984), Après des études de cinq espèces de poissons a affirmé que l'accumulation se faisait surtout au niveau du foie. Mais généralement le poisson fuit les eaux pétrolières et les doses limites suivantes ont été avancées : fuel lourd : 2400 ppm, Kérozène : 200 ppm, essence : 90 ppm, et huile brut : 5000 ppm. (GIPM, 1973).

. Les bivalves supportent de façon normale un pourcentage de pétrole égal à 1 % (GIPM, 1973), Elles sont d'ailleurs considérées comme étant de bons indicateurs de la pollution par les hydrocarbures.

. Chez les algues benthiques, les mécanismes de toxicité des produits pétroliers peuvent mettre en jeu une altération de la perméabilité cellulaire bloquant les échanges vitaux et allant jusqu'à la destruction des cellules.

. Sur les colonies d'oiseaux de mer, des dégâts considérables sont enregistrés. La destruction du pouvoir isolant du plumage et l'obstruction des voies respiratoires conduisent à leur mort par le froid et par asphyxie.

Origine de l'huile brut.	Organismes	Durée en heure.	Lc ₅₀ (ppm)	Réf
S.LOUISIANE	Capitella (ver)	96	12	a
IRAN	Escargot	168	17	b
IRAN	Pagure	168	21	b
SINAI	Poisson chévre	48	16	b
IRAN	Poisson lapin	168	15	b
KUWEIT	Mysidopsis (crevette)	48	18	c
S.LOUISIANE	Palémon (crevette)	96	52	c

Réf :

- a : Rossi et al
- b : Eisler et al
- c : Andersm et al

Tableau 1 : Toxicité des huiles pour les organismes aquatiques (P N U E / O M S , 1979)

Classe des organismes	concentration (ppm)
Poissons à nageoires.	5 - 50
Larves (toutes espèces)	0,1 - 1,0
Crustacés pélagiques	1 - 10
Gastéropodes (escargots, etc...)	1 - 100
Bivalves (Huître, palourde, etc..)	5 - 50
Crustacés benthiques (Homard, crabe, etc...)	1 - 10

Tableau 2 : Estimation des concentrations d'aromatiques toxiques pour les organismes aquatiques. (P N U E / O M S , 1979)

1.5.2.2. Conséquences sur l'homme :

- Effets à court terme : les hydrocarbures provoquent des dermatoses et des eczémas par obturation des pores.

- Effets à long terme : Les hydrocarbures aromatiques favorisent le cancer à la suite de contact prolongé avec la peau.

D'une façon générale, en dehors de l'intoxication directe par inhalation ou ingestion massive de produits pétroliers, la consommation de certains animaux marins (poissons, crustacés, coquillage) qui ont été au contact avec des hydrocarbures est dangereuse pour l'homme par effet de sommation.
(Rocc, 1987)

1.6. LUTTE CONTRE LES HYDROCARBURES : (voire annexe)

Ces conséquences dramatiques ont fait en sorte que le monde du transport maritime a pris conscience de la nécessité de créer des régimes de lutte contre les dommages causés par des déversements d'hydrocarbures.

Dans ce sens deux techniques ont été mises au point :

- La récupération : technique inopérante en plein mer et par mauvais temps.

- L'utilisation de dispersants : qui a pour conséquences l'effet synergique. Effectivement une synergie est observée lors de l'utilisation de produits tensio-actifs. Kunhold (1970) affirme que les dispersions ont un effet toxique beaucoup plus important que le film d'huile restant en surface et la toxicité des dispersions augmente encore quand on utilise un dispersant. Il est probable que l'utilisation de ce dispersant, en multipliant le nombre de gouttelettes d'huile, augmente la possibilité de contact et d'ingestion par les espèces. Ceci est cependant en étroite relation avec l'espèce marine; à titre d'exemple, TØRBJØRN (1988) affirme que l'huile dispersée apparaît moins nuisible aux ciliés et aux dinophysés que l'huile seule.

Notons qu'à l'heure actuelle, les dispersants sont de plus en plus adéquats et leur utilisation sera éventuellement opérante.

CHAPITRE DEUXIEME

DONNEES GENERALES
SUR LA ZONE D'ETUDE
ET
METHODOLOGIE

2.1. DONNEES GENERALES SUR LA ZONE D'ETUDE :

2.1.1. Renseignements généraux sur la méditerranée : (PNUF, 1988)

. La méditerranée, une mer semi fermée d'une superficie de 2,96 millions de Km², est environnée de montagnes excepté sur le littoral sud-est qui est désertique. Les plaines côtières sont étroites et peu étendues par comparaison avec les traits généraux qui caractérisent les bords de l'océan atlantique. De vastes plaines alluviales occupent les deltas des grands fleuves tels que l'Ebre et le Pô. En outre, le delta du Nil constitue un élément essentiel de l'environnement en méditerranée orientale, bien que la construction du barrage d'ASSOUAN ait modifié son importance hydrographique.

. La méditerranée a une profondeur moyenne de 1500 m avec des maximas de 5000 m. Elle occupe un volume de 3,7 millions de Km³, et sa période de renouvellement des eaux est de 80 ans . Il existe trois seuils importants en méditerranée : Le détroit de Gibraltar (365 m de profondeur), le détroit du Sicile (350 m) et les dardanelles (100 m). Le premier d'une largeur de 15 Km, sépare la méditerranée de l'océan atlantique et fait de celle ci une mer presque fermée; le second la divise en un bassin occidental et un bassin oriental, quant au détroit des Dardanelles, il la sépare de la mer de Marmara et de la mer Noire.

. Le taux d'évaporation est extrêmement élevé, si bien que la circulation de surface entraine un apport net d'eaux de surface provenant de l'Atlantique nord et de la mer Noire. Ce taux est variable sur toute l'étendue de la zone dans la mer Egée, la mer Adriatique et la mer Ligurienne, le bilan de l'évaporation est égal à "Zéro", alors qu'on décèle un taux d'évaporation élevé dans la méditerranée orientale, dans le golfe de Syrie et au centre de la méditerranée occidentale.

. La Méditerranée est bordée par 18 pays dont certains sont parmi les plus industrialisés du monde. Plus de 200 millions d'habitants vivent le long de ses côtes . dans les rejets drainés par les cours d'eau se jettent dans cette mer

2.1.2. Circulation générale :

D'après Millot (1985), Taupier (1988) et Benzohra et

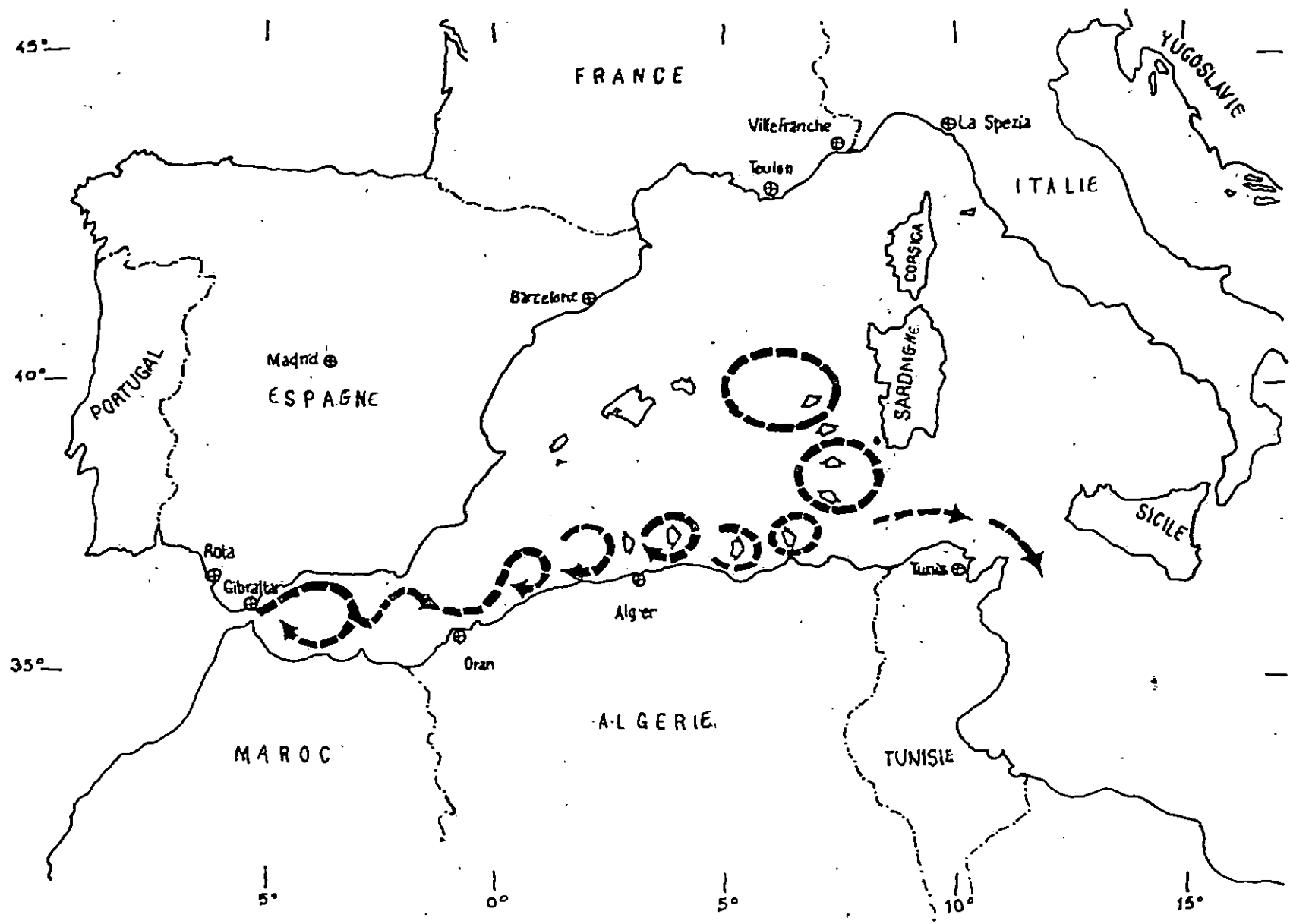


FIG 6 EVOLUTION DES TOURBILLONS AU SUD MEDITERRANEEN (WMCE).

Bousslimane (1989), la méditerranée est connue pour être ce que l'on appelle un bassin de concentration. En effet, l'évaporation que connaît ce bassin est supérieure aux apports fluviaux et à ceux dus aux précipitations. Ce déficit induit des échanges importants et complexes avec l'océan Atlantique à travers le détroit de Gibraltar que l'on peut schématiser par l'entrée du courant Atlantique en surface et par la sortie du courant Méditerranéen en profondeur. Une veine de courant Atlantique entrant par le détroit de Gibraltar longe les côtes Algériennes et se divise ensuite en deux branches vers environ 5° Est; l'une remonte vers les côtes Nord-Ouest de la Sardaigne, l'autre continue vers l'Est pour transiter en partie en Méditerranée orientale par le détroit de Sicile.

A la sortie de la mer d'Alboran, la veine du courant Atlantique vient se coller aux côtes maghrébines vers 0° (et prend la nomination de courant Algérien à cause de son caractère spécifique d'écoulement le long des côtes Algériennes). Ce courant commence à dégénérer en méandres et tourbillons (cycloniques et anticycloniques) vers 1° - 2° Est.

Au fur et à mesure qu'ils dérivent vers l'est, seuls les tourbillons anticycloniques prennent de l'ampleur avec des diamètres de l'ordre d'une centaine de kilomètres. Leur passage induit des résurgences d'eau (Op. Wellings) côtières qui sont advectées le long de la côte. (Fig 6)

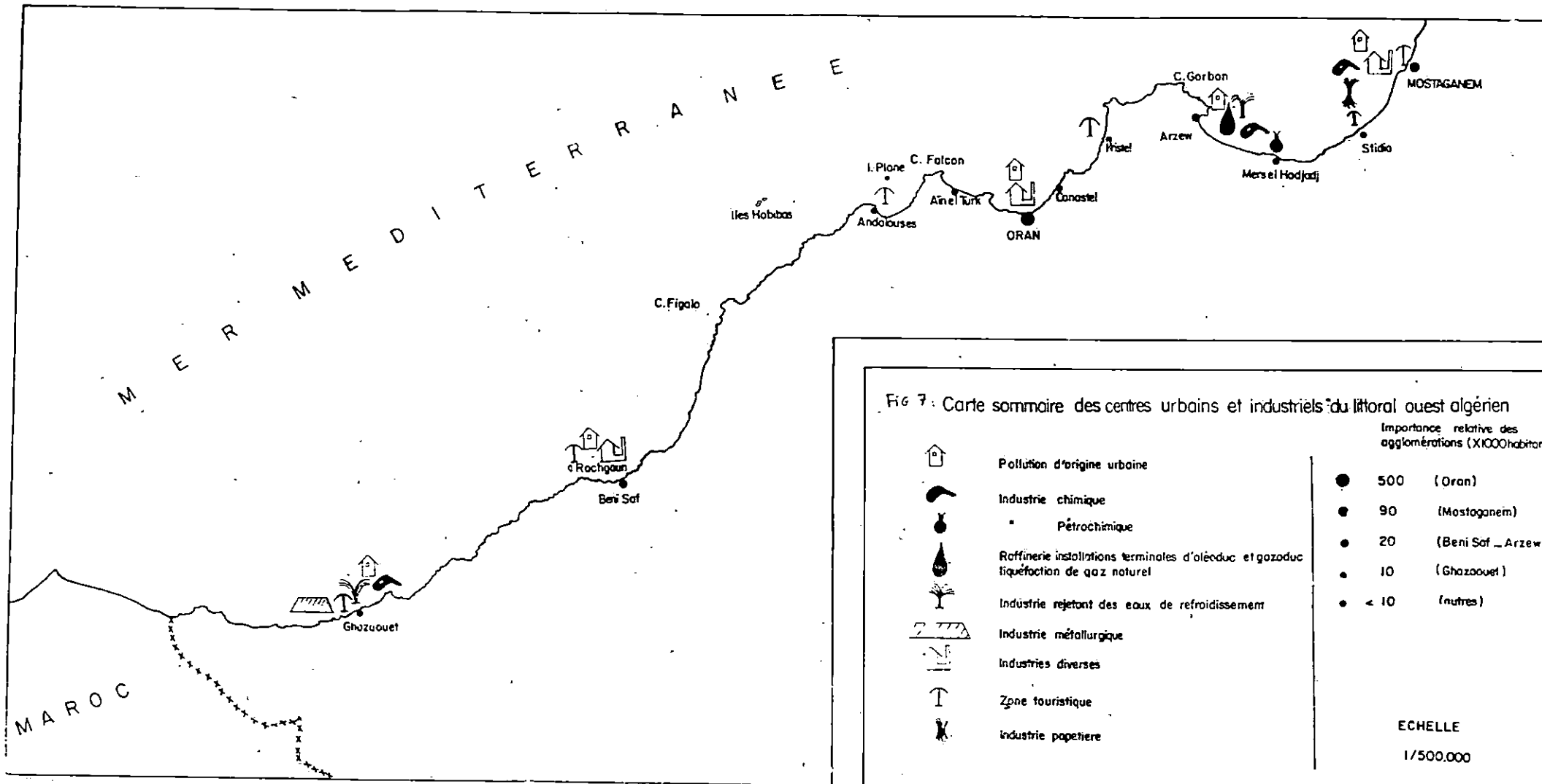
2.1.3. Présentation et sédimentologie des zones d'étude :

2.1.3.1. Présentation des zones d'étude :

Les franges côtières particulièrement celles de l'ouest (500 Km environ) font actuellement l'objet d'une urbanisation et d'une industrialisation importante, accompagnée d'un accroissement démographique au niveau des villes. Fig 7

Ainsi, la grande majorité de la population de l'ouest est cantonnée sur la **frange** côtière surtaout au niveau des villes telles que : ORAN, ARZEW et MOSTAGANEM, ce qui est à l'origine d'une pollution qui prend de plus en plus d'ampleur et dont les effets sur l'environnement marin apparaissent déjà .

Dans le but d'acquérir des informations concernant la pollution par les hydrocarbures au niveau de la côte ouest Algérienne, nous avons entrepris une étude d'évaluation de la pollution par ces contaminants au niveau des quatres zones concer-



M

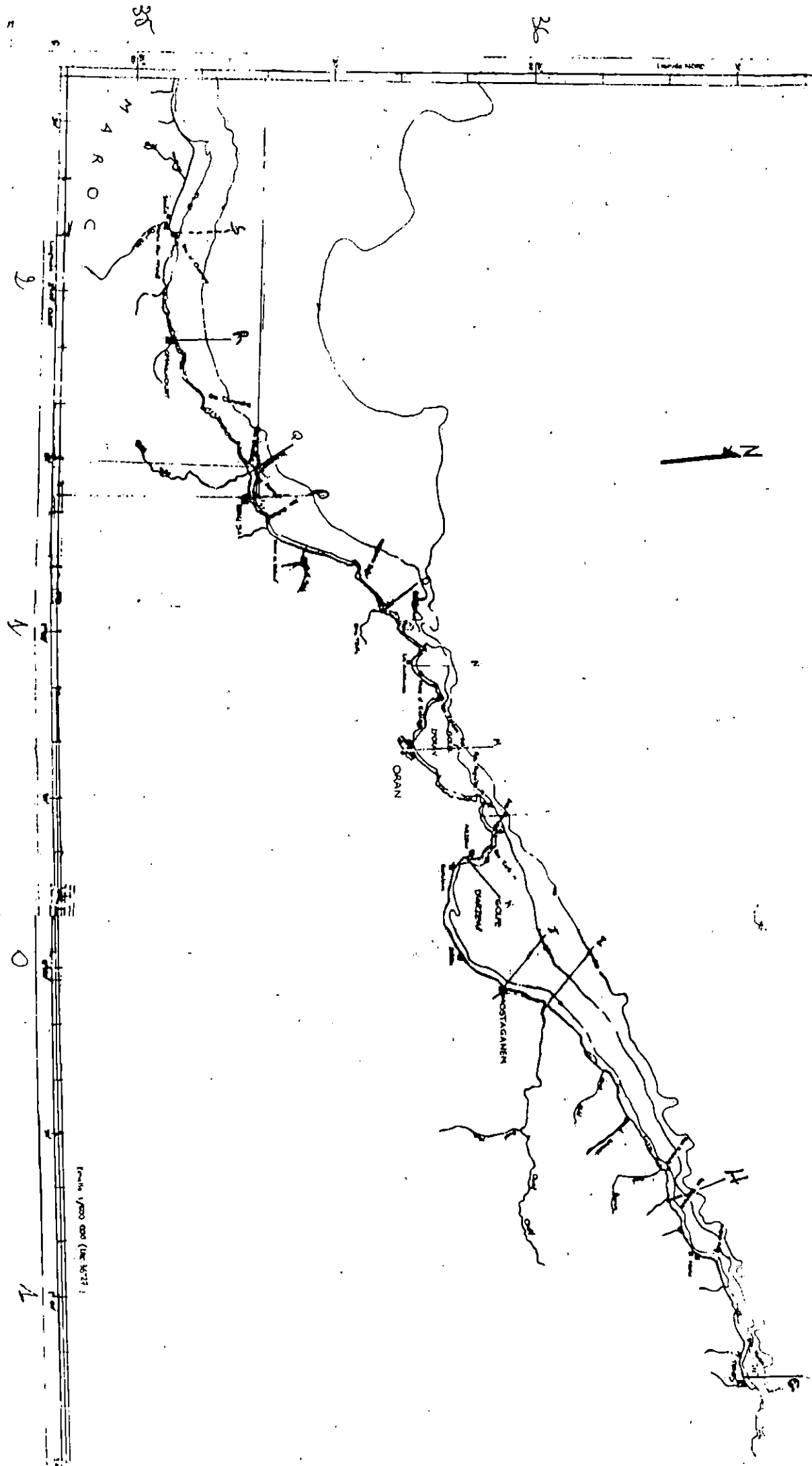


FIG 8: Carte des prélèvements dans la région-ouest réalisées en 1990.

Echelle 1/500 000 (1 cm = 50 km)

-nées (Région de TENES, golfe d'ARZEW, Région d'ORAN et golfe de GHAZAOUET). Fig 8

Plusieurs paramètres sont pris en considération lors des prélèvements : nature du fond, profondeur et sources éventuelles de pollution .

2.1.3.1.1. Région de TENES :

Située entre ($35^{\circ} 34' N - 20^{\circ} 20' W$) et ($35^{\circ} 34' N - 1^{\circ} 11' W$), cette région ne connaît pas une industrie spécialement importante et la densité de la population est faible, la principale activité de ses habitants étant l'agriculture.

L'existence d'un dépôt de carburant peut éventuellement contribuer par ses huiles déversées en mer, à la pollution par les hydrocarbures de la région .

Dans le cadre de notre étude de la pollution par les hydrocarbures polyaromatiques (HPA) dans le sédiment, nous avons effectué 6 prélèvements sur deux radiales : (G et H) (Fig 8a)

- Radiale G : Réalisée au niveau de la ville de TENES sur une plage située à proximité du port, elle est par conséquent soumise à l'influence directe des rejets portuaires ainsi qu'aux rejets urbains et domestiques qui acheminent les polluants vers la mer.
- Radiale H : Réalisée à l'approche de RAS MAGROUA, à l'embouchure d'un émissaire qui contribue d'une manière significative à la pollution par ses apports d'eaux usées urbaines et industrielles éventuelles et en éléments dissous (substances organiques, sels minéraux ...etc).

2.1.3.1.2. Golfe d'ARZEW :

Le golfe d'ARZEW apparaît comme un milieu ouvert soumis à l'influence océanique mais subissant également des influences côtières à la fois enrichissantes et polluantes.

Il s'étend du cap IVI ($36^{\circ} 37' N - 0^{\circ} 13' W$) au cap Carbon ($35^{\circ} 54' N - 0^{\circ} 20' W$) qui forment les limites du golfe.

Le golfe d'ARZEW est soumis à des risques de pollution non négligeables. En effet, il est caractérisé par l'implantation d'une zone industrielle gigantesque Z.I.A (Zone Industrielle d'ARZEW) (Fig 9) qui constitue un lieu d'aboutissement d'un

gazoduc et d'un oléoduc, et regroupant des petites unités industrielles et une importante zone de support logistique.

Les différentes eaux usées provenant d'une même unité ou de plusieurs unités sont drainées à la mer par un même collecteur.

L'existence d'une telle zone intervient de manière effective à la pollution par les hydrocarbures et les unités industrielles pouvant ou étant à l'origine de cette pollution sont :

- La raffinerie : Le volume d'eau utilisé est de 5000 m³/j. Le traitement par décantation de ces eaux n'élimine que les hydrocarbures flottants, alors que les substances dissoutes ou en suspension (huiles, phénols, cyanures, etc...) dans ces eaux sont rejetées à la mer.

- Le complexe de résine-méthanol : Produit des résines . Ce complexe rejette surtout des eaux phénolées, dont le traitement n'est pas très efficace .

- L'incinérateur : Les cendres de la combustion des ordures ménagères et industrielles sont jetées sur une plage du golfe constituant une source de pollution.

La contamination par les hydrocarbures peut aussi avoir d'autres origines :

- Le complexe papeterie de Mostaganem
- Rejets urbains des villes aboutissant à la mer.
- Eaux de nettoyage provenant du parc de stockage du brut.
- Les fuites et ou les débordements lors du chargement du brut.
- Les pétroliers qui procèdent au dégazage et au lavage de leurs cuves dans le golfe.
- Les activités portuaires (Fig 10)
 - Port pétrolier d'ARZEW
 - Port gazier de BETHIOUA
 - Port mixte de MOSTAGANEM.

Nos prélèvements sont localisés sur quatre radicales (I.J.K.L) choisies en fonction des différentes activités côtières : (Fig 8b)

Les prélèvements ont été réalisés dans :

- 1-Raffinerie d'Arzew RA_W2
- 2-Méthanol et résine
- 3- GL₁ Z
- 4-Stockage
- 5-RA₂ Z
- 6-Amoniac et engrais azotés
- 7- SNS
- 8- GNL₁
- 9- GNL₂
- 10-GNL₃
- 11-unite GPL
- 12-zone de services et diverses (logements)
- 13-condensat
- 14-gazoduc
- 15-terminal cléoduc
- 16-laboratoire de lubrifiants
- 17-Jumbo GPL.

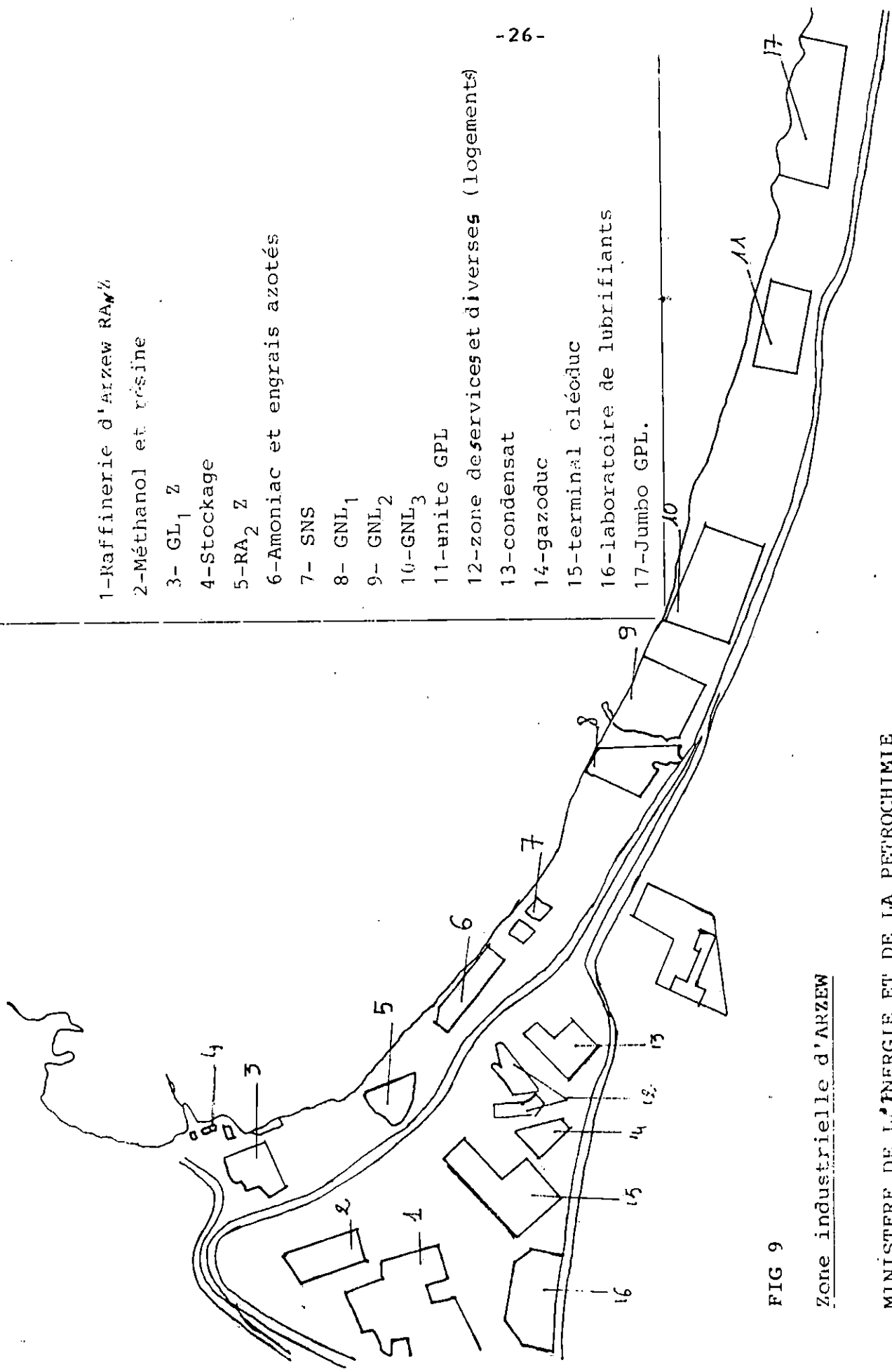


FIG 9

Zone industrielle d'ARZEW

MINISTERE DE L'ENERGIE ET DE LA PETROCHIMIE

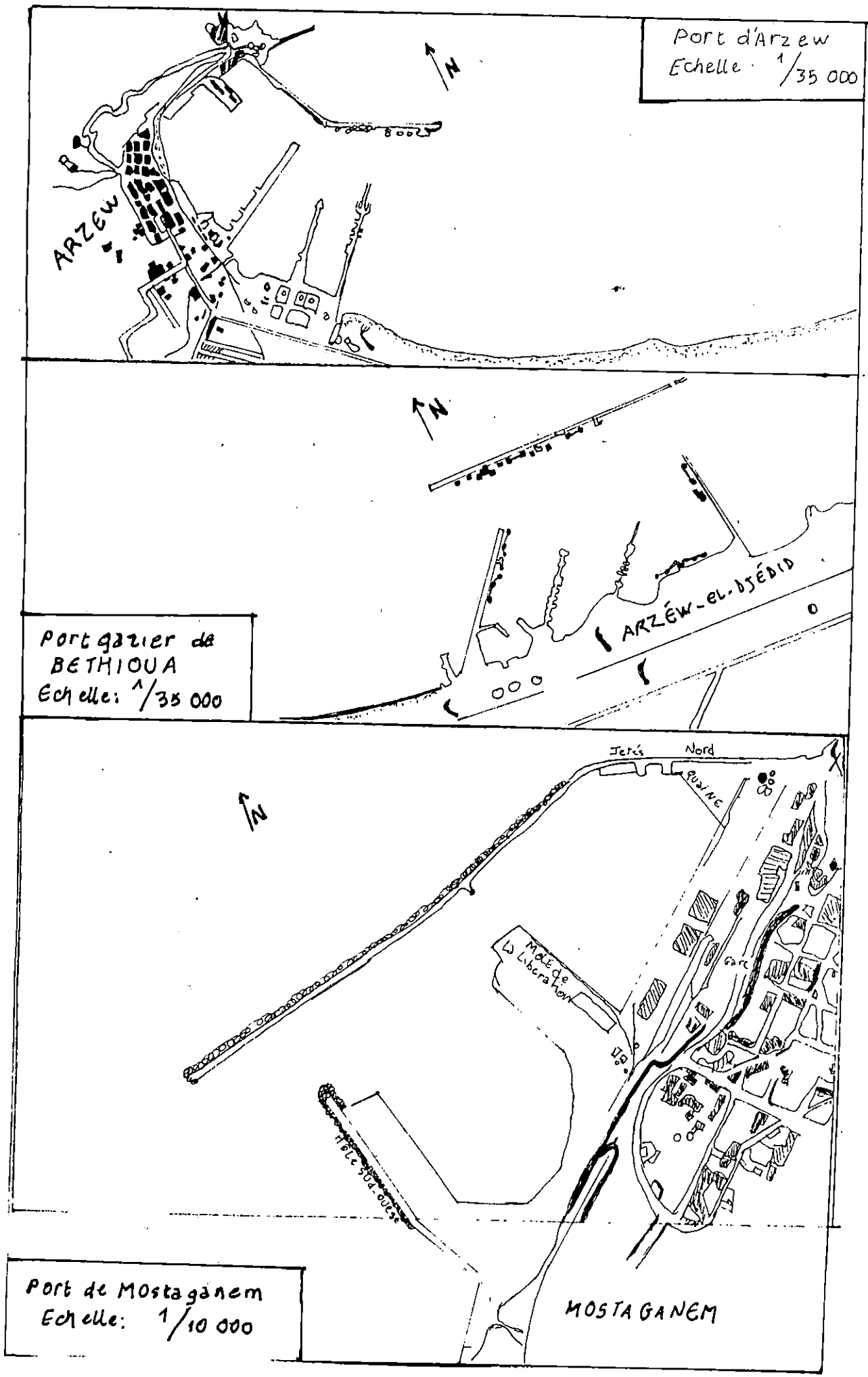
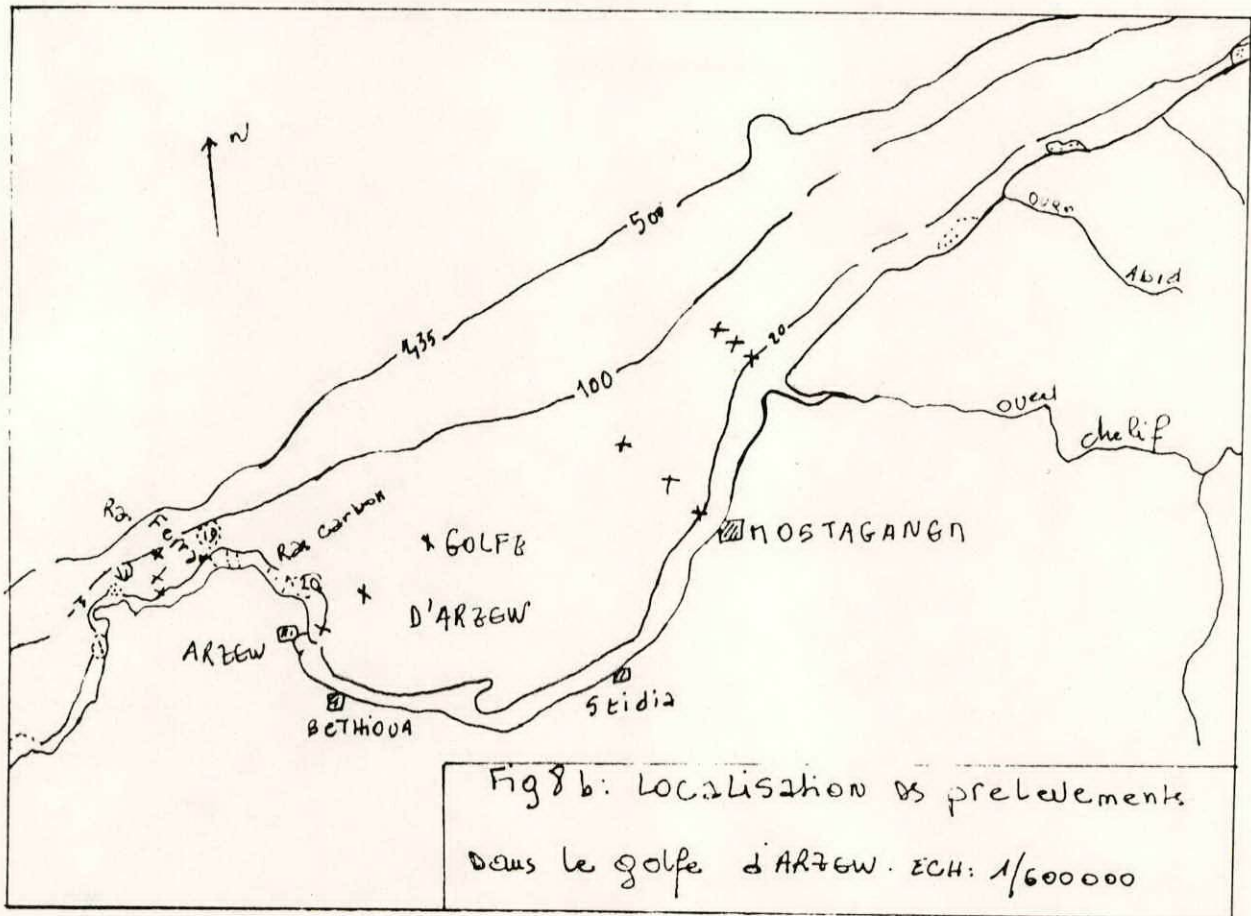
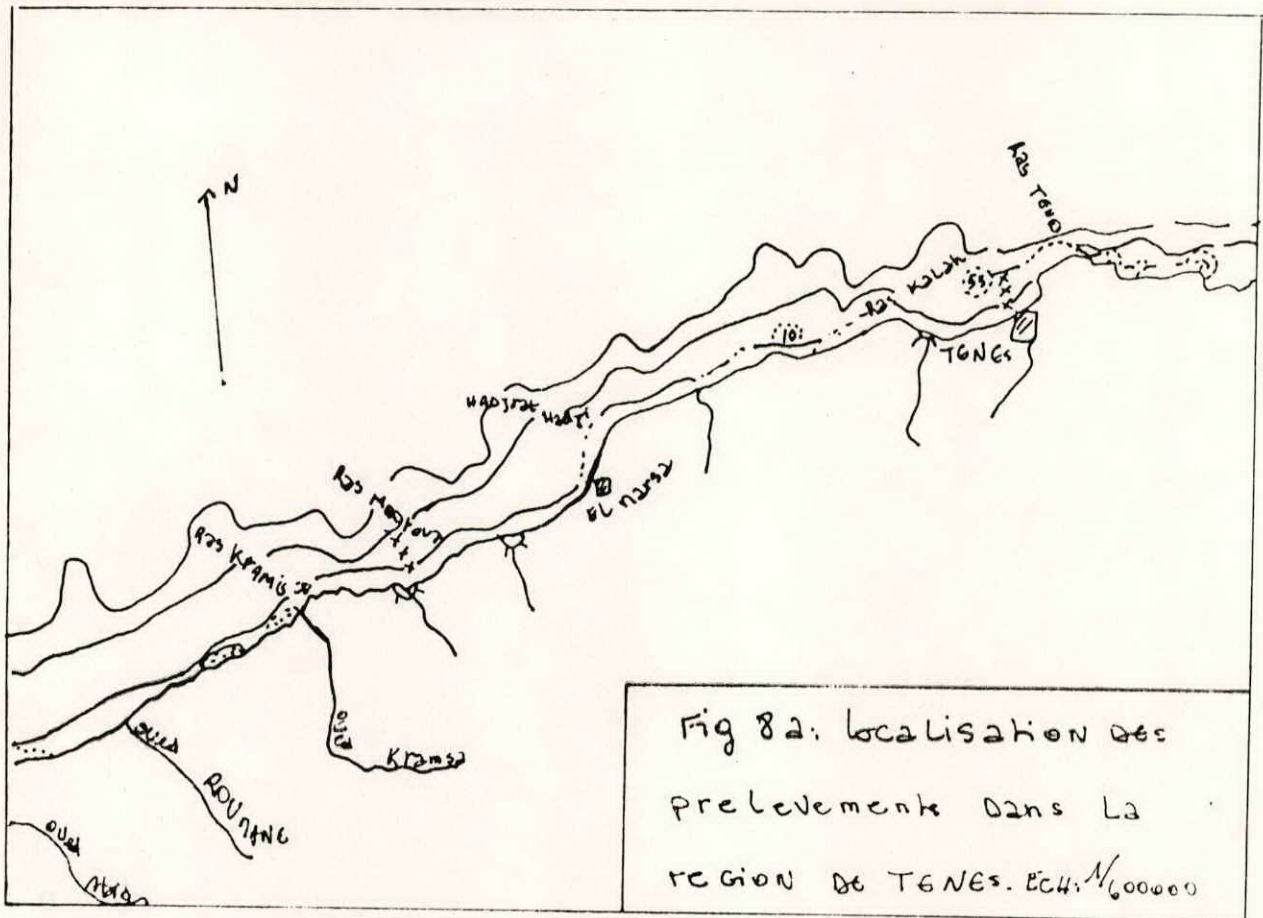


FIG 10 PRINCIPAUX PORTS D'ARZEW



- La zone situé entre les deux ports de BETHIOUA et d'ARZEW.
- La ville de mostaganem (et plus précisément dans la région portuaire).
- A proximité du cap Ferrat et à l'embouchure du Chélif.
- Radiale I : Cette radiale est localisée à l'embouchure de l'oued Chélif qui constitue le plus important cours d'eau en Algérie. Il draine depuis sa naissance des apports organiques et inorganiques et aboutit dans le golfe dans le secteur Est de Mostaganem. Son débit liquide est d'environ 590 millions de m³, alors que son débit solide annuel est de près de 2,4 millions de tonnes. Il intervient de façon active par ses apports de sédiments terrigènes dans la sédimentation des fonds marins du golfe et contribue à la pollution par les eaux usées urbaines et industrielles.
- Radiale J : Réalisée près du port de Mostaganem; elle est directement soumise aux rejets portuaire et les rejets d'eaux résiduaires urbaines et industrielles.
- Radiale K : Effectuée entre le port gazier de BETHIOUA et le port d'ARZEW qui constitue le plus grand port d'Algérie.
- Radiale L : Située près du cap Ferrat dans la partie ouest du golfe.

2.1.3.1.3. Région d'ORAN :

La ville d'ORAN s'étend sur la moitié ouest de la baie d'ORAN. Elle est caractérisée par une concentration importante de population et constitue la deuxième ville d'Algérie du point de vue socio-économique.

Dans cette ville les eaux usées urbaines, domestiques ainsi que celles provenant des divers industries (abrasifs, textiles, alimentaires, plastiques, métallurgiques) se déversent en mer et constituent avec les rejets portuaires une source non négligeable de pollution.

Nos prélèvements ont été effectués sur sept (07) stations localisées sur trois radiales de la côte vers le large. (Fig 8c)

- Radiale M : Localisée dans la baie à proximité du port d'ORAN (Fig 11). Celui ci constitue une source de pollution pétrolière due essentiellement aux différentes activités portuaires, aux fuites provenant des barges qui

alimentent les bateaux en rade et les opérations de lavage des soutes des navires.

- Radiale N : Réalisée aux Andalouses qui est un petit village côtier à faible population permanente. Il connaît en été un grand afflux de vacanciers d'où l'augmentation du volume d'eaux usées domestiques rejetées en mer.
- Radiale O : (Iles HABIBAS), cette radiale est soumise à l'influence des eaux du large.

2.1.3.1.4. Golfe de GHAZAOUET :

Ce golfe constitue un milieu ouvert non confiné où les échanges avec le large se font de façon intense. Il est limité par les îles HABIBAS à l'Est et le cap MILANO à l'ouest.

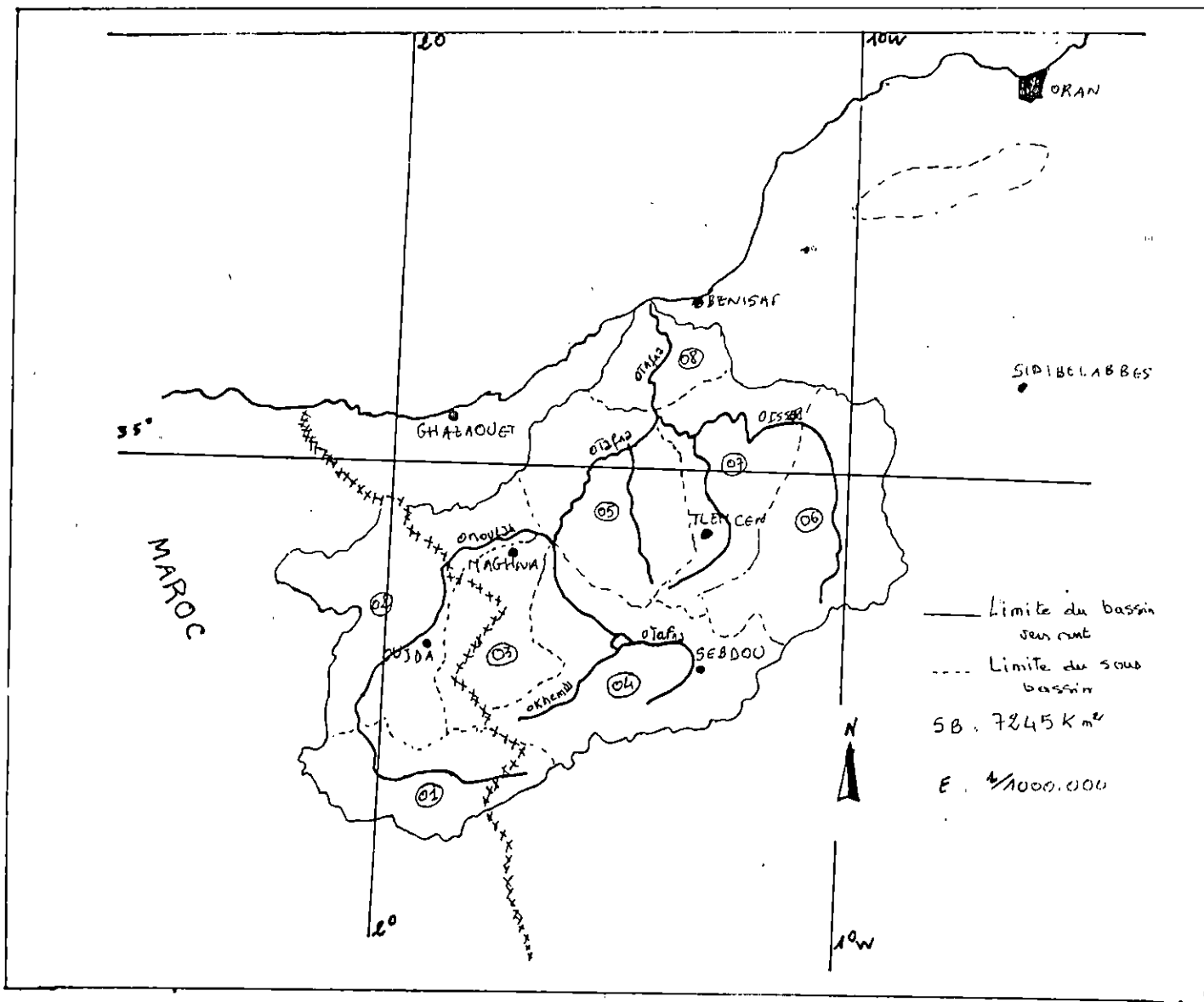
Nos stations d'étude ont été localisées sur quatre (04) radiales (Fig 8d) choisies en fonction des sources de pollution et les activités côtières .

- Radiale P : (Beni-Saf), la baie de Béni-Saf est située entre les longitudes 1° 10' E et 1° 30' ouest entre les îles HABIBAS et la pointe de RACHGOUN à l'ouest sur une étendue de 14 Km. Elle bénéficie directement des courants froids de l'Atlantique pénétrant en permanence par le détroit de Gibraltar. La ville de Béni Saf à une densité de population faible. Les principales activités de ses habitants sont l'agriculture et la pêche. C'est en effet un centre parmi les plus dynamiques en Algérie.

Nos prélèvements se situent sur une radiale réalisée près du port de Béni-Saf. Ce dernier constitue la seule source en hydrocarbures ayant pour origine principale l'activité de pêche marquée par le nombre important de bateaux circulant dans la baie. La contribution des oueds (El Mellah et la Tafna) ainsi que les émissaires n'est pas à négliger.

- Radiale Q : (Embouchure de la Tafna), cet oued situé à l'ouest de la ville de Béni-Saf est caractérisé par une grande quantité de matériaux solides en suspension due principalement à la faiblesse de la couverture végétale. Sa turbidité connaît une variation saisonnière importante. Jusqu'à 1970 , son débit annuel a été estimé à 158,7 million/m²/an. Cet oued passe par plu-

FIG.13 CARTE DES SOUS BASSINS VERSANTS DE LA TAFNA



LISTE DES SOUS BASSINS VERSANTS DE LA TAFNA ET SUPERFICIE

CODE	NOM	SUPERFICIE km ²
01	O. NOUILAH AMONT	747
02	O. NOUILAH AVAL	1225
03	O. MEHAGGNE	665
04	O. TAFNA AMONT	1204
05	O. TAFNA BOUKIOU	978
06	O. ISSER CEDRA	1118
07	O. ISSER SIKKAK	820
08	O. TAFNA MARITIME	388

-seurs localités et constitue un point de rencontres des différents effluents provenant des régions situées à proximité de Béni-Saf (Fig 13).

Au cours de notre étude, nous avons effectué des prélèvements selon une radiale qui va de l'embouchure vers le large et trois autres prélèvements (T_1 , T_2 et T_3) à l'intérieur de l'oued même. Ces stations sont soumises aux différents polluants organiques et inorganiques provenant des eaux résiduaires urbaines et industrielles de toutes les localités qui sont longées par cet oued et ses effluents.

- Radiale R : Réalisée dans la ville de GHAZAOUET. La ville de GHAZAOUET est caractérisée par une faible densité de population. C'est surtout un port de pêche et une station balnéaire. En période estivale, il y a une augmentation de vacanciers, par conséquent les rejets d'eaux usées deviennent plus importants, la principale source de pollution industrielle est due essentiellement à l'usine d'électrolyse de Zinc, implantée à proximité du port. Elle produit du Zinc, du Cadmium et de l'acide sulfurique. Du point de vue rejets en hydrocarbures, la seule origine est due aux activités du port (Fig 12)

Nos stations de prélèvements ont été effectuées à proximité du port.

- Radiale S : (Mers Ben M'hidi, situé à la frontière Algéro-Marocaine).

Dans cette zone nous avons effectué quatre (04) prélèvements sur une radiale (S) face à une plage connaissant en été un nombre considérable d'estivants d'où l'importance des rejets domestiques. En ce qui concerne la pollution par les hydrocarbures de cette région, elle reste liée au trafic maritime intense ayant pour origine les bateaux et pétroliers qui arrivent en Méditerranée par le détroit de Gibraltar constituant une source de pollution chronique par les fuites et les opérations de déballastages.

2.1.3.2. Sédimentologie :

Le précontinent Algérien a fait l'objet d'études granulométriques entreprises par LECLAIRE (1972) et CAULET (1972) montrant

le classement du matériel particulaire ainsi que sa constitution dont nous avons tenu compte afin de décrire la sédimentologie des régions étudiées. Notons que nous ne disposons d'aucune donnée en ce qui concerne la sédimentologie de la région de TENES.

2.1.3.2.1. Le golfe d'ARZEW : fig 14a

Dans le golfe d'ARZEW, les effets d'une sédimentation pelitique se traduisant par une grande vaseuse se font fortement sentir.

-Sédiment calcaire

Sédiment calcaire arenitique: Les sables et graviers à calcaire bioclastique imprégné par l'oxyde de fer (d'où la couleur rouille), composé de concrétions alguales, débris de coquilles et gastéropodes, sont assez répandus. Ils s'étendent jusqu'à proximité du rebord continental du cap FERRAT et constituent la bordure litorale meuble d'ARZEW aux abords de MARSAT EL HADJADJ. Les vases calcaires, (sédiment de transition entre les sables et les dépôts plus argileux, comportant 10% d'argile de plus que les sables et graviers calcaires), se rencontrent entre MARSAT EL HADJADJ et Mostaghanem ainsi que sur la bordure soumarine du DAHRA

Sédiment calcaire pelitique: Représenté par les vases calcaireo-argileuse qui recouvrent une superficie importante du golfe d'ARZEW. Ceci y dessinent deux grands bancs

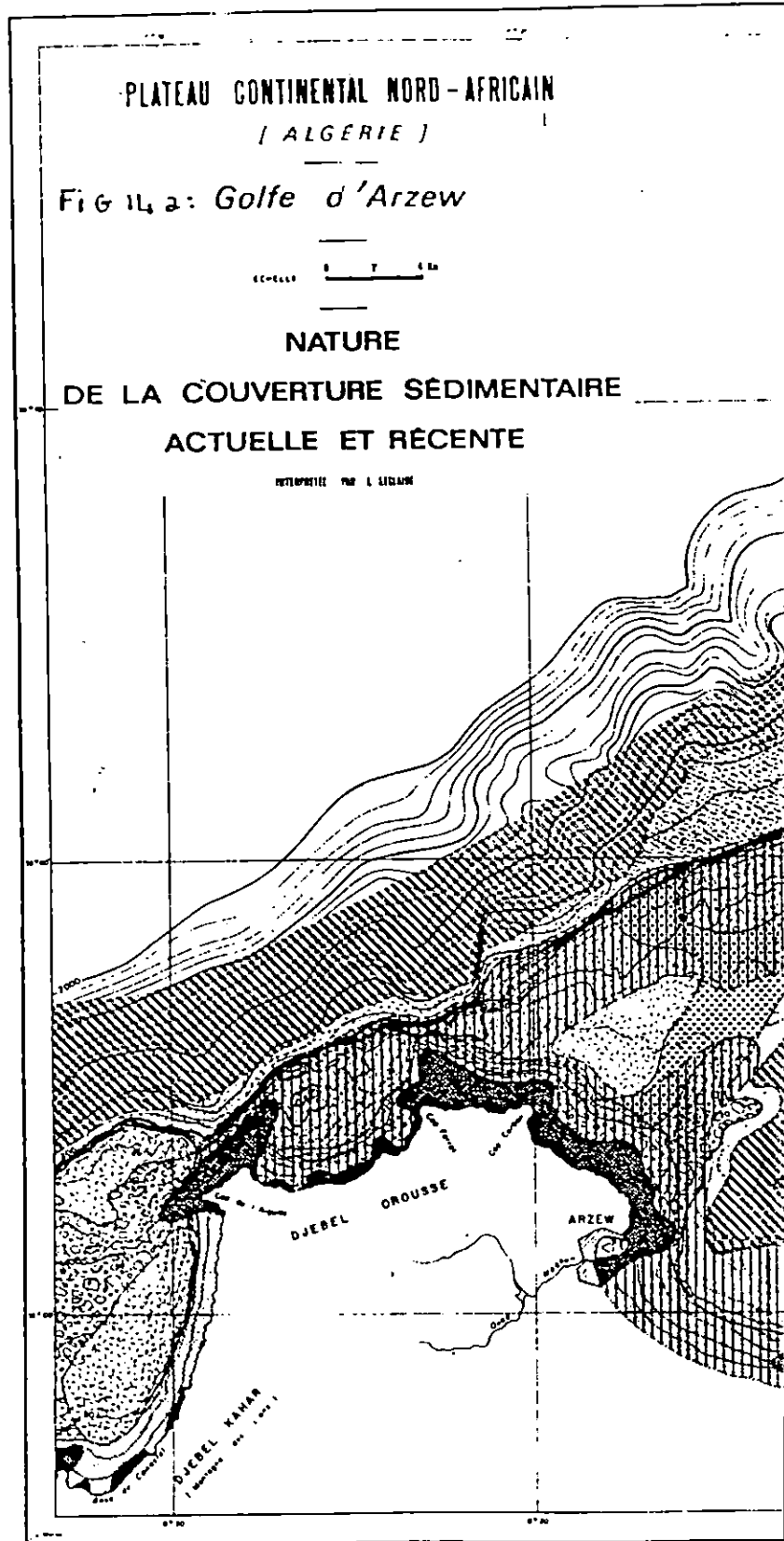
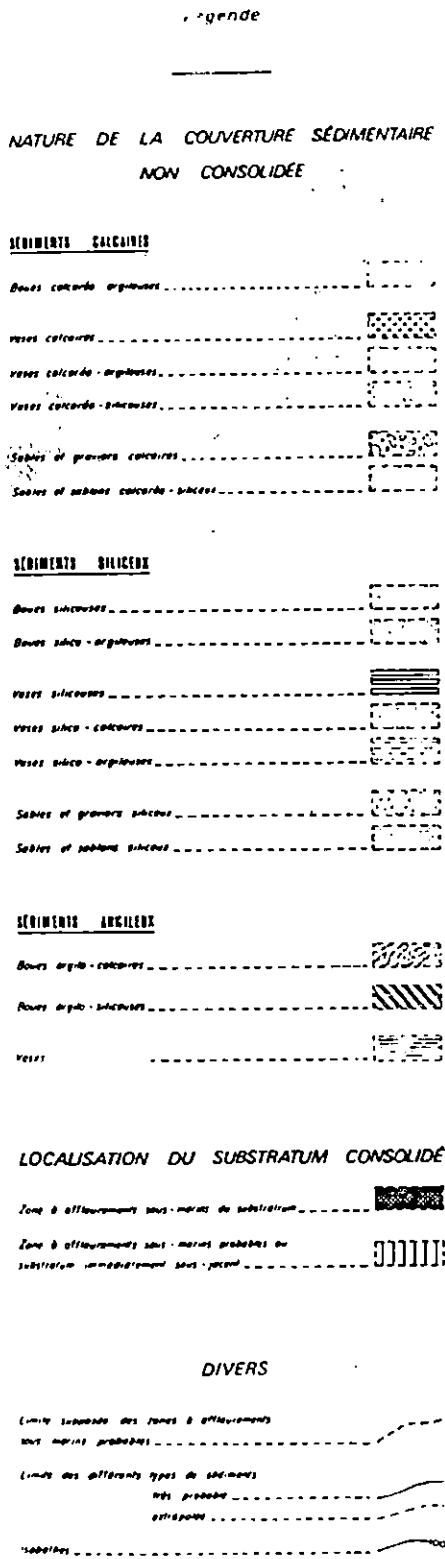
-Sédiment siliceux

Les sables et sablons forment les abords de l'oued chelif jusqu'à Mostaghanem, constituent la plage de la MACTA et développent un véritable système sablonneux entre ARZEW et MARSAT EL HADJADJ. Les vases silico-argileuses font suite vers le large à la frange sablonneuse de l'embouchure de l'oued Chelif à l'oued El abid et amorcent la transition vers les boues.

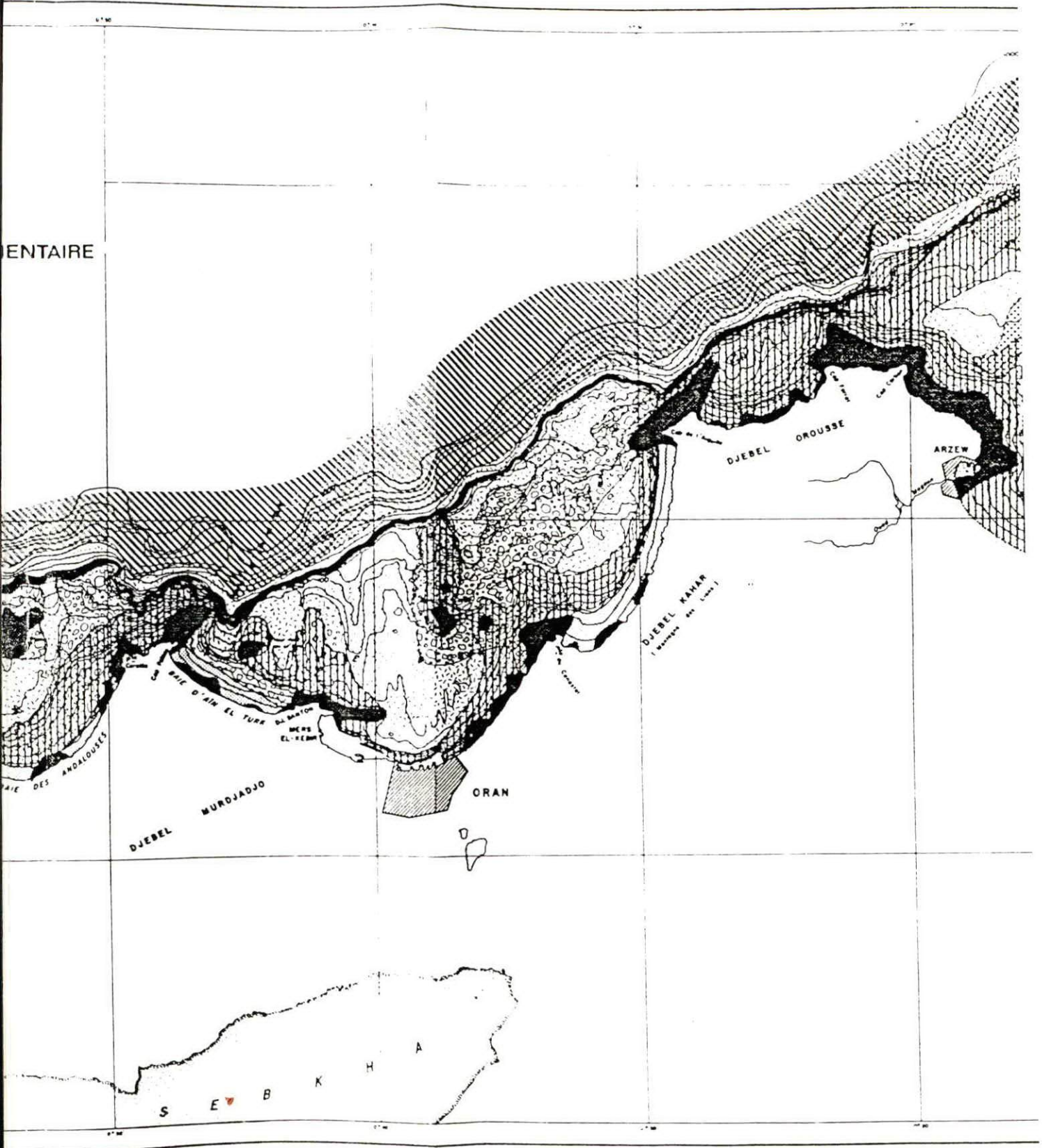
-Sédiment argileux

Les boues s'étendent devant le golfe d'ARZEW, au pied du rebord continental, tapissant l'aile ouest du meplat de la pente continentale.

-La matière organique .



ENTAIRE



Une analyse fine des résultats des dosages de la matière organique montre qu'en fait il en existe deux types : La matière organique de la vase de la vase de la vase d'ARZEW et des alentours des "bancs" calcaires pour laquelle le rapport C/N (carbone/ Azote) est compris entre 5 et 6,5, et la matière organique de la vase de l'oued Chélif des bordures littorales pour lesquelles le rapport C/N est en moyenne supérieur à 8 .

2.1.3.2.2. La région d'ORAN : (Fig 14b)

Le calcaire est le constituant majeur des sédiments, particulièrement dans la baie d'Oran et ses abords. Le plateau continental est presque tout entier tapissé par des faciès calcaire arenitique .

- Sédiment calcaire.

Ce sédiment forme quelques petits îlots disséminés entre les isobathes 100 m et 150 m.

. Sédiment calcaire arenitique : Les sables de la plate-forme continentale sont approximativement limités de ceux des rebords par l'isobathe des 100 m. Au niveau de la bordure littorale, un maerl passe progressivement vers le large à un gravier à grosse concrétions et galets. Au delà de l'isobathe des 500 m, le sédiment devient plus fin. La couverture des sables et graviers calcaires du plateau des HABIBAS est plus homogène. Les vases calcaires quant à elles, couvrent une importante superficie dans la baie d'ORAN, on les rencontre aussi dans la petite baie des Andalouses et sur le plateau continental des HABIBAS.

. Sédiment calcaire pelitique : Ces sédiments représentés par les vases calcareo-argileuses tapissent le rebord du plateau des HABIBAS.

- Sédiment silicieux :

Les sables et sablons constituent la bordure littorale de la baie d'ORAN et ses abords, il est à noter que les sables de la baie d'ORAN sont plus grossiers que ceux du golfe d'ARZEW.

- Sédiment argileux

Les boues argilo-siliceuses recouvrent le sommet de la pente continentale oranaise. En baie des Andalouses, il y'a passage de haut en bas sur 20 cm d'une boue silico-argileuse à un sable et gravier calcaire. Quant aux argiles elles

Légende

NATURE DE LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE
NON CONSOLIDÉE

SÉDIMENTS CALCAIRES

- Boues calcareo-argileuses
- Boues calcarees
- Masses calcareo-argileuses
- Masses calcareo-siliceuses
- Sables et graviers calcareux
- Sables et sables calcareo-siliceux

SÉDIMENTS SILICEUX

- Boues siliceuses
- Boues silico-argileuses
- Masses siliceuses
- Masses silico-calcaires
- Masses silico-argileuses
- Sables et graviers siliceux
- Sables et sables siliceux

SÉDIMENTS ARGILEUX

- Boues argilo-calcaires
- Boues argilo-siliceuses
- Masses argilo-calcaires

LOCALISATION DU SUBSTRATUM CONSOLIDÉ

- Zone à affaissements sans-marais de substratum
- Zone à affaissements sans-marais probables de substratum sous-développé sans-jonc

DIVERS

- Limite supposée des zones à affaissements sans-marais probables
- Limite des différents types de sédiments très probable
- Limite des différents types de sédiments certaine
- Habitats

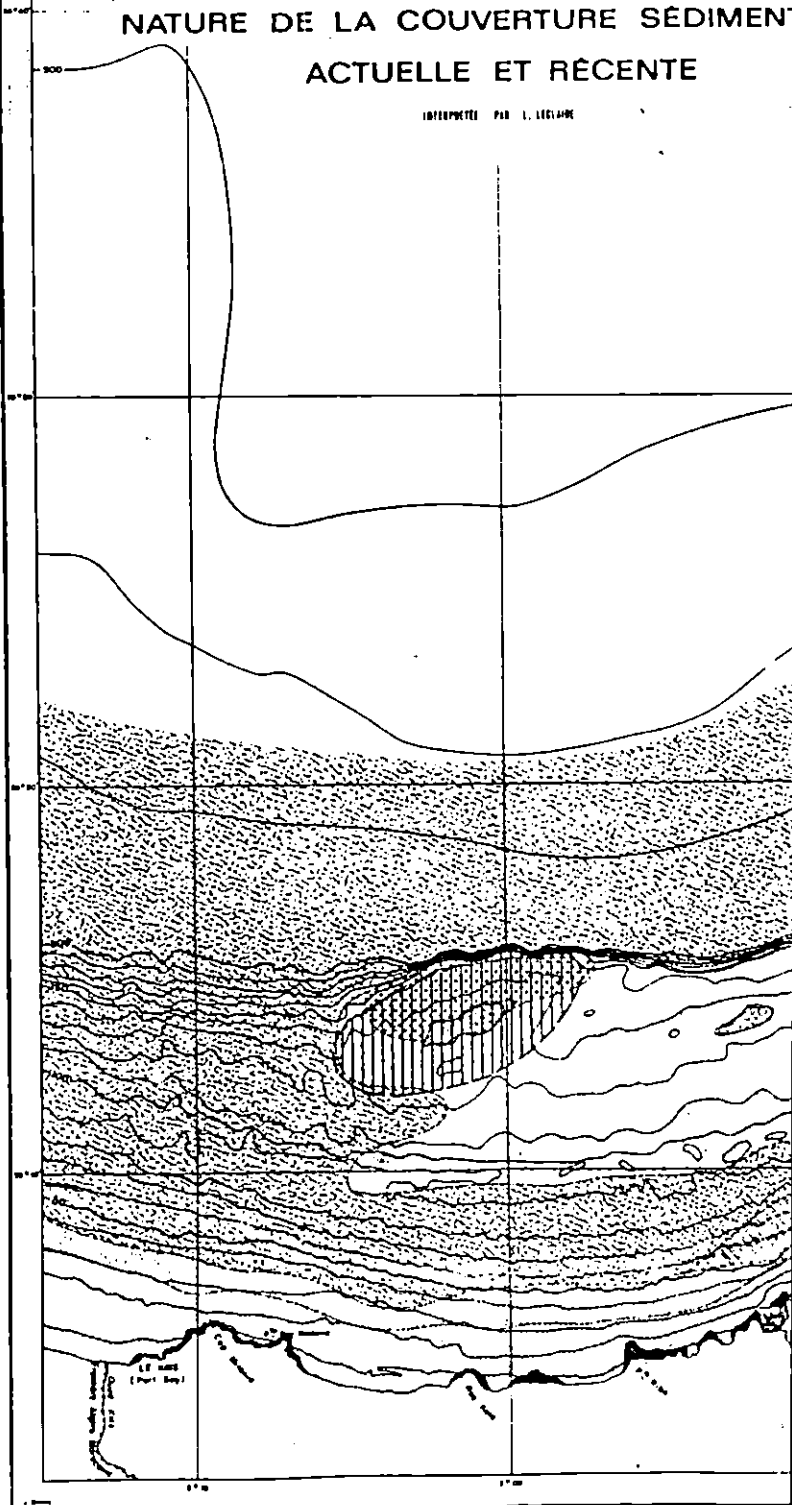
PLATEAU CONTINENTAL NORD-AFRICAIN
[ALGERIE]

Fig 14 C: Golfe de Nemours
du Cap Milonia aux Iles Habibas

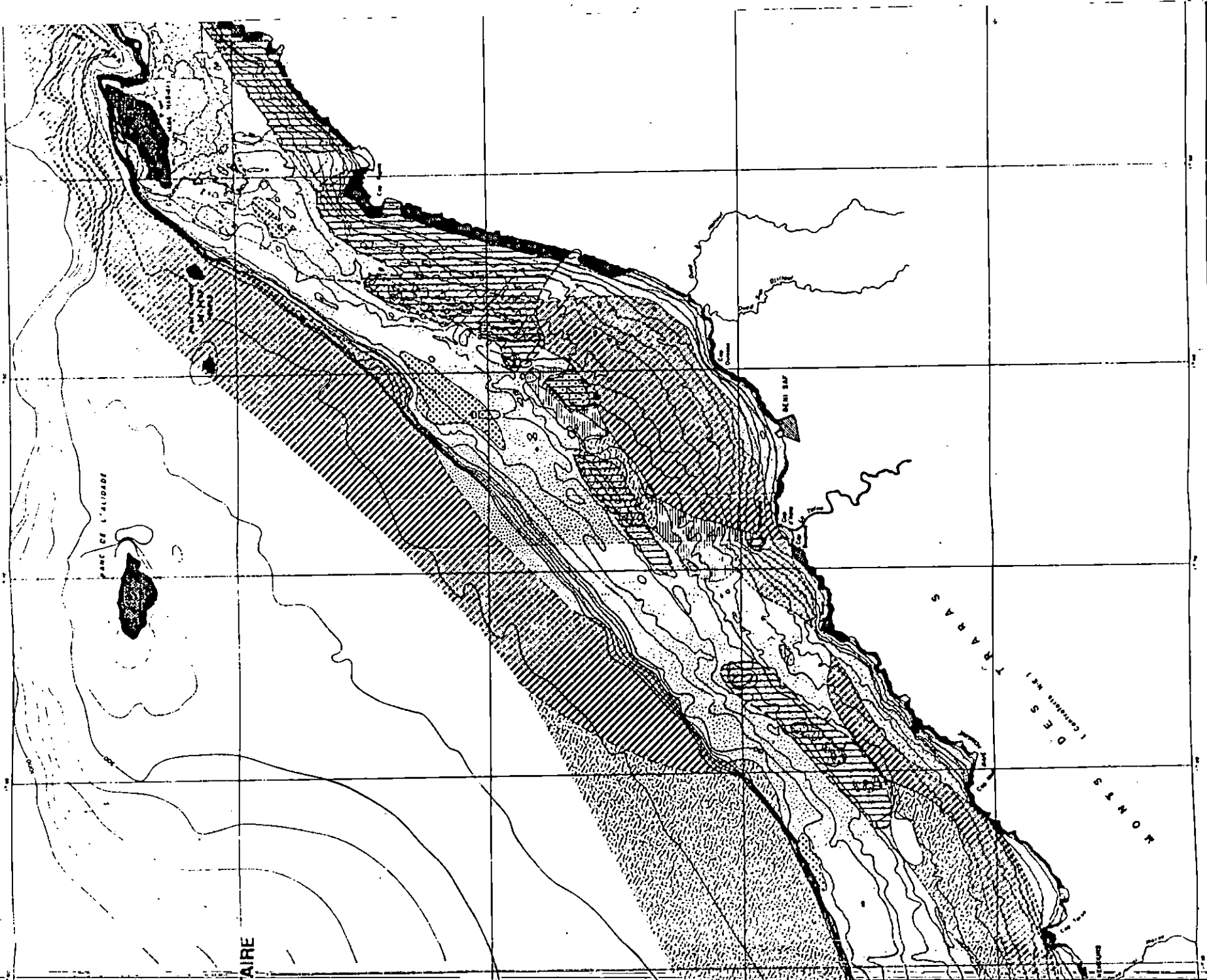
ÉCHELLE 0 2 4 8 km

NATURE DE LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE
ACTUELLE ET RÉCENTE

INTERPRÉTÉE PAR L. LEBLANC



CARTE



CAIRE

PARC DE L'ALOUADI

BENI SWAY

MONTS
DES TRARAS

sont rencontrées au niveau de la pente continentale de la baie d'ORAN.

- La matière organique.

Le sédiment de la baie d'ORAN et ses abords diffèrent nettement de ceux du golfe d'ARZEW; en effet, ils contiennent en moyenne plus de carbone organique : 0,64 % et beaucoup moins d'Azote 0,067 %.

2.1.3.2.3. Le golfe de GHAZAOUET : (Fig 14c)

Ce golfe fait transition entre la plateforme continentale étroite de la baie d'ORAN à revêtement calcaire et le large plateau continental compris entre Béni-Saf et la frontière marocaine, on assiste au développement vers l'ouest d'un faciès argileux qui se substitue aux faciès calcaires ou calcareo-argileux.

- Sédiment calcaire

Les sables et graviers sont peu répandus dans le golfe de GHAZAOUET, ils forment quelques petits îlots disséminés entre les isobathes 100 m et 150 m. Les vases calcaires sont rencontrées au large à 130 et 150 m.

- Sédiment silicieux

Les sables silicieux grossiers s'étendent au large de GHAZAOUET. Les vases calcareo-siliceuses participent à l'édification de la bordure littorale meuble entre le cap Noé et l'embouchure de la Tafna. Les vases silico-argileuses au droit de Béni-Saf semblent être un cas exceptionnel de la fraction arenitique. C'est un mélange de la partie la plus fine des sables de l'avant plage.

- Sédiment argileux.

Les boues argilo-calcaires constituent un véritable faciès très étendu sur la plate forme continentale et le rebord du golfe de GHAZAOUET.

- La matière organique.

La matière organique est très homogène et de même composition au niveau de tous les échantillons de la région.

2.2. METHODOLOGIE : (Fig 15)

Plusieurs méthodes ont été établies pour doser la teneur en hydrocarbures totaux dans les divers éléments de

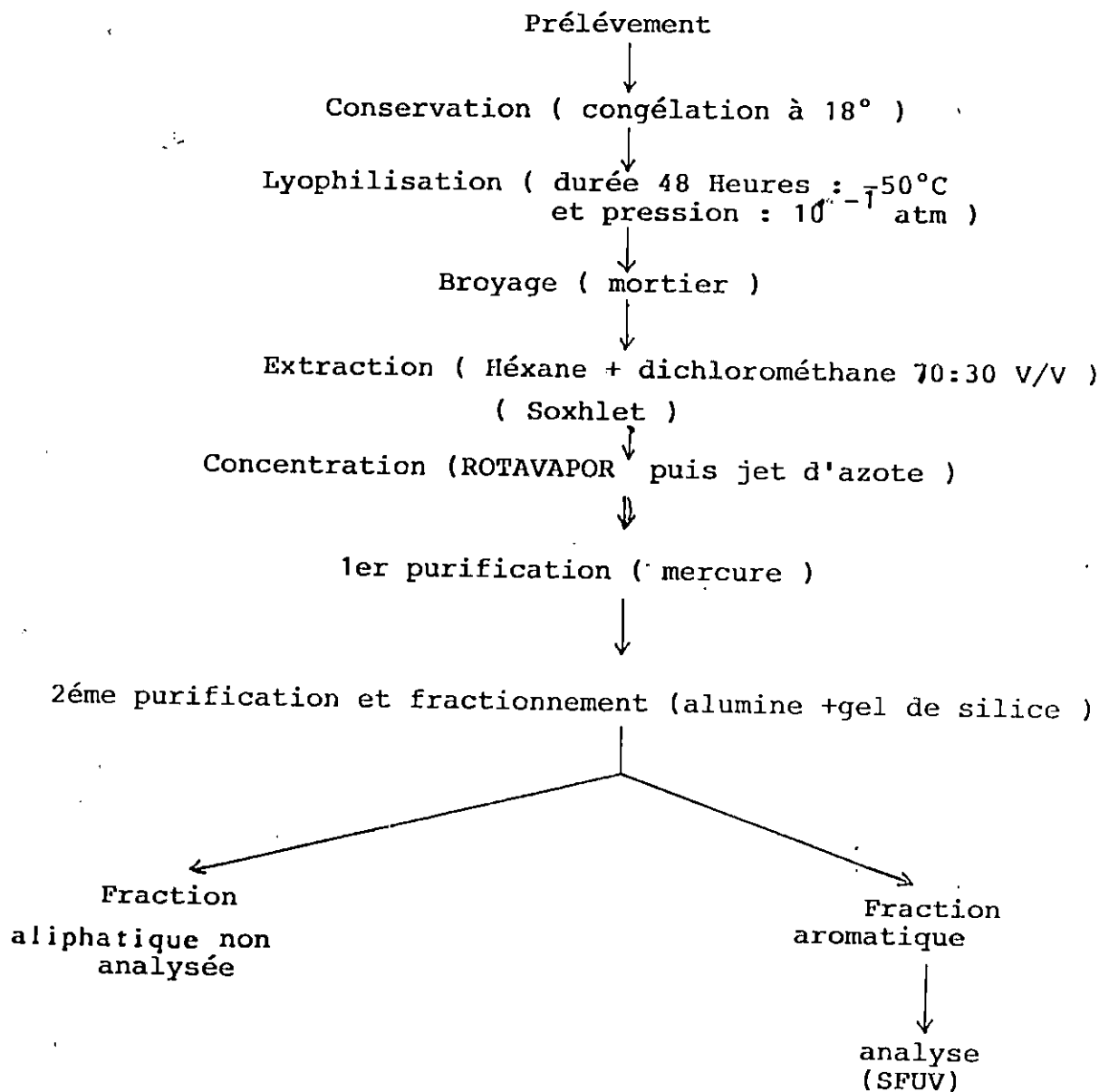


Fig 15 : ETAPES DE TRAITEMENT DES SEDIMENTS

l'environnement marin afin d'évaluer l'état de pollution pétrolière; cependant toutes ces études concernant ces analyses doivent comprendre les étapes suivantes : (Aminot et Chauss-pied, 1983) :

- Préparation des échantillons
- Extraction des matières qui contiennent les fractions d'hydrocarbures en utilisant un ou plusieurs solvants organiques.
- Séparation des hydrocarbures de l'extrait organique en général par purification sur colonne à adsorbants (1 ou 2).
- Dosage global ou partiel des hydrocarbures à l'aide de différentes techniques (chromatographie, infra-rouge, spectrométrie de masse, spectrofluorimétrie, etc...)

2.2.1. Travaux effectués à bord du bateau :

- Matériel utilisé.
 - . Une benne type "VAN VEEN" pour le prélèvement du sédiment.
 - . Spatule de laboratoire
 - . Un pHmètre
 - . Un oxymètre
 - . Des pilluliers en verre et du papier aluminium
 - . Une pipette automatique
 - . Bechers - burette
 - . Agitateur magnétique
 - . Baromètre

Les engins de prélèvement eux même sont des sources potentielles de contaminations diverses; la manipulation du matériel d'échantillonnage doit donc se faire avec le plus grand soin.

2.2.1.1. Mesure des paramètres physico-chimiques :

2.2.1.1.1. Température et oxygène dissous :

- Température : Certains utilisent des thermomètres à renversement KURT & GOHLA dont la précision est donnée à 0,01°C.
- Oxygène dissous : La mesure peut se faire par la méthode chimique de WINKLER, par chroma-

-tographie en phase gazeuse, ou par la méthode électrochimique qui a été choisie lors de notre travail vu son avantage de pouvoir mesurer "in situ" la température et l'oxygène dissous.

Nous avons utilisé un oxymètre de type (WTOXI92) muni d'une sonde électrolytique isolée par une membrane. Cet appareil mesure l'oxygène dissous en mg/l avec une précision de 0,5 mg/l et la température en °C avec une précision de 0,01 °C et ce, après avoir plongé la sonde électrolytique à la profondeur désirée.

Avant son utilisation, l'oxymètre est étalonné grâce à un baromètre.

2.2.1.1.2. Le pH :

Ce dispositif utilisé est un PH de type "Beek'man" avec une électrode combinée.

L'étalonnage se fait avec deux solutions standards : la première est à pH 4, la seconde est à pH 7.

La procédure se fait alors comme suit :

On plonge l'électrode dans la solution standard pH 4 et, à l'aide d'un potentiomètre, on ajoute le premier point de la pente, on retire l'électrode, on la rince à l'eau distillée, on l'essuie puis on la replonge dans la solution standard pH 7. Après cela, on ajuste le deuxième point de la pente et l'appareil est prêt pour la mesure du pH.

Notons qu'afin de stabiliser le PHmètre, celui ci est allumé une heure à deux avant son utilisation.

2.2.1.2. Prélèvement des échantillons :

Le prélèvement de sédiments est effectué à l'aide d'une benne type "VAN VEEN" constituée de deux éléments formant des mâchoires qui pénètrent dans le sédiment par gravité en position ouverte (Fig 16).

Les échantillons sont récupérés à l'aide d'une spatule en acier inoxydable en évitant le contact avec les parois de la benne et sont ensuite mis dans des piluliers en verre sur lesquels sont portées des étiquettes comportant les indications nécessaires sur les stations et, dont le couvercle est isolé de

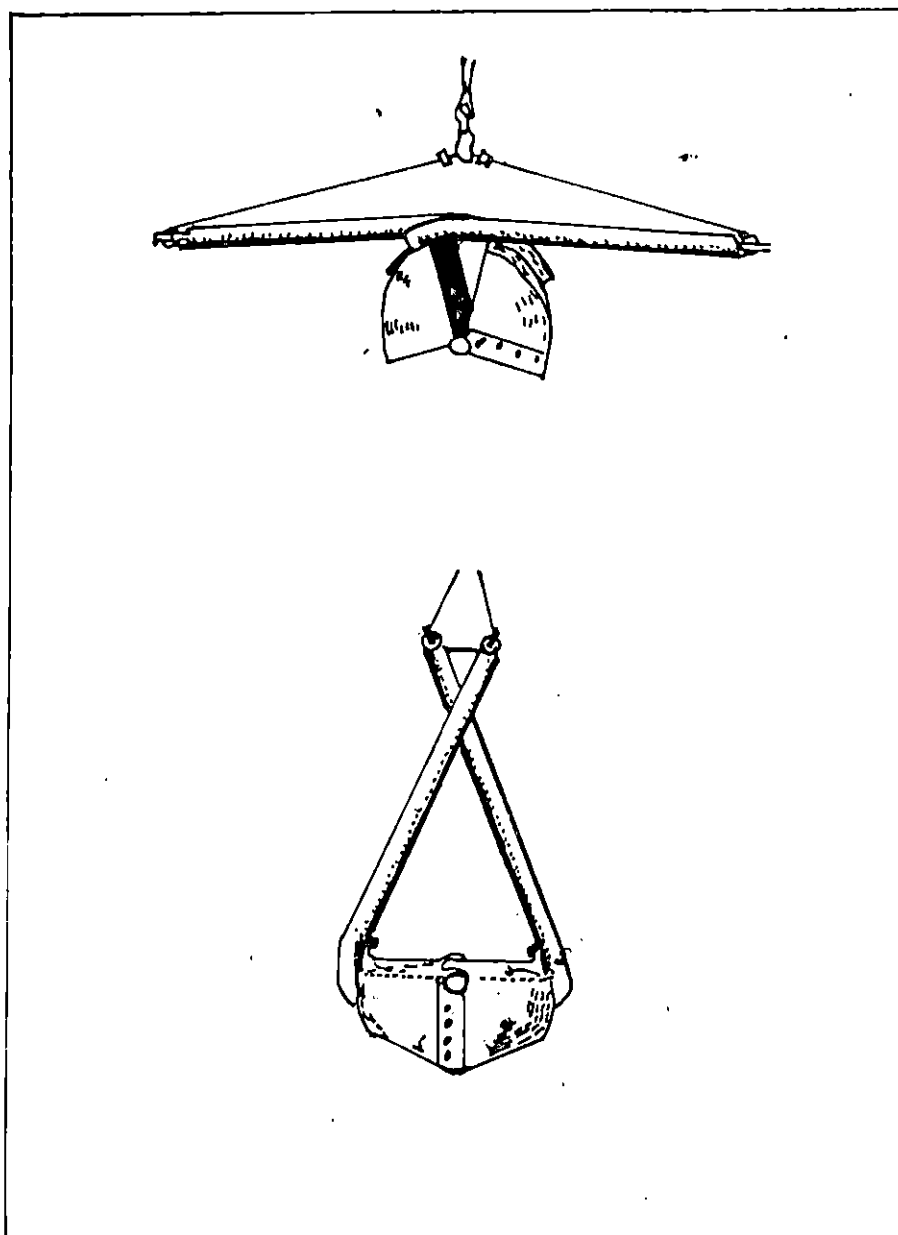


FIG 16 SCHEMA DU FONCTIONNEMENT
DE LA BENNE " VAN VEEN "

l'échantillon par une feuille de papier aluminium rincé au solvant. Les sédiments destinés au traitement sont immédiatement conservés dans un congélateur à -18°C . Les pertes éventuelles par évaporation ou par action microbienne amènent à limiter les temps de stockage et pratiquer les extractions très rapidement après le prélèvement.

2.2.2. Travaux effectués au laboratoire :

Au laboratoire, les manipulations sont effectuées dans les conditions optimales de propreté; nous avons donc procédé au traitement de la verrerie de la façon suivante :

- Lavage au détergent.
- Nettoyage à l'eau acidulée.
- Rinçage à l'eau distillée.
- Séchage à l'étuve
- Rinçage aux solvants: Méthanol ou Acétone puis Héxane.

Matériel utilisé :

- . Verrerie : Flacons à col rodé (100 ml), pillu-
-liers en verre (pour la conservation des sédiments), tubes à
essais (pour la conservation des extraits), éprouvettes gra-
-duées, colonne de chromatographie.
- . Mortier en porcelaine.
- . Extracteur Soxhlet
- . Lyophilisateur
- . Agitateur mécanique
- . Appareil:Evaporateur rotatif
Balance de précision
SPECTROFLUORIMETRE ULTRA-VIOLET
- . Réactifs : solvants organiques (n.héxane, dichloro-
-méthane, Méthanol et acétone)
- Sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4)
- Azote pur
- Gel de silice (70-230 mesh)
- Alumine
- Mercure
- Boiling chips

Notons que l'alumine et le gel de silice ont été acti-

-vés à 150°C pendant 12 heures avant leur utilisation et que le sulfate de sodium anhydre a été déshydraté. Tous les produits chimiques doivent de pureté garantie pour l'analyse.

2.2.2.1. Prétraitement des échantillons :

Lyophilisation, broyage et homogénéisation du sédiment :

Les échantillons de sédiments congelés ont subi en premier lieu une lyophilisation pendant 48 heures à une température de -50°C et une pression de 10^{-1} atmosphères. Ce phénomène est un procédé physique durant lequel l'eau contenue dans le sédiment sous forme de glace est directement sublimée sans passer par la phase liquide.

Une fois lyophilisé, les échantillons sont broyés dans un mortier en porcelaine puis homogénéisés à l'aide d'un agitateur mécanique (30 tours/mn) pendant 24 heures.

2.2.2.2. Traitement des échantillons :

2.2.2.2.1. Extraction :

Le dispositif essentiel durant cette phase est l'extracteur Soxhlet (Fig 17). Avant l'extraction, 5 g de sédiments lyophilisés additionnés à 1 g de sulfate de sodium anhydre, qui permet l'élimination des gouttelettes d'eau présente éventuellement dans le solvant, sont déposés dans une cartouche en cellulose, le tout est par la suite placé dans le Soxhlet.

Les flacons à cols rodés contiennent un solvant constitué d'un mélange d'héxane et de dichlorométhane à volume égal (50/50 V/V). Des grains de boiling chips y sont rajoutés afin d'uniformiser la température.

Durant les 16 heures d'extraction, un rinçage de ce mélange a lieu de façon continue. A la fin de l'opération, on récupère l'extract. L'extraction est une phase importante, celle ci est plus complète quand le traitement se fait par un mélange binaire. (Awad, 1980)

2.2.2.2.2. Concentration :

Ce procédé se fait à l'aide d'un évaporateur rotatif (rota vapor) à une température égale à 40°C.

L'échantillon réduit à 5 ml subit une deuxième concentration sous jet d'azote. Le volume final récupéré dans

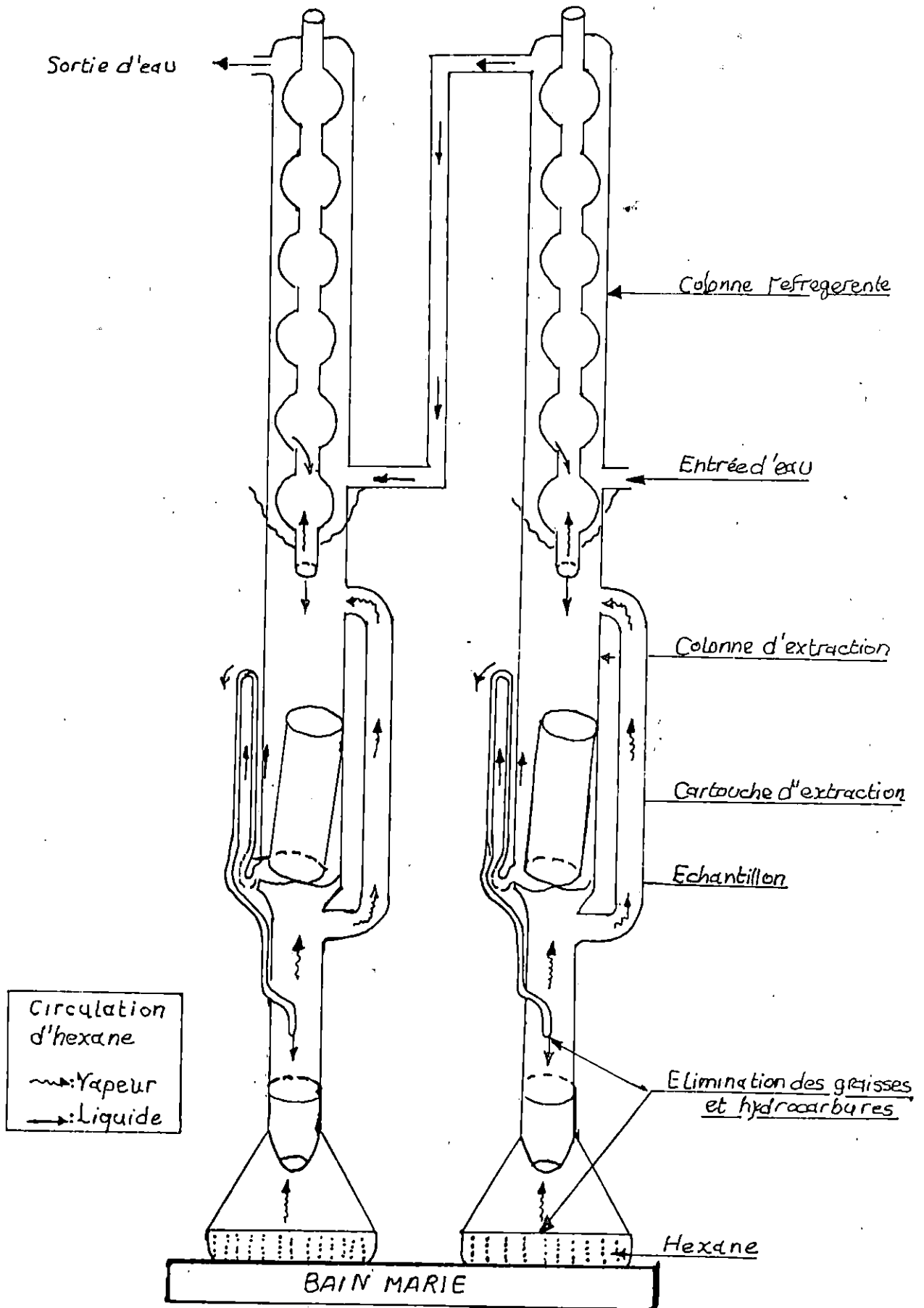


FIG 17 DISPOSITIF D'EXTRACTION " SOXHLET "

le tube à essai est de 2 ml. Cette opération permet d'augmenter la concentration d'hydrocarbures à analyser.

2.2.2.2.3. Purification et fractionnement :

- Élimination des composés soufrés :

Durant cette étape, les composés soufrés extraits en même temps que les hydrocarbures sont éliminés en additionnant à l'extrait récupéré deux gouttes de Mercure.

- Élimination des composés polaires et fractionnement :

Le fractionnement permet l'élimination des composés polaires en même temps que la séparation des deux fractions, aliphatique et aromatique d'hydrocarbures.

Cette opération est réalisée par chromatographie liquide sur colonne ouverte de 1,3 cm de diamètre interne (Fig18) dans laquelle sont posés dans cet ordre respectif les éléments suivants préalablement extraits :

- Un tampon de laine de verre
- 5 gr d'alumine
- 5 gr de gel de silice
- 1 gr de sulfate de sodium anhydre

L'extrait est introduit à la tête de la colonne qui a été préalablement conditionnée par passage successif d' :

- Hécane (10 ml)
- Hécane / Dichlorométhane 70/30 V/V (10 ml)
- Hécane (10 ml)

Nous opérons alors une :

- Elution à l'hécane et récupération de la fraction aliphatique F1 (20 ml).
- Elution avec un mélange Hécane - dichlorométhane (70/30 V/V) et récupération de la fraction aromatique F2 (20 ml).

2.2.2.3. Analyse :

Plusieurs techniques peuvent être utilisées dans ce but, nous exposons le principe de quelques unes d'entre elles :

2.2.2.3.1. La spectrométrie infra rouge :

Elle permet une approche quantitative réelle de la mesure des hydrocarbures totaux dans un échantillon marin, elle permet en outre l'étude dans la région d'absorption infra rouge

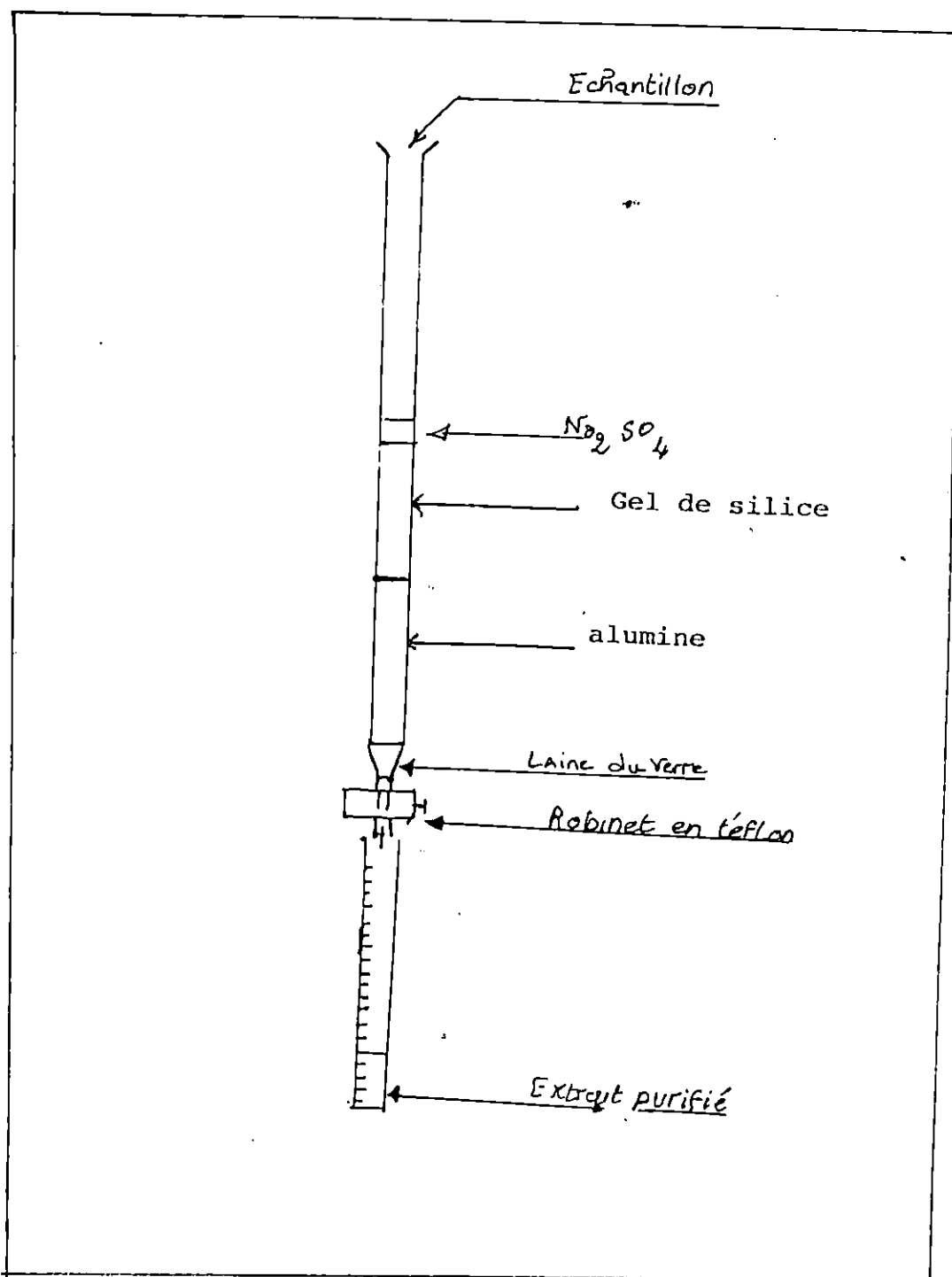


FIG 18: COLONNE DE CHROMATOGRAPHIE POUR LA PURIFICATION

des carbonyles et des hydroxyles de l'oxydation du polluant pétrolier.

La sensibilité de la méthode est faible, néanmoins cette dernière donne un indice globale de la contamination par les hydrocarbures totaux. Cette méthode s'applique à tous les hydrocarbures extractibles au tétrachlorure de carbone susceptibles d'absorber le rayonnement infra rouge dans la région comprise entre 2800 et 3000 cm^{-1} correspondant aux différentes vibrations de valence C-H des groupements CH_3 , CH_2 et CH.

2.2.2.3.2. La chromatographie en phase gazeuse : (CPG)

Principe proposé par Martin et Synge en 1941, La CPG est fondée sur les différences existant dans les coefficients de séparation des différents composants d'un mélange entre une phase fixe et une phase mobile (Tranchant et Al, 1989). Cette méthode permet une analyse directe de la fraction aliphatique des hydrocarbures.

2.2.2.3.3. Le couplage chromatographie gazeuse / Spectroscopie de masse : (GC/MS)

La GC/MS permet des identifications beaucoup plus précises, bien que la différenciation entre les isomères de mêmes masses moléculaires soit rarement possible. La qualification des hydrocarbures individuels reste donc difficile, ce qui limite son application à quelques échantillons pré-sélectionnés. En conséquence, des mesures globales s'avèrent intéressantes.

2.2.2.3.4. La chromatographie en phase liquide à haute performance : (HPLC)

Elle est beaucoup plus utilisée pour la séparation des hydrocarbures polyaromatiques, ceci provient du fait que le détecteur fluorimétrique est assez spécifique aux hydrocarbures polyaromatiques à des longueurs d'onde d'excitation et d'émission bien choisies.

2.2.2.3.5. La chromatographie en phase supercritique : (SFC)

La chromatographie en phase supercritique utilise une phase mobile qui est un gaz comprimé à (ou au delà de) sa température T_c et sa pression critique P_c .

La clé de l'efficacité et de la souplesse de la SFC est la possibilité de modifier la densité de la phase mobile impliquant une modification des propriétés chromatographiques les plus importantes du fluide supercritique telles que la solvatisation, la diffusion et la viscosité.

La SFC permet l'analyse de nombreux composés difficiles ou impossibles à séparer par d'autres techniques, elle est particulièrement utilisée pour l'analyse des mélanges complexes à hauts poids moléculaires ou de substances thermolabiles (polymères, produits alimentaires, produits pharmaceutiques, pesticides, et produits pétrochimiques, etc...)

2.2.2.3.6. Le couplage de la chromatographie en phase dioxyde de carbone supercritique avec la spectrométrie infra rouge à transformée de FOURRIER : (Morin, 1987)

Bien adaptée à la séparation et l'identification de composés peu volatils ou thermosensibles comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques, cette méthode est intéressante de par son type de détection qui provient de la possibilité de détecter sélectivement grâce à leurs spectres infra rouge différents deux composés élués en même temps en effectuant l'enregistrement infra rouge au début et à la fin du pic chromatographique.

2.2.2.3.7. La spectrofluométrie ultra-violet :

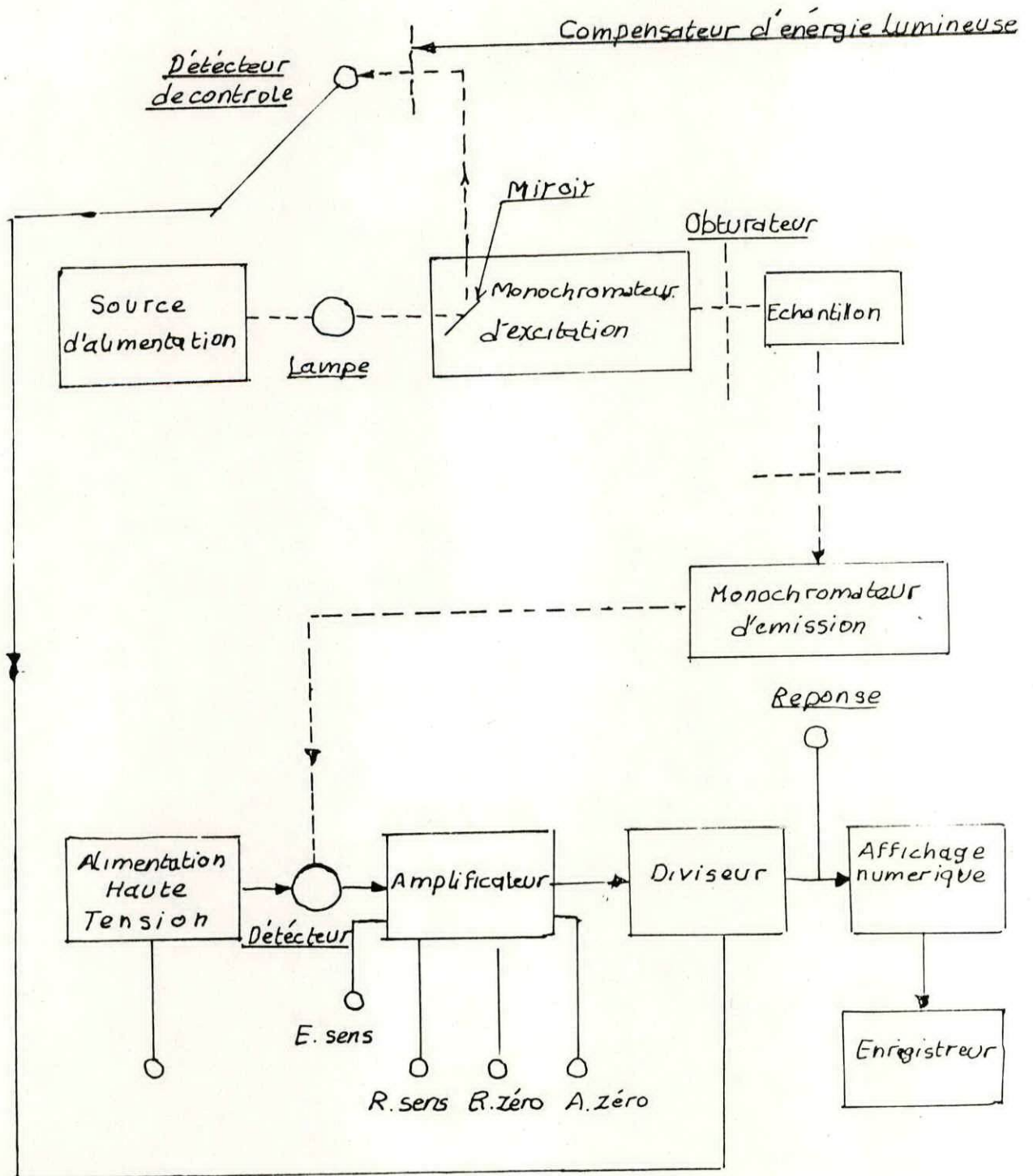
La méthode utilisée lors de notre étude est la technique basée sur la fluorimétrie, acceptable pour les mesures qualitatives et présente l'avantage d'être exécutée rapidement sans difficultés expérimentales majeures. L'UNESCO (1977) préconise cette méthode pour la surveillance de la pollution par les hydrocarbures en mer.

2.2.2.3.7.1. Principe de spectrofluorimétrie :

La fluorescence est le phénomène par lequel une molécule, après absorption de radiations, émet des radiations d'une certaine longueur d'onde. Ainsi un composant peut absorber des radiations dans la zone ultra-violet et émettre de la lumière visible (Bryan et Wilson, 1975)

La spectrofluorimétrie mesure l'émission de fluorescence des molécules soumises à un rayonnement d'excitation ULTRA-VIOLET.

A l'état normale, une molécule occupe un niveau électronique fondamentale. Si cette molécule est soumise à un apport d'énergie suffisant (sous forme de rayonnement ultra-violet), elle passe à un niveau d'énergie électronique supérieur dit "excité". Si ce rayonnement est suffisamment énergétique, il



LEGENDE :

- Trajet électrique
- Trajet optique
- R. sens Reglage de la sensibilité
- R.zéro Reglage du zéro
- A.zéro: ... Atténuation du zéro
- E.sens: ... Echelle de sensibilité

FIG 19 DIAGRAMME DU FONCTIONNEMENT DU SPECTROFLUORIMETRE ULTRA-VIOLET

y'aura un saut jusqu'à un niveau d'énergie beaucoup plus élevé dit d'"ionisation". Cette molécule va retomber à un niveau énergétique inférieur suite aux chocs intermoléculaires par conséquent : perte d'énergie. La molécule va revenir à son état fondamental en émettant un rayonnement de fluorescence.

Cette technique ne s'applique pas aux hydrocarbures aliphatiques (liaisons C-H) mais s'applique aux molécules possédant des liaisons doubles conjuguées et donc aux hydrocarbures aromatiques. Les teneurs mesurées ne représentent pas les concentrations absolues mais fournissent un indice de pollution par les hydrocarbures (Marchand, 1983).

L'émission de fluorescence est mesurée entre 310 et 500 nm. La fluorescence maximale se situe habituellement à 360 nm.

La limite de détection est de l'ordre de 0,1 µg.

Au sein de notre laboratoire, nous disposons d'un spectrofluorimètre HITACHI modèle 650 S équipé d'une lampe à Xénon avec des fentes allant de 1,5 nm à 20 nm; C'est un appareil à balayage allant de 220 à 830 nm (Fig 19)

- Etalonnage de l'appareil :

Le chrysène est utilisé comme hydrocarbure d'intercalibration afin d'effectuer l'etalonnage d'appareils entre laboratoires (UNESCO, 1977)

2.2.2.3.7.2. Préparation des solutions standards :

Pour le calcul des concentrations d'hydrocarbures, l'obtention de la courbe étalon est nécessaire; pour cela des solutions standards ont été préparées à partir d'une solution mère à 100 µg/l obtenue en dissolvant 1 mg de chrysène solide dans 10 ml d'Héxane.

De cette solution mère, nous avons préparé des solutions standards à partir des concentrations suivantes choisies :

C 1 = 0,15 µg/ml

C 2 = 0,25 µg/ml

C 3 = 0,5 µg/ml

C 4 = 0,70 µg/ml

C 5 = 1,0 µg/ml

Le blanc est constitué d'Héxane.

Chaque solution standard a été placée dans une fiole puis toutes les fioles ont été mises dans un bac à ultrasons durant quelques instants afin de permettre un bon brassage.

la lecture s'est déroulée dans les conditions opératoires suivantes :

- Longueur d'onde d'émission de 310 nm
- Longueur d'onde d'excitation de 350 nm, 380 nm, 410 nm.
- Longueur d'émission et d'excitation fixées respectivement à 5 nm et 2 nm.

Il est impératif que toutes ces analyses se déroulent dans les mêmes conditions.

2.2.2.3.7.3. Calcul des concentrations :

Vu la proportionnalité existant entre l'intensité de fluorescence et la concentration des hydrocarbures aromatiques, la courbe étalon est de la forme $y = ax + b$ (Fig 20a, 20b et 20c)

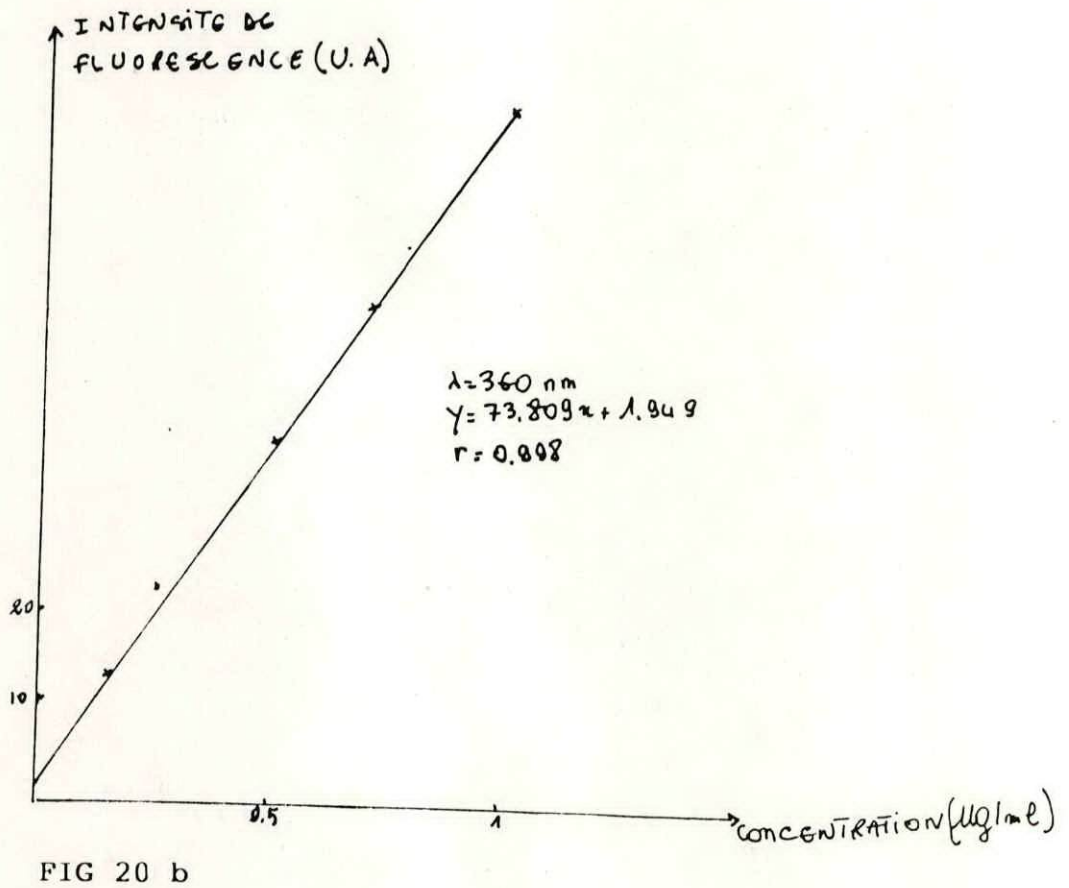
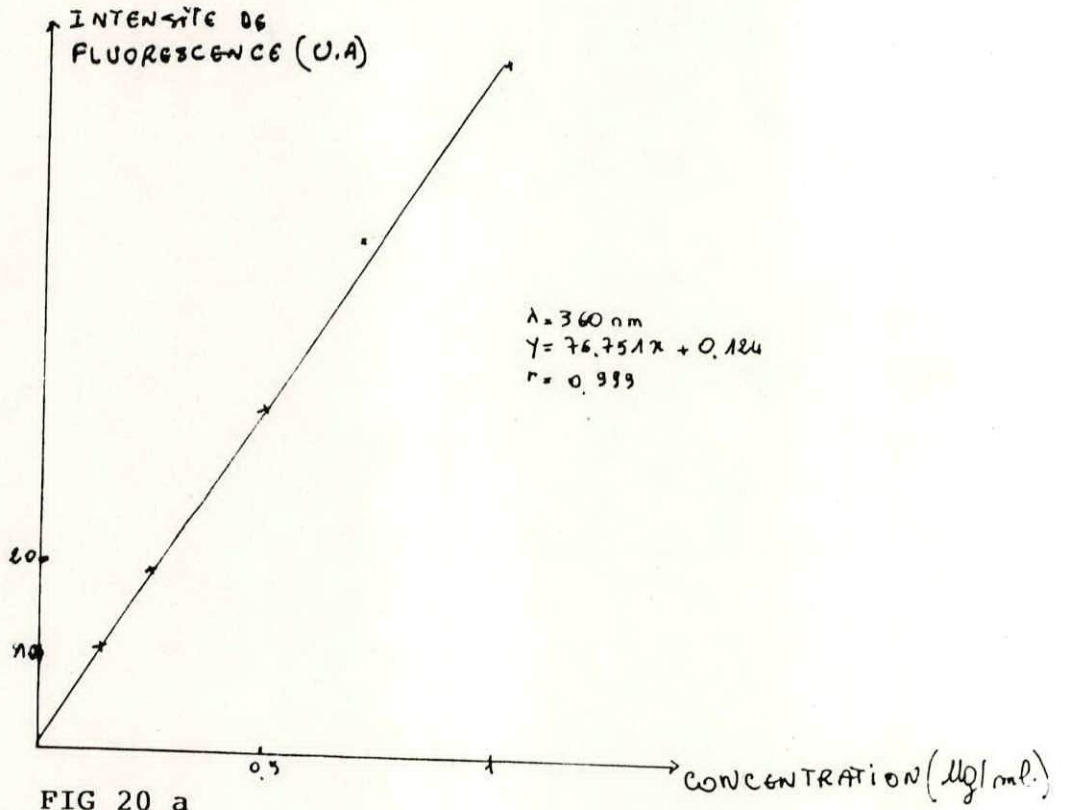
- avec
- y : Intensité de fluorescence
 - x : Concentration des hydrocarbures aromatiques
 - a : Pente
 - b : Ordonnée à l'origine.

De cette courbe, nous déterminons les concentrations d'hydrocarbures dans l'Héxane puis nous passons au calcul des concentrations dans l'échantillon en équivalent chrysène à partir de la formule suivante :

$$C_s \text{ } \mu\text{g/g} = \frac{C \cdot V_f \cdot \text{Dil} (\text{si celle ci a lieu})}{P_s}$$

- C_s : concentration des hydrocarbures aromatiques dans le sédiment en $\mu\text{g/g}$
- P_s : Poids du sédiment pris en considération lors de l'extraction (μg)
- C : Concentration des hydrocarbures dans l'extrait de l'Héxane (ou concentration intermédiaire) en $\mu\text{g/ml}$.
- V_f : Volume final de l'extrait obtenu après l'étape de fractionnement (20 ml).
- Dil : Dillution.

Après ce calcul, les seules valeurs prises en considération sont celles obtenues à l'aide de la longueur d'onde d'excitation de 350 nm, car les réponses y sont maximales.



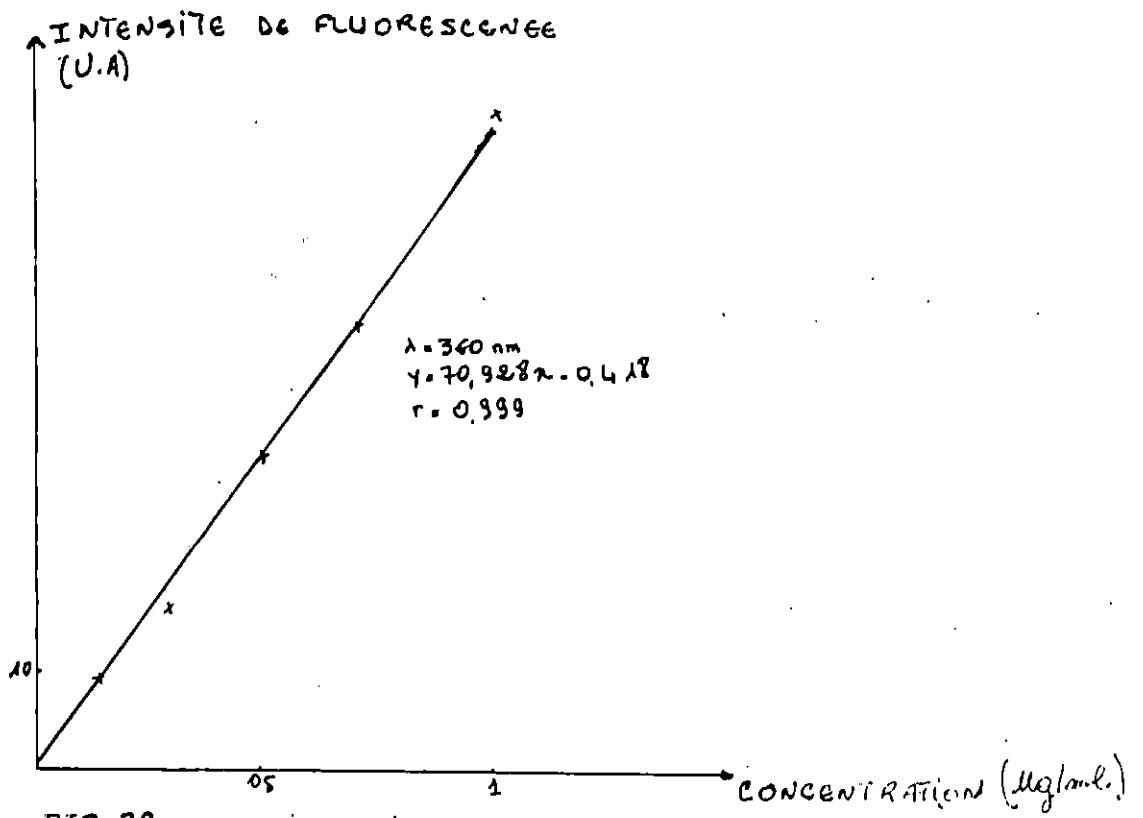


FIG 20 c

FIG 20 a, FIG 20 b et FIG 20 c :

Courbes d'étalonnage tracées par la méthode des moindres carrés

2.2.3. Exercices d'interétalonnage :

2.2.3.1. Buts des exercices d'interétalonnage :

Ceux ci nous permettent d'estimer la précision et de porter une bonne appréciation de la justesse du procédé analytique utilisé pour le dosage des hydrocarbures aromatiques qui va de la phase d'extraction jusqu'à l'analyse finale par spectrofluorimétrie ultra-violet.

2.2.3.2. Résultats fournis par le M.E.S.L :

Ces exercices peuvent être établis grâce aux échantillons standards fournis par le laboratoire d'étude de l'environnement marin (M.E.S.L) du laboratoire international de radioactivité marine (A.I.E.A.) de Monaco. Ce dernier prépare des échantillons standards de sédiments lyophilisés, codés (SD-K-1) et répartis sur plusieurs laboratoires méditerranéens qui participent aux différents programmes MED POL.

Nous présentons ci après (Tableau 3) les résultats des hydrocarbures pétroliers analysés par Spectrofluorimétrie ultra-violet des sédiments marins collectés par le M.E.S.L à partir de ses différents laboratoires .

Code du laboratoire	Hydrocarbures pétroliers (équivalents chrysène)
1	*
2	4,9
3	6,7
4	0,78
5	5,6
6	4,2
7	*
8	9,84
9	8,88
10	17,5
11	16,5
12	14,2
13	*
14	*
15	*
16	7,41
17	*
18	35
19	*
20	10,3

Les résultats sont reportés en $\mu\text{g/g}$ de poids sec.

* : pas de résultats reportés.

Tableau 3

A partir de ces résultats le M.E.S.L a procédé au calcul d'une moyenne (Tableau 4a)

Hydrocarbures pétroliers	
Nombre de laboratoire participants	13
Valeur minimale	0,78
Valeur maximale	35
Moyenne	11
Déviations standards (SD)	± 9
Coefficient de variation D%	83 %

Vu l'importance du taux de variations qui est de 83 %, le M.E.S.L a eu recours à l'application de tests statistiques (Chauvenet et Dixon) de sorte qu'une nouvelle moyenne standard est obtenue (tableau 4b)

	Hydrocarbures pétroliers	
Nombre de laboratoires participant après test de CHAUVENET	12	Nombre de laboratoires participant après test de DIXON
Intervalle de CHAUVENET	0,78-17,5	Intervalle de DIXON
Moyenne	8,9	Moyenne
Déviatation standard (SD)	$\pm 5,1$	SD
Coefficient de variation (D%)	57%	D%

2.2.3.3. Essais d'application des tests d'interetalonnage:

L'échantillon standard (SD-K-1) n'étant pas disponible en quantité suffisante au sein du laboratoire de chimie marine de l'ISMAL au moment des analyses, nous n'avons pu effectuer que deux analyses sur celui-ci par conséquent, nous nous trouvons dans l'impossibilité d'établir des tests de comparaison entre la moyenne obtenue par le M.E.S.L et nos deux valeurs égale à 5,078 Mg/g et 4,88 Mg/g.

Quoiqu'il en soit, nous constatons que ces deux valeurs rentrent dans l'intervalle fourni par le M.E.S.L, ce qui nous amène à penser, sans l'application du test, que notre méthode d'analyse serait juste.

Par ailleurs, le laboratoire de chimie marine de l'ISMAL prépare un échantillon standard de sédiment lyophilisé codé (SIIM 88) que nous avons dosé dans les mêmes conditions que nos échantillons. Ce dernier devrait être analysé plusieurs fois au niveau de notre laboratoire en présence d'un consultant du programme MED POL.

La moyenne calculée servira de référence au sein de notre laboratoire.

Ce travail fait partie d'un nouveau programme dans le but d'une meilleure uniformité des exercices d'intercalibration.

A l'heure actuelle, ce travail n'étant pas encore mis au point, nous ne possédons pas de moyennes standards du SIIM 88, nous nous contenterons d'une comparaison relative aux résultats obtenus par Yahi (1990) réalisés sur ce même échantillon.

Résultats obtenus (Mg/g)

SIIM 88

1,466

1,611

1,407

1,963

1,373

avec, m: moyenne = 1,564 Mg/g

SD: Déviation standard : 0,240

D%: Coefficient de variation : 15,4%

$m \pm 1,564 \pm 0,24 \text{ Mg/g}$

$m \pm 1,564 \pm 15,4 \%$

Résultats obtenus par Yahi (1990)

$m = 7,504 \pm 1,68 \text{ Mg/g}$ soit $m = 7,504 \pm 22,38 \%$

Le coefficient de variation trouvé (15,40 %) est inférieur à celui obtenu par Yahi (22,38 %)

Un point est à mentionner dans ce cas: nous n'avons pas effectué nos analyses dans les mêmes conditions que Yahi (1990)

qui a pratiqué ses analyses dans la zone d'Alger (centre ville) où les apports atmosphériques qui sont à l'origine des fumées industrielles et les gaz d'échappement des voitures et autres ne sont pas à sous-estimer.

Notre institut de recherche (ISMAL) ayant effectué un déménagement, il en résulte un changement dans les conditions de travail du laboratoire puisque l'institut (ISMAL) se situe à présent en dehors de la ville d'où un amoindrissement éventuel du degré de contamination par les hydrocarbures.

Conclusion :

- L'insuffisance de l'échantillon standard SD-K-1 ne nous a pas permis de tirer de conclusion ferme, néanmoins nous pouvons supposer que le dosage des hydrocarbures aromatiques dans le sédiment a été fait de façon correcte.

- Le taux de variation obtenu (15,4 %) ne fait que confirmer la précision de la méthode d'analyse, en effet, il ne montre pas une grande variation comparé à celui obtenu par le MESL qui est de 57 % .

Notons que le nombre d'échantillons traités par le MESL est supérieur au notre (n=5).

CHAPITRE TROISIEME

RESULTATS
ET
DISCUSSION

Introduction :

A l'heure actuelle nous ne disposons que de renseignements restreints sur les apports des hydrocarbures et sur les sources de pollution en Méditerranée. Néanmoins, les données recueillies sur les taux de concentrations de ces polluants dans l'écosystème marin se sont accrues au cours des dernières années spécialement en ce qui concerne les hydrocarbures dans l'eau et sur les plages. celles ci ont surtout trait à la zone littorale de sorte que l'on est moins bien renseigné sur la contamination des eaux du large. Mais on ne possède encore qu'une connaissance médiocre des qualités d'hydrocarbures contenues dans le sédiment de la région.

Dans ce présent travail portant sur l'étude de la pollution par les hydrocarbures polyaromatiques (H.P.A) le long de la côte ouest d'Algérie, nous essayerons de déterminer les teneurs de ces polluants ainsi que leurs origines et pour une interprétation plus affinée, l'analyse a été considérée de la façon suivante :

- Application de tests statistiques.
- Les H.P.A totaux dans les côtes ouest de l'Algérie.
- Application de la SFUV à mode synchronisé pour la caractérisation des H.P.A dans le sédiment.

3.1. APPLICATION DE TESTS STATISTIQUES :

Dans le but d'une analyse complète, nous avons par le biais de tests statistiques essayé d'évaluer des variations existant entre les teneurs d'hydrocarbures obtenues dans les différentes régions étudiées.

3.1.1. Choix du test statistique :

Dans notre cas, nos observations ne sont pas distribuées suivant une loi normale, et les variances ne sont pas égales. Ces deux critères n'étant pas réunis, nous avons opté pour l'utilisation d'un test non paramétrique : test U de Mann et Whitney (schwartz, 1969); ceci d'autant plus que les effectifs sont faibles (< 30).

3.1.2. Principe du test U de Mann et Withney :

Il s'agit de comparer deux séries statistiques dont les observations seront notées X pour l'une et Y pour l'autre et rangées par ordre croissant.

Soit N la somme des effectifs des échantillons :
 $N = n_a + n_b$, n_a et n_b représentant les effectifs des échantillons.

Il faudra ensuite compter pour chaque X le nombre des Y qui lui sont inférieurs et de faire la somme UYX des résultats. On peut aussi compter pour chaque Y le nombre des X qui lui sont inférieurs et faire la somme UXY.

L'utilisation de l'une ou l'autre méthode conduisent au même résultat.

Il suffit à la fin de comparer la valeur U observée à celle donnée par la table U qui donne la limite inférieure de U, avec un risque $\alpha < 5\%$.

U étant la plus petite des deux valeurs UXY et UYX.

Le test n'est significatif que si la valeur observée est inférieure ou égale à la valeur de la table.

3.1.3. Application du test U de Mann et Withney :

- Comparaison entre TENES et ARZEW

Région	Observations										
TENES X	0,96	1,320	1,602	1,783	1,873	2,145					
ARZEW Y	0,709	1,136	1,651	1,654	1,663	1,858	1,925	2,051	2,643	5,845	28,835

XY : YXYXXYYYXYXYXYYY

UYX : 1+2+2+5+6+8+ = 24

UXY : 1+3+3+3+4+5+5+6+6+6 = 42

$n_1 = 6$

$n_2 = 11$

$n_2 - n_1 = 5$

U donné par la table : 13 pour $\alpha < 5\%$

U calculé (24) est supérieur au U donné par la table (13), la différence n'est pas significative.

- Comparaison entre TENES et ORAN' :

Régions	Observations						
TENES X	0,96	1,320	1,602	1,783	1,873	2,145	
ORAN, Y	0,08	0,095	0,977	1,452	1,589	2,701	2,952

XY : YYXYXYXXXXXY

UYX : 2+3+5+5+5+5! = 25

UXY : 1+2+2+6+6 = 17

$n_1 = 6$

$n_2 = 7$

$n_2 - n_1 = 1$

U donné par la table : 6 pour $\alpha < 5\%$

U donné par la table (6) est inférieur au U calculé (17) :

La différence n'est pas significative.

- Comparaison entre TENES et GHAZAOUET :

Région	Observations											
TENES X	0,96	1,32	1,602	1,783	1,873	2,145						
GHAZAOUET Y	0,181	0,327	0,565	0,57	0,61	0,717	0,893	1,03	1,26	1,551	1,739	2,891

xy : YYYYYYYYXYYXYYXXYY

UYX : 8+10+11+12+12+12 = 65

UXY : 1+1++3+6 = 13

$$n_1 = 6$$

$$n_2 = 13$$

$$n_2 - n_1 = 7$$

U donné par la table (16) est supérieur au U (13)^{calculé} V: La différen-
-ce est significative.

- Comparaison entre ARZEW et ORAN :

Region	Observations										
arzew x	0,709	1,136	1,651	1,654	1,663	1,858	1,925	2,051	2,643	5,845	28,835
oran y	0,08	0,095	0,977	1,452	1,589	2,701	1,952				

XY : YXXYYXYYYYYYYYYYXX

UYX : 2+3+5+5+5+5+5+5+5+7+7 = 54

UXY : 1+2+2+9+9 = 23

$$n_1 = 7$$

$$n_2 = 11$$

$$n_2 - n_1 = 4$$

U est donné par la table : 16 pour $\alpha < 5 \%$

U donné par la table (16) est inférieur au U calculé (23) : La différence n'est pas significative.

- Comparaison entre ARZEW et GHAZAOUET :

Région	Observations
ARZEW X	0,708 1,136 1,651 1,654 1,663 1,858 1,925 2,051 2,643 5,845 28,835
GHAZAOUET Y	0,181 0,327 0,565 0,57 0,61 0,713 0,893 0,928 1,03 1,26 1,551 1,739 2,891

$$XY = YYYYYXYYYYYXYXXXYXXXXYXX$$

$$UXY : 1+1+1+1+2+2+5+9 = 22$$

$$UYX : 5+9+11+11+11+12+12+12+12+13+13+ = 121$$

$$n_1 = 11$$

$$n_2 = 13$$

$$n_2 - n_1 = 2$$

U est donné par la table : 37 pour $\alpha < 5 \%$

U donné par la table (37) est supérieur au U calculé (22) : La différence est significative.

- Comparaison entre ORAN et GHAZAOUET :

Région	Observations
ORAN X	0,08 0,095 0,977 1,452 1,589 2,701 2,952
GHAZAOUET Y	0,181 0,327 0,565 0,57 0,61 0,713 0,893 0,928 1,03 1,26 1,551 1,739 2,891

XY : XXYYYYYYYYXXYYXXYYXX

UXY : 8+10+11+12+13 = 54

UYX : 2+2+2+2+2+2+2+2+3+3+4+5+6 = 37

$$n_1 = 7$$

$$n_2 = 13$$

$$n_2 - n_1 = 6$$

U donné par la table : 20 pour $\alpha < 5 \%$

U donné par la table (20) est inférieur au U calculé (37) : La différence n'est pas significative.

Conclusion :

L'application du test statistique U de Mann et withney nous a permis de porter une analyse de variations dans la distributions des concentrations d'hydrocarbures dans le sédiment et aboutir au fait que, pour un risque $\alpha < 5 \%$:

- La distribution des teneurs en hydrocarbures dans les sédiments des régions de TENES, ORAN et ARZEW ne présente pas de différence significative.

- La distribution des teneurs en hydrocarbures dans les sédiments des régions de TENES, et GHAZAOUET présente une différence significative.

- La distribution des teneurs d'hydrocarbures dans les sédiments d'ARZEW et GHAZAOUET diffère significativement.

- La distribution des concentrations d'hydrocarbures dans les sédiments d'ORAN et GHAZAOUET ne présente pas de différence significative.

Apartir de ces résultats obtenus grâce au test statistique U de Mann et Withney, nous pouvons déduire que la région d'ORAN est une zone tampon entre GHAZAOUET et ARZEW-TENES.

3.2. LES H.P.A TOTAUX DANS LES COTES OUEST DE L'ALGERIE :

Dans le but de cerner au mieux l'analyse spatiale et d'avoir le maximum d'information sur la contamination de la côte étudiée (ouest) par les H.P.A, nous avons dressé le schéma d'interprétation suivant :

- Présentation des paramètres physico-chimiques.

- Analyse spatiale des teneurs dans les sédiments marins de la zone d'étude, pour cela un regroupement par secteurs des stations de prélèvements des différentes régions a été fait afin de mieux suivre la répartition de ces polluants.

- Pour avoir une étude plus complète nous essayerons d'intégrer nos résultats à ceux obtenus en Méditerranée et même dans d'autres mers. Cependant, ceci n'est pas facile car plusieurs paramètres doivent être pris en considération lors de la corrélation particulièrement : la méthode d'analyse utilisée, la profondeur considérée, la nature du fond correspondant ainsi que l'agitation de l'eau qui affecte beaucoup la sédimentation.

- Essai d'établissement d'un constat de pollution le long de la côte étudiée afin de deceler la zone de référence par rapport à laquelle nous nous reporterons.

- Enfin une conclusion portera sur cette section.

3.2.1. Paramètres physico-chimiques :

Les paramètres physico-chimiques conditionnent le comportement des hydrocarbures dans le milieu marin, c'est pourquoi l'étude de ces paramètres est utile et nécessaire.

Le PH joue un rôle primordial dans l'eau à la fois dans les propriétés physico-chimiques, dans les processus biologiques et dans l'efficacité de certains traitements (coagulation adoucissement, contrôle de la corrosion, chloration).

D'autre part l'oxygène dissous permet de maintenir la qualité de l'eau notamment son goût ou son degré d'asepsie, il est aussi essentiel pour la survie de nombreux organismes aquatiques et dans la détermination de la charge de pollution organique d'une eau. En effet, celui ci est fonction de la demande d'oxygène que le milieu exerce afin d'oxyder et donc de minéraliser ces matières organiques.

Les résultats de mesure des paramètres physico-chimiques obtenus au cours de la campagne effectuée en Février 1990 sur la côte ouest de l'Algérie sont reportés en annexe (tableaux 10a, 10b, 10c et 10d)

- Oxygène dissous : Les teneurs en oxygène dissous varient globalement dans l'intervalle [5,4-9,9] . Cet intervalle parait dans une certaine mesure important, il faut tout de même signaler que les plus faibles teneurs allant de 5,4 et 6,8 mg/l ont été rencontrées à la station Q60. Le reste des mesures varie réellement dans l'intervalle [7,16-9,9] mg/l, la valeur maximale étant de 9,9 mg/l est enregistrée dans la station O (îles HABIBAS).

Des teneurs très élevées allant de 12,4 à 13,6 mg/l ont été observées à l'intérieur de l'oued TAFNA; nous attribuons ceci à la relation inverse existant entre ce paramètre et le facteur salinité qui influe directement sur la solubilité de l'oxygène ainsi que sur la vitesse de transfert et la répartition de ce gaz dans l'eau, d'où une sursaturation de l'oued en oxygène dissous, ceci est également dû au renouvellement d'eau qui se fait dans tout oued en écoulement.

- Le pH : Le pH des eaux aussi bien de surface que de profondeur ne montre pas de variations importantes, il reste compris entre 7,98 et 8,49. La valeur la plus élevée est enregistrée à la station I20 (oued Chélif).

- La température : Les températures observées ne varient pas de façon significative. Elles sont homogènes (verticalement et horizontalement) et caractéristiques de la saison hivernale (Février 1990). La valeur maximale est 17,3°C enregistrée à la station R20 (GHAZAOUET) et la valeur la plus basse est observée à la station S60 au niveau de la frontière Algéro-Marocaine (Mers Ben M'hidi).

Boudjellal (1989) a enregistré des valeurs similaires au cours de son étude du golfe d'ARZEW. Ses valeurs variaient dans l'intervalle [15,1 -17] °C en début de saison hivernale.

3.2.2. Analyse spatiale des résultats :

Les résultats obtenus après analyse des sédiments de la côte ouest algérienne par SFUV sont consignés dans les tableaux (5,6,7 et 8)

- Région de TENES : (tableau 5)

. Ville de TENES : à proximité du port(radiale G) :

Au niveau de cette radiale, les teneurs en H.P.A fluctuent dans l'intervalle [0,96-1,783] $\mu\text{g/g}$ avec une concentration moyenne de $1,354 \pm 0,412 \mu\text{g/g}$. La teneur la plus élevée est détectée à la station G40 (1,783 $\mu\text{g/g}$) sur un sédiment essentiellement vaseux. La plus faible teneur (0,96 $\mu\text{g/g}$) se rencontre à la station G20 caractérisé par l'existence d'un sédiment sableux-vaseux. Par ailleurs une teneur relativement importante (1,320 $\mu\text{g/g}$) est enregistré à la station G60 sur un sédiment vaseux mais reste moins élevée que celle relevée à la station G40 (1,783 $\mu\text{g/g}$). Ces deux stations (G40 et G60) sont sou-

-mises à la même source de pollution et présentent la même nature du sédiment mais la teneur en H.P.A diffère quelque peu. Nous attribuerons la légère diminution de la concentration de la station G60 au phénomène de dilution qui affecte surtout les eaux du large et/ou à l'éloignement de cette station de la côte et donc de la source de pollution. Par contre la diminution de la concentration au niveau de la station côtière est probablement une conséquence liée à la nature du sédiment dont la majeure partie est grossière et au phénomène de l'agitation permanente qui se déroule au niveau des côtes (remise en suspension des particules contaminées ce qui favorise leur migration vers le large)

. Embouchure d'un émissaire (Radiale H) :

Les teneurs détectées se situent dans l'intervalle [1,602-2,145] $\mu\text{g/g}$. Ces valeurs paraissent plus élevées que celles enregistrées au niveau de la radiale G. En effet, l'influence des apports de l'émissaire est certaine et n'est pas à écarter.

Au niveau de cette radiale, on remarque que la station côtière H20 correspondant à un sédiment sableux-vaseux présente une teneur minimale de 1,602 $\mu\text{g/g}$ alors qu'un pic est observé dans le sédiment vaseux de la station H40 (2,145 $\mu\text{g/g}$). D'autre part une teneur plus ou moins importante est décelée au niveau de la station H60 (1,873 $\mu\text{g/g}$) coïncidant avec un sédiment sableux-vaseux. Ces teneurs reflètent d'une part l'action importante de hydrodynamisme existant sur les côtes et d'autre part l'influence du facteur granulométrique sur la distribution des HPA. En effet, la concentration la plus élevée est détectée dans un sédiment vaseux constitué essentiellement de particules fines péloïtiques alors que sur des sédiments principalement grossiers des stations H20 et H60, les concentrations sont plus faibles.

Tableau 5 : Estimation des teneurs en HPA (Mg/g) dans les sédiments de la région de TENES.

Zone	Station	Nature du sédiment	Teneur en HPA (Mg/g)	Teneur moyenne \pm SD Mg/g	Teneur moyenne \pm SD de tte région
TENES à proximité du port.	G 20	Sable vaseux.	0,960	1,354 \pm 0,412	1,613 \pm 0,366
	G 40	Vase	1,783		
	G 60	Vase	1,320		
RAS MAGRAOUA	H 20	Sable vaseux	1,602	1,873 \pm 0,271	
	H 40	Vase	2,145		
	H 60	Sable vaseux	1,873		

Tableau 5a : Estimations des teneurs moyenne en HPA (Mg/g) dans le sédiment en fonction de la profondeur dans la région de TENES.

Profondeur (m)	Station	Effectifs	Teneurs moyenne \pm SD (Mg/g)
20	H20, G20	2	1,281 \pm 0,453
40	H40, G40	2	1,964 \pm 0,255
60	H60, G60	2	1,596 \pm 0,391

Tableau 5b : Teneur en HPA (Mg/g) en fonction de la matière du sédiment dans la région de TENES.

Nature du sédiment	station	Effectifs	Teneurs moyenne \pm SD (Mg/g)
Sable-vaseux	G20, H20, H60.	3	1,47 \pm 0,468
Vase	G40, H60, H40	3	1,749 \pm 0,413

Discussion :

De la côte vers le large, la répartition des HPA dans le sédiment de la région de TENES (Tableau 9a) suit un profil en cloche caractérisé par :

- Un accroissement des teneurs moyenne des stations côtières ($1,281 \pm 0,453$) $\mu\text{g/g}$ jusqu'à 40 m de profondeur où l'on enregistre une concentration moyenne maximale ($1,964 \pm 0,255$) $\mu\text{g/g}$.

- Une déclinaison des teneurs moyennes au niveau des stations du large ($1,596 \pm 0,391$) $\mu\text{g/g}$.

La zone située à 40 m de profondeur semble donc plus affectée par la pollution en HPA que les stations côtières et celles du large. Cette répartition est la résultante de l'action simultanée de l'hydrodynamisme, du tri-sédimentaire et du phénomène de dilution favorisé par l'importance de la colonne d'eau au niveau des stations du large.

. La zone EST de la région de TENES (représenté par la radiale G présente une moyenne de ($1,354 \pm 0,412$) $\mu\text{g/g}$. Cette valeur n'est pas à sous estimer et montre une contamination du sédiment.

Celle ci résulterait du cumul des rejets portuaires urbains, industriels et éventuellement des déversements des huiles qui pourraient provenir du dépôt d'hydrocarbures situé au loin de la ville.

D'autre part, la zone ouest (Radiale H) montre une moyenne un peu plus élevée ($1,873 \pm 0,271$) $\mu\text{g/g}$, probablement dû à l'influence directe de l'émissaire qui constitue une source de contamination effective par ses rejets d'eaux résiduaires urbaines et industrielles. L'élévation légère de la concentration en HPA au niveau de cette zone met en relief l'importance de ces rejets

. Les valeurs observées dans toute la région de TENES qui se confinent dans l'intervalle $[0,96-2,145]$ $\mu\text{g/g}$ indiquent une contamination certaine de la région et sont comparables à celle trouvées dans certaines régions méditerranéennes. En effet un intervalle de $[0,114-1,35]$ $\mu\text{g/g}$ est obtenu au niveau d'une plate forme off shore (à 90 m de profondeur) située à proximité de l'île de Chypre en Méditerranée orientale (PNUE, 1988)

DUJMOV et SUCEVIC (1988) ont enregistré, après analyse par SFUV, des valeurs qui évoluent de 0,29 à 1,21 g/g dans le sédiment superficiel d'une plate forme off shore au large d'ITA-

-LIE.

En méditerranée occidentale, au large de Tarragone Albaiges et Al (1985) donnent un intervalle de 0,9-5,8 g/g d'HPA obtenu par fluorescence.

Conclusion :

Il n'y a pas eu d'étude préliminaire ayant trait à la région de TENES, excepté le travail effectué par Yahia (1990) au cap TENES et qui a, contrairement à nous, effectué des prélèvements d'eau. Les teneurs observées étaient plutôt faibles avec une moyenne de $0,022 \pm 0,024 \mu\text{g/l}$: Yahia (1990) a considérée la zone comme étant peu polluée et donc comme zone de référence.

Nos prélèvements de sédiments ont couvert la région portuaire et l'embouchure d'un émissaire, c'est pourquoi nous n'avons pas abouti à la même conclusion. D'après la moyenne obtenue lors de nos analyses : $1,613 \pm 0,366 \mu\text{g/g}$, nous considérons la région peu polluée d'autant plus que les rejets se font sans traitements.

D'autre part, cette première approche nous permet de confirmer une notion très importante que nous pouvons exprimer par le fait que la distribution des HPA dans le sédiment est étroitement liée au facteur granulométrie. Maouche (1987) a remarqué lors de son étude du carbone organique dans la baie d'Alger, que celui-ci était piégé par la fraction pelitique qui représente plus de 95 % du sédiment vaseux. Michel (1983) signale que les zones d'accumulation des vases sableuses constituent des pièges naturels pour le pétrole.

- Golfe d'ARZEW :

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 6 .

. Oued Chéelif (Radiale I) :

L'Oued Chéelif est l'oued le plus important en Algérie, il draine depuis sa naissance une charge polluante considérable ayant pour origine la matière organique et inorganique déversée continuellement par les différentes régions qu'il traverse.

Au niveau de cette radiale, le sédiment est le même pour les trois stations et est essentiellement constitué

de vase.

La concentration la plus élevée est enregistrée à la station I 60 (1,925 $\mu\text{g/g}$) alors que les stations I 20 et I 40 présentent des teneurs un peu plus faibles : 1,663 $\mu\text{g/g}$ et 1,651 $\mu\text{g/g}$ respectivement. La concentration maximale des HPA au niveau de la station du large serait sûrement en rapport avec l'action du lessivage qui entraîne la matière en suspension, à laquelle sont liées ces polluants, dans les stations les plus profondes.

. Ville de Mostaganem (Radiale J) :

A ce niveau, une certaine "hétérogénéité" dans la distribution des HPA est observée pour le même type de sédiment (vase), prélevé dans la région portuaire de Mostaganem. En effet la plus faible teneur se situe à la station côtière J 20 (1,654 $\mu\text{g/g}$) où l'hydrodynamisme est très important. La concentration devient maximale à la station J 40 (2,643 $\mu\text{g/g}$) puis chute et atteint une valeur de 2,051 $\mu\text{g/g}$ à la station J60. Dans ce cas, l'importance de la colonne d'eau qui accentue le phénomène de dilution serait la cause de celle ci.

. Ville d'ARZEW (Radiale K) :

Cette radiale étant réalisée entre les deux ports de BETHIOUA et ARZEW , est sous l'influence directe des eaux portuaires, ainsi que les eaux urbaines et industrielles de la région.

Un pic important est observé à la station K 40 (28,835 $\mu\text{g/g}$) dans un sédiment de vases-sableuses; cette importante concentration serait certainement due à l'accumulation simultanée des rejets des deux ports situés de part et d'autre (de la Radiale K) ainsi qu'à la prédominance de la fraction péritique qui a la capacité de piéger le maximum d'hydrocarbures. Par ailleurs la teneur la plus faible est détectée à la station K20 (1,858 $\mu\text{g/g}$); prédominance à ce niveau des particules grossières sableuses.

La station K 60, dont le sédiment est vaseux, montre quant à elle une teneur relativement élevée (5,845 $\mu\text{g/g}$) et témoigne d'une contamination significative. La distribution des HPA au niveau de cette radiale s'expliquerait par les mêmes mécanismes cités ci dessous (Radiale J).

. Proximité du cap Ferrat (Radiale L) :

Le sédiment est vaseux pour les deux stations et les concentrations enregistrées sont de 0,709 $\mu\text{g/g}$ à 40 m de profondeur et 1,136 $\mu\text{g/g}$ à la station L 60. Ces valeurs paraissent beaucoup plus faible que celles relevées dans les autres régions du golfe. Ce fait n'est pas étrange vu la situation géographique (cap); il est bien connu qu'à l'approche des caps, l'hydrodynamisme devient très intense et actif provoquant ainsi la remise en suspension des particules contaminées et empêchant leur dépôt.

Tableau 6 : Estimation des teneurs en HPA ($\mu\text{g/g}$) dans les sédiments du golfe d'ARZEW.

Zone	Stations	Nature du sédiment	Teneur en HPA ($\mu\text{g/g}$)	Teneur moyenne \pm SD en HPA $\mu\text{g/g}$.	Teneur moyenne \pm SD de toute la région en HPA $\mu\text{g/g}$.
Embouchure du Chélif	I 20	vase	1,663	1,746 \pm 0,154	4,542 \pm 0,31
	I 40	vase	1,651		
	I 60	vase	1,929		
Mostaganem (proximité du port)	J 20	vase	1,654	2,116 \pm 0,497	
	J 40	vase	2,051		
	J 60	vase	2,643		
ARZEW (entre le port de BETHIOUA et ARZEW)	K 20	sable	1,858	12,179 \pm 14,56	
	K 40	vase sableuse	28,835		
	K 60	vase	5,845		
CAP Ferrat	L 40	vase	0,709	0,922 \pm 0,31	
	L 60	vase	1,136		

Tableau 6a : Teneur en HPA ($\mu\text{g/g}$) en fonction de la profondeur dans le golfe d'ARZEW.

Profondeur (m)	stations	effectifs	teneur moy. \pm SD ($\mu\text{g/g}$)
20	I20,J20,K20	3	1,725 \pm 0,115
40	I40,J40,K40,L40	4	8,311 \pm 13,698
60	I60,J60,K60,L60	4	2,887 \pm 1,912

Tableau 6b : Estimation des teneurs en HPA ($\mu\text{g/g}$) par secteurs

Secteurs	Stations	Concentration moy. \pm SD $\mu\text{g/g}$
Est	I20,I40,I60,J20,J40,J60.	1,931 \pm 0,261
Ouest	K20,K40,K60,L40 L60.	6,550 \pm 7,959

Tableau 6c : Estimations des teneurs en HPA ($\mu\text{g/g}$) en fonction de la nature du sédiment dans le golfe d'ARZEW.

Nature du fond	Stations	Effectifs	Teneurs moy. \pm SD ($\mu\text{g/g}$)
Sable	K20	1	1,858
Vase sableuse	K40	1	28,835
Vase	I20,I40,I60 J20,J40,J60 L40,L60.	9	2,141 \pm 1,491

Discussion :

Les stations réalisées à l'embouchure du chélif et celles effectuées à proximité du port de Mostaganem dans le secteur EST présentent des concentrations moyennes différentes pour ce qui est des teneurs en HPA dans le sédiment : $1,746 \pm 0,154 \mu\text{g/g}$ et $2,116 \pm 0,497 \mu\text{g/g}$ respectivement. Ces deux radiales sont situées dans la même région mais ne sont pas précisément soumises aux mêmes sources de pollution. En effet, la radiale (J) est soumise non seulement aux rejets portuaires et urbains provenant de la ville de Mostaganem, mais le complexe papetier contribue d'une manière significative à la pollution de la zone entraînant un déséquilibre de la composition chimique de l'eau par les versements continus de sels minéraux et des liqueurs noires concentrées (substances renfermant des phénols et des acides gras saponifiés en quantité assez importantes) (Bakalem, 1980)

. Le taux moyen calculé pour le secteur Est est de $1,931 \pm 0,269 \mu\text{g/g}$, celui calculé pour les stations de l'ouest est de $6,55 \pm 7,959 \mu\text{g/g}$ (Tableau 6.b). Ces valeurs mettent en évidence l'augmentation de la concentration en HPA et son évolution croissante d'Est en Ouest. Ainsi le secteur Ouest paraît plus affecté par les HPA qui est surtout marqué au niveau de la zone portuaire d'ARZEW où l'on rencontre la concentration moyenne la plus élevée : $12,179 \pm 14,56 \mu\text{g/g}$. Nous constatons l'importance de l'écart type qui ne fait que refléter la grande variabilité des concentrations des stations de cette zone. Notons que cette valeur n'est pas surprenante mais traduit plutôt la spécialisation de ce secteur (activités portuaires et industries pétrochimiques) ainsi que la contribution effective des retombées atmosphériques engendrées par la combustion de produits résiduels et par l'incinérateur de la Z.I.A. (Zone Industrielle d'ARZEW).

. Pour ce qui est de la teneur en HPA au niveau du Cap Ferrat estimée à $0,922 \pm 0,301 \mu\text{g/g}$, elle indique une contamination peu importante et ce pour la raison citée antérieurement.

. De la côte vers le large (Tableau 6.a), les teneurs moyennes suivent le même schéma de répartition que celui rencontré au niveau de la région de TENES; ainsi nous remarquons une concentration maximale des HPA aux stations situées à 40 m de profondeur, de part et d'autre (à 60 m et 20 m) les teneurs

moyenne sont relativement faible. Ceci étant dû à l'action de l'agitation côtière et au phénomène de dilution accentué au large.

. Le Tableau 6.c qui montre la distribution des HPA en fonction de la nature du sédiment est non révélateur vu la faiblesse des effectifs des sédiments sableux et vaseux sableux (n = 1).

. D'une façon générale, les teneurs enregistrées reflètent une distribution hétérogène des HPA dans le sédiment du golfe d'ARZEW dont les valeurs vont de 0,709 μ g/g à 28,835 μ g/g

Cet intervalle est plus important que celui rencontré à TENES mais rentre dans la gamme des concentrations en HPA enregistrées en Méditerranée ainsi que dans d'autres mers, en effet :

- Au large de l'Irak, Douabul et Al (1984) obtiennent des valeurs HPA qui varient de 0,4 μ g/g à 44 μ g/g à l'aide de la même méthode d'analyse (SFUV).

- Awad (1982) trouve des valeurs allant de 1,5 à 54 μ g/g d'HPA dans la région portuaire d'Alexandrie.

- Au niveau de la côte Méditerranéenne Française (Fos sur mer à Monaco) qui est une zone industrielle connaissant un trafic maritime intense, Mille et Al (1982) relèvent un intervalle de [3,7-402] μ g/g.

- Literathy et Al (1982) donnent pour la région du Koweït située dans le golfe d'Arabie des teneurs qui varient de 4 à 26 μ g/g obtenues par SFUV.

. Ces teneurs relevées dans différentes régions considérées comme polluées prouvent la contamination marquée du golfe d'ARZEW.

Conclusion :

La pollution par les produits pétroliers et plus exactement par les HPA totaux dans le sédiment du golfe d'ARZEW est confirmée, et cette analyse nous a permis de constater une distribution hétérogène et un confinement de ces polluants dans le secteur Ouest (dans la région située entre BETHIOUA et ARZEW) Ces deux faits semblent liés à la forte activité industrielle et portuaire de la région.

Cette étude complète celles qui ont été effectuées

par le laboratoire de chimie marine de l'ISMAL ayant trait au golfe d'ARZEW.

Kemoum (1989), Tounsi (1989) et Yahi (1990) ont signalé que le golfe d'ARZEW est le siège d'une pollution significative par les HPA totaux.

- Région d'ORAN : (Tableau 7)

. Proximité du port d'ORAN (Radiale M) :

Les stations de cette radiale montrent une augmentation des concentrations de la côte vers le large. La plus faible teneur est constatée au niveau de la station M20 ($1,452 \mu\text{g/g}$) présente : une granulométrie grossière (sable) ce qui engendre l'élimination des HPA de la zone littorale où les conditions d'agitation dominant. La teneur maximale est observée à la station M40 ($2,952 \mu\text{g/g}$) : diminution à ce niveau de l'action des courants littoraux favorisant le dépôt d'une fraction fine vaseuse qui a permis un piégeage précoce de ces polluants.

Dans le sédiment vaseux de la station M60, la concentration diminue de peu et atteint la valeur de $2,701 \text{ g/g}$ permettant de mettre en évidence le facteur de dilution graduelle qui affecte les eaux du large.

Par ailleurs, cette radiale montre une moyenne de $2,368 \pm 0,945 \mu\text{g/g}$: assez proche de celle calculée à proximité du port de Mostaganem mais beaucoup plus faible que celle enregistrée dans la région portuaire d'ARZEW ($12,17 \pm 14,56 \mu\text{g/g}$). Quoiqu'il en soit, cette concentration reste importante et reflète les apports continuels de la frange côtière (grande concentration urbaine et activités industrielles) et les rejets permanents des eaux portuaires qui contribuent de manière significative à la pollution de la zone par les HPA (fuites des barges qui alimentent les bateaux en rade, opération de chargement et de déchargement d'hydrocarbures, lavages des soutes des navires et autres)

. Les Andalouses (Radiale N) :

Cette radiale est soumise à l'influence directe des rejets urbains et domestiques. La valeur minimale ($0,977 \mu\text{g/g}$) est rencontrée à la station N40 où il y a prédominance de la fraction grossière alors qu'une concentration plus importante ($1,58 \mu\text{g/g}$) est décelée à la station N60 dont le sédiment est constitué de sable vaseux.

La moyenne calculée ($1,283 \pm 0,432 \mu\text{g/g}$) semble se rapprocher de celle obtenue dans la région portuaire de TENES ($1,354 \pm 0,412 \mu\text{g/g}$). Notons toutefois que cette région bien que soumise à une activité touristique intense en saison estivale, n'est que peu atteinte par les HPA comparée à la radiale M (ORAN).

. Iles HABIBAS (Radiale O) :

Les teneurs en HPA sont très basses et estimées à $0,08 \mu\text{g/g}$ (O40) et $0,095 \text{ g/g}$ (O60) avec un taux moyen de $0.087 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$.

Cette radiale est soumise à l'influence des eaux du large et montre un niveau de contamination faible.

Tableau 7 : Estimation des teneurs en HPA ($\mu\text{g/g}$) dans les sédiments région d'ORAN.

Zones	Stations	Nature du sédiment	Teneur en HPA $\mu\text{g/g}$	Teneur moy. \pm SD en HPA $\mu\text{g/g}$	Teneur moy. \pm SD $\mu\text{g/g}$ de tte la région.
ORAN à proximité du port.	M 20	Sable	1.452	2.368 \pm 0.803	1.825 \pm 0.767
	M 40	Vase	2.952		
	M 60	Vase	2.701		
Andalouses	N 40	Sable	0.977	1.283 \pm 0.432	
	N 60	Sable vaseux	1.589		
Iles habibas	O 40	Sable vaseux	0.08	0.087 \pm 0.01	
	O 60	Vase	0.095		

Tableau 7a : Estimation des teneurs en HPA ($\mu\text{g/g}$) en fonction de la profondeur dans la région d'ORAN.

Profondeur (m)	Stations	Effectifs	Teneurs moy. \pm SD $\mu\text{g/g}$
20	M 20	1	1.452
40	M 40, N 40	2	1.964 \pm 1.396
60	M 60, N 60	2	2.145 \pm 0.786

Tableau 7b : Estimation des teneurs en HPA ($\mu\text{g/g}$) en fonction de la nature du sédiment dans la région d'ORAN.

Nature du sédiment	stations	Effectifs	Teneurs moy. \pm SD $\mu\text{g/g}$
Sable	M20, N40	2	1.214 \pm 0.335
Sable vaseux	N60	1	1.589
Vase	M40, M60	2	2.826 \pm 0.177

Discussion et conclusion :

Sans prendre en considération les concentrations détectées aux îles HABIBAS; que nous considérons comme zone de référence vu les concentrations faibles obtenues ainsi que sa situation géographique, les valeurs en HPA dans la région d'ORAN varient de 0.977 $\mu\text{g/g}$ à 2.952 $\mu\text{g/g}$. Celles ci sont similaires aux concentrations rencontrées par certains auteurs dans le golfe d'Arabie.

Effectivement dans les sédiments de la mer d'Oman à proximité d'une plate forme off shore, Burns et Al (1982) donnent un intervalle [0.8 - 19] $\mu\text{g/g}$ d'HPA.

D'autre part, FOWLER (1985) enregistre par SFUV un intervalle de [0.1 - 14.7] $\mu\text{g/g}$ dans les sédiments marins de l'Union des Emirats Arabe (UEA) et des valeurs allant de 0.5 à 8.6 $\mu\text{g/g}$ au niveau de la côte ouest des Bahrein.

Ces références peuvent nous mener à penser que les concentrations détectées dans les sédiments de la région d'ORAN ayant pour moyenne 1.825 \pm 0.767 $\mu\text{g/g}$ témoignent d'une pollution effective, surtout marquée à proximité du port d'ORAN.

En définitive, la répartition des HPA dans cette région est déterminée par l'influence combinée de divers facteurs du milieu : Profondeur, agitation de l'eau, nature du sédiment et apports terrigènes .

- Golfe de GHAZAOUET :

Les concentrations obtenues sont reportées dans le tableau 8.

. Béni Saf, région portuaire (Radiale P):

Cette radiale subit l'influence directe des eaux portuaires et des rejets provenant des bateaux de pêche, circulant dans la baie, constituant une source non négligeable d'apports en hydrocarbures.

Les stations de cette radiale sont toutes caractérisées par la même nature des sédiments mais présentent des concentrations en HPA différentes. La plus faible teneur est rencontrée à la station P20 ($0.893 \mu\text{g/g}$) alors qu'une importante valeur est rencontrée à la station P40 ($1.551 \mu\text{g/g}$), d'autre part la station P60 située au large montre une teneur un peu plus faible ($1.26 \mu\text{g/g}$).

La diminution en HPA au niveau des stations de la côte et celle du large est probablement liée respectivement à la migration des particules cotaminées sous l'effet de l'agitation littorale et à la dilution graduelle qui se produit avec l'éloignement de la côte (importance de la colonne d'eau).

. La TAFNA : (Tableau 9)

A ce niveau, des prélèvements effectués selon trois stations ont été réalisés à l'intérieur de l'oued même et d'autres selon une radiale Q allant de la côte vers le large.

Cet oued draine les rejets urbains et industriels des divers localités situées à sa proximité et ceux provenant de ses affluents, ce qui expliquerait les teneurs non négligeables rencontrées dont la moyenne s'estime à $1.667 \pm 0.394 \mu\text{g/g}$.

Des concentrations assez importantes sont relevées au niveau des stations T1 ($1.829 \mu\text{g/g}$) et T2 ($1.956 \mu\text{g/g}$), par contre la station T3 présente une teneur un peu plus faible ($1.218 \mu\text{g/g}$).

La station T1 est réalisée à l'embouchure de l'oued or Maouche (1987) a expliqué lors de son étude sur la baie d'Al-

-ger , qu'au niveau des oueds et surtout aux embouchures, on assistait à un piégeage précoce des particules fines. Ce fait pourrait expliquer l'accumulation importante de ces polluants au niveau de cette station.

La station T2 étant réalisée sur la berge, la présence d'un sédiment boueux constitué principalement des particules fines a donc permis d'intercepter le maximum d'HPA.

. Les prélèvements effectués à l'intérieur de l'oued TAFNA reflètent l'existence d'une pollution par les HPA et met en relief l'importance des polluants urbains et industriels transportés par cet oued.

. Au large de la TAFNA : (Radiale Q)

Les teneurs obtenues se consignent dans l'intervalle $[0.565 - 0.717] \mu\text{g/g}$. Les stations étudiées sont caractérisées par un sédiment vaseux et les concentrations obtenues sont homogènes, ne montrant pas de grandes variations. Le taux moyen d'HPA estimé à $0.61 \pm 0.08 \mu\text{g/g}$ paraît beaucoup plus faible que celui rencontré dans l'oued même . Dans ce cas l'action du lessivage est à prendre en considération.

. Proximité du port de GHAZAOUET :(Radiale R)

Les stations étudiées montrent des valeurs qui évoluent de $0.327 \mu\text{g/g}$ à $1.03 \mu\text{g/g}$. La valeur minimale est détectée à la station côtière R20; les conditions hydrodynamiques actives et la granulométrie grossière qui en résulte expliqueraient cette teneur faible. Par conséquent, les HPA se trouvent piégés plus loin dans les sédiments vaseux des stations R40 (1.03 g/g) et R60 (0.928 g/g) avec une légère diminution au niveau de la station du large dûe probablement au phénomène de dilution.

D'autre part la concentration moyenne est évaluée à $0.274 \pm 0.344 \mu\text{g/g}$, celle ci paraît beaucoup plus faible que celle calculée à proximité du port de Béni Saf ($1.23 \pm 0.33 \mu\text{g/g}$) et celle enregistrée au niveau du port d'ORAN ($2.368 \pm 0.803 \mu\text{g/g}$).

La contribution des rejets portuaires à l'enrichissement de cette région en hydrocarbures devrait être effective mais elle semble dominée par l'influence des eaux du large qui par leur brassage important avec la frange côtière provoquent l'acheminement des HPA dans des stations plus éloigné et plus profondes.

. Mers Ben M'hidi : Frontière Algéro-Marocaine
(Radiale S).

Les stations côtières semblent moins affectées et présentent les plus faibles taux en HPA. Ces concentrations se situent aux stations S10 (0.61 $\mu\text{g/g}$) et S20 (0.181 $\mu\text{g/g}$) correspondant respectivement à des sédiments sableux vaseux et sableux. Ceci peut être élucidé par l'action du tri sédimentaire qui joue un rôle important dans la distribution de ces polluants, du moment que les stations présentant des sédiments vaseux montre les plus fortes concentrations : S40 (1.739 $\mu\text{g/g}$) et S60 (2.891 $\mu\text{g/g}$).

Nous pouvons remarquer que la station du large S60 présente un taux maximale en HPA qui témoigne d'une contamination effective. Ceci pourrait s'expliquer par l'existence d'un trafic maritime intense que connaît la région ainsi que des opérations de déballastage et de fuites permanentes des pétroliers qui arrivent en méditerranée par le Détroit de Gibraltar.

Tableau 8 : Estimation des teneurs en HPA ($\mu\text{g/g}$) dans les sédiments du golfe de GHAZAOUET.

Zone	Station	Nature du sédiment	Teneur en HPA $\mu\text{g/g}$	Teneur moy \pm SD $\mu\text{g/g}$ en HPA	Teneur moy. \pm SD $\mu\text{g/g}$ de tte la région en HPA
Béni Saf (proximité du port)	P 20	Vase	0.893	1.23 \pm 0.33	0.989 \pm 0.359
	P 40	Vase	1.551		
	P 60	Vase	1.26		
Embouchure de la TAFNA.	Q 20	Vase	0.57	0.61 \pm 0.08	
	Q 40	Vase	0.717		
	Q 60	Vase	0.565		
GHAZAOUET (proximité du port)	R 20	Sable	0.327	0.761 \pm 0.379	
	R 40	Vase	1.03		
	R 60	Vase	0.928		
Mers ben M'hidi (Frontière)	S 10	Sable vaseux	0.61	1.355 \pm 1.216	
	S 20	Sable	0.181		
	S 40	Vase	1.739		
	S 60	Vase	2.891		

Tableau 8a : Estimations des teneurs en HPA ($\mu\text{g/g}$) en fonction de la profondeur dans le golfe de GHAZAOUET

Profondeur (m)	Stations	Effectif	Teneur moy. \pm SD $\mu\text{g/g}$
20	P20, Q20, R20, S20	4	0.492 \pm 0.311
40	P40, Q40, R40, S40	4	1.259 \pm 0.469
60	P60, Q60, R60, S60	4	1.411 \pm 1.026

Tableau 8b : Estimation des teneurs en HPA ($\mu\text{g/g}$) par secteurs dans le golfe de GHAZAOUET.

Secteur	Stations	Effectif	Teneurs moy. \pm SD $\mu\text{g/g}$
EST	P20 P40 P60 Q20 Q40 Q60	6	0.926 \pm 0.401
OUEST	R20, R40, R60, S10, S20, S40, S60.	7	1.1 \pm 0.942

Tableau 8c : Estimation des teneurs en HPA en fonction de la nature du sédiment dans le golfe de GHAZAOUET.

Nature du sédiment	Stations	Effectifs	Teneur moy. \pm SD $\mu\text{g/g}$.
Sable	R20, S20	2	0.254 \pm 0.103
Sable vaseux	S10,	1	0.610
Vase	S40, S60, Q20, Q40, Q60, R40, R60, P20, P40, P60.	10	1.214 \pm 0.707

Tableau 9 : Estimation des teneurs en HPA trouvées à l'intérieur de l'oued TAFNA.

Stations	Teneur en $\mu\text{g/g}$	Teneur moyenne \pm SD en $\mu\text{g/g}$
T1	1.829	1.66 \pm 0.394
T2	1.956	
T3	1.218	

Discussion :

Au niveau du golfe de GHAZAOUET, les taux moyens calculés pour les secteurs EST ($0.926 \pm 0.401 \mu\text{g/g}$) et OUEST ($1.1 \pm 0.942 \mu\text{g/g}$) ne montrent pas de grandes variations, ils traduisent plutôt une homogénéité dans la distribution de ces polluants contrairement au golfe d'ARZEW dont les concentrations maximales sont confinées dans le secteur OUEST.

. Par ailleurs, de la côte vers le large, une évolution croissante de ces mêmes contaminants est observée (Tableau 8a) :

Les stations côtières présentent une moyenne de $0.492 \pm 0.311 \mu\text{g/g}$, celles situées à 40 m de profondeur possédant en moyenne $1.259 \pm 0.469 \mu\text{g/g}$ d'HPA, plus au large, les stations étudiées montrent une teneur moyenne $1.411 \pm 1.026 \mu\text{g/g}$. Cette répartition pourrait s'expliquer par l'importance de la surface de contact avec les eaux du large qui contribue à l'élimination des particules contaminées de la frange littorale d'une manière significative.

D'une manière globale les teneurs relevées dans le golfe de GHAZAOUET évoluent de 0.181 à $2.891 \mu\text{g/g}$ et présentent une moyenne de $0.989 \pm 0.359 \mu\text{g/g}$. Cette valeur semble plus élevée que celle calculée par Sunnay et Al (1983) dans la baie d'Iskandrûn en Turquie ($0.2 \mu\text{g/g}$) mais reste incluse dans l'intervalle des valeurs trouvées par Saydam et Al (1988) dans les sédiments côtiers de la mer Egée [$0.81 - 1.1$] $\mu\text{g/g}$.

Nous ne pouvons finalement pas émettre de conclusion ferme concernant la distribution des HPA en fonction de la nature des sédiments vu les faibles effectifs des échantillons sableux et sableux-vaseux. Quoiqu'il en soit la concentration obtenue au niveau du sédiment vaseux semble assez impor-

-tante.

Conclusion :

Les concentrations obtenues sont certes indicatrices de pollution des sédiments du golfe de GHAZAOUET par les HPA, cependant cette région paraît très peu polluée relativement aux autres régions étudiées. Il est à noter que sa situation géographique fait de lui un milieu ouvert où les échanges avec les eaux du large se font de façon intense.

Conclusion :

CONCLUSION :

Cette première analyse spatiale nous a permis de répondre à notre objectif, qui se résume en l'évaluation de la contamination des sédiments de la côte Ouest Algérienne par les hydrocarbures polyaromatiques totaux.

L'outil analytique utilisé étant la SFUV, celle-ci mesure les polyaromatiques dans l'eau et le sédiment. Cette technique semble très bien adaptée à cet usage, vu la cohérence des résultats obtenus.

Nos résultats concernant la contamination par les HPA de la côte Ouest Algérienne indiquent que globalement, les sédiments des régions étudiées semblent affectés par ce type de polluant; situation non surprenante vu les activités maritimes et industrielles des franges littorales. Nous pouvons par conséquent avancer que la côte Ouest Algérienne est le siège d'une pollution importante par les HPA, cependant le taux de ces contaminants reste situé à des niveaux qui diffèrent quelque peu d'une zone à l'autre. Plusieurs paramètres sont à prendre en considération afin d'élucider ces variations dont :

- Importance des activités portuaires et industrielles des côtes des régions étudiées.
- Situation géographique de la zone d'étude.
- Aspect hydrodynamique.
- Nature de l'hydrocarbure
- Saison de l'échantillonnage
- Nature du sédiment.

point

Ce dernier Va fait l'objet de plusieurs études et il semble-rait que les teneurs en hydrocarbures dans le sédiment montrent une augmentation de leur importance, de la fraction grossière à la fraction fine. Ce fait pouvant être dû à :

- l'importance de la surface d'adsorption offerte par un volume de sédiment à fraction fine comparé à un même volume de sédiment à fraction grossière.

- La présence d'éléments tensio-attractifs au sein des particules vaseuses, créateurs de forces électrocinétiques, qui favorisent non seulement l'adsorption mais aussi l'absorption des hydrocarbures.

- Les pores de tailles infimes des particules vaseuses freinent la remise en suspension des polluants accumulés.

- Les interstices existant entre les particules de sable ne permettent pas la rétention des hydrocarbures de façon aussi importante que ceux qui existent entre les particules de vases.

Nous nous trouvons finalement dans l'incapacité de dresser un constat de pollution par les HPA dans le sédiment étant donné le non établissement de normes dans ce domaine.

Quoiqu'il en soit il ressort de cette analyse que le golfe d'ARZEW serait la zone la plus affectée par les HPA.

Les régions de TENES et ORAN semblent atteintes du même degré de contamination et peuvent être considérées comme peu polluées.

Comparé à ces deux régions, le golfe de GHAZAOUET paraît ^{très} peu contaminé par les HPA.

Les îles HABIBAS ne semblent pas affectées par les HPA : Nous pouvons considérer cette zone comme zone de référence.

Cette analyse nous a permis de constater l'impuissance du test statistique U de Mann et Withney dans la détection des variations de concentrations d'HPA dans les sédiments des régions étudiées. Ce fait peut être dû à l'éventualité de non coïncidence du schéma de partage en secteurs de la zone d'étude, basé sur le critère géographique, avec la

distribution des HPA dans le sédiment.

Nous avons enfin remarqué que la répartition des HPA observée ne suivait pas spécialement celle du carbone organique établie par **Leclair**, (1972). **Yahi**, (1990) a constaté lors de son étude de la baie d'Alger, que la distribution des HPA dans le sédiment suivait celle du carbone organique établie par **Maouche** (1987).

3.3 APPLICATION DE LA SPECTROFLUORIMETRIE U.V A MODE SYN- -CHRONISE POUR LA CARACTERISATION DES HYDROCARBURES POLYAROMATIQUES DANS LE SEDIMENT .

Introduction :

Les composés aromatiques polycycliques ont toujours été considérés comme étant des polluants anthropogènes dans l'océan. Cependant, d'autres polluants aussi indésirables, produits par l'activité industrielle (pesticides et polychlorobiphényles) ainsi que la voie diagénique peuvent engendrer ces mêmes composants. La différenciation des variétés de sources des composants aromatiques paraît donc utile et importante afin d'identifier les modalités de leur transport et transformation dans le milieu marin.

D'un point de vue écologique, les hydrocarbures polyaromatiques sont les composants les plus intéressants des produits pétroliers.

Plusieurs d'entre eux possèdent des propriétés cancérogènes et mutagènes et, sont dotés d'une grande stabilité dans l'environnement.

La détermination de la composition quantitative et qualitative des HPA dans le sédiment peut donner une image intégrale du taux de contamination aussi bien que leur origine (Albaiges et al, 1983).

Pour cela, la SFUV est la plus simple méthode pour contrôler ces polluants dans l'écosystème marin.

La SFUV permet l'utilisation de la technique d'excitation-emission synchrone. Cette méthode est utilisée de façon qualitative lorsqu'on a des mélanges complexes d'hydrocarbures dont on ne connaît pas précisément les longueurs d'onde d'excitation et permet de différencier très rapidement les HPA en fonction du nombre de noyaux condensés (Mille et al, 1982). En effet, Lloyd (1971) a montré que la longueur d'onde d'émission maximale est en fonction de la structure moléculaire de l'HPA.

Il existe deux modes de mesures :

- L'un en fixant les longueurs d'onde d'émission et d'excitation.

- L'autre en variant de façon synchrone

les longueurs d'onde d'émission et d'excitation ($\Delta\lambda = 23\text{nm}$)

Quand la longueur d'onde d'excitation est fixée, plusieurs HPA fluorescents sont masqués; C'est pour-
-quoi, dans le cas où l'échantillon analysé est une mixture de
molécules aromatiques fluorescentes, la SFUV à balayage à
mode synchronisé est plus adéquate. Cette méthode a l'avanta-
-ge d'être moins sensible au processus de vieillissement que
la spectrométrie infra rouge (Juretic, 1983)

Les zones du spectre dont l'intensité est maximale ont été choisies. Elles vont de 300 à 340nm , 340
à 395 nm et 395 nm et plus représentant les aromatiques à
2,3 et 4 noyaux (appartenant aux aromatiques d'origine pét-
-rolière), 5 noyaux et plus (correspondant au benzopyrène
et types de pérylène respectivement) (Dujmov et Sucevic,
1990).

Résultats et discussion :

Les résultats des HPA obtenus par tech-
-nique de SFUV à mode synchrone sont donnés dans les table-
-aux 11a, 11b, 11c, et 11d.

Notons que d'après Garrigues et Al (1987)
l'évaporation du solvant durant la procédure d'extraction
peut varier le type des composés aromatiques de l'échantillon
spécialement les aromatiques à (01) noyau.

D'autre part, un autre point s'ajoute à
cela : jusqu'à l'heure actuelle, aucun résultat ayant trait
aux hydrocarbures monocycliques n'a été rencontré, c'est
pourquoi nous nous contenterons de présenter des hydrocarbu-
-res monocycliques sans pouvoir les discuter.

Nous pouvons constater par contre la net-
-te prédominance au niveau de toutes les stations, des compo-
-sés à 2,3 et 4 noyaux aromatiques (Fig 21a,21b,21c,et 21d).

- Région de TENES (Radiale G et H):

Tableau 11a : Pourcentage d'HPA en fonction du nombre de noyaux condensés dans la région de TENES.

Zones	stations	nature du sédiment	%HPA à 1 N	%HPA à 2 Nx	%HPA à 3&4 Nx	%HPA à 5 Nx et plus
Région de Tenes	G 20	Sable vaseux	7.89	33.56	39.70	18.85
	G 40	Vase	9.1	34.38	36.69	19.82
	G 60	Vase	8.32	36.78	41.10	15.19
	H 20	Sable vaseux	5.98	43.56	33.69	16.76
	H 40	Vase	2.08	39.11	40.95	17.86
	H 60	Sable vaseux	4.32	43.54	36.95	15.19

Les hydrocarbures sont présents à de faible pourcentages, et leur présence est un peu plus évidente au niveau de la radiale G, pour laquelle le taux le plus important est constaté. (9.1 %).

Nous considérons par la suite les hydrocarbures à 2, 3 et 4 noyaux aromatiques en même temps puisqu'ils sont supposés provenir d'une même source (pétrolière), d'après Dujmov et Sucevic (1990).

Ces composés présentent les pourcentages les plus élevés, ceux ci varient entre 33.56 % avec un total de composants toujours supérieur à 70 % de toute la fraction aromatique analysée. Les types d'hydrocarbures à 5 noyaux et plus sont caractérisés par des pourcentages plus élevés que ceux des monocycliques mais qui restent inférieurs aux types de composés à 2, 3 et 4 noyaux aromatiques. Les taux sont compris dans l'intervalle [15.19 - 19.82] %.

- Golfe d'ARZEW : (Radiale I, J, K et L.)

Tableau 11b : Pourcentage d'HPA en fonction du nombre de noyaux condensés dans le golfe d'ARZEW.

Zone	station	Nature du sédiment	%HPA à 1 N	%HAP à 2 Nx	%HPA à 3&4 Nx	%HPA à 5 Nx et plus
Golfe d'ARZEW	I20	Vase	8.26	37.02	44.69	10.03
	I40	Vase	9.52	41.40	38.34	10.77
	I60	Vase	7.68	46.21	34.36	11.73
	J20	Vase	3.79	46.42	41.05	8.73
	J40	Vase	5.92	55.94	32.37	5.76
	J60	Vase	10.66	56.71	28.39	4.24
	K20	Sable	7.09	33.87	36.36	22.67
	K40	Vase sableuse	2.43	25.73	44.36	30.47
	K60	Vase	8.73	33.76	28.97	28.54
	L40	Vase	7.53	40.99	40.00	11.47
L60	Vase	5.07	40.23	46.24	8.45	

Les hydrocarbures possédant un cycle aromatique sont toujours à de très faible pourcentage et ne dépassent généralement pas 10 % du total de la fraction analysée. Par contre les composés à 2, 3 et 4 noyaux aromatiques prédominent nettement et présente un total pouvant atteindre 88 % (station J40).

Cependant, une diminution est constatée à la radiale K pour laquelle, nous remarquons en parallèle un pourcentage assez important d'hydrocarbures à 5 noyaux aromatiques et plus. En effet, nous avons rencontré des taux de ce type d'hydrocarbures (5 noyaux) allant de 22.67 % à 30.47 % : Pourcentage élevés relativement à ceux rencontrés aux autres radiales aux niveaux desquelles, les taux dépassent accidentellement 11 %.

. Baie d'ORAN (Radiales M.N.O) :

Tableau 11c : Pourcentages D'HPA en fonction du nombre de noyaux condensés dans la région d'ORAN.

Zone	Stations	Nature du sédiment	% HPA à 1 N	% HPA à 2Nx	% HPA à 3&4 Nx	% HPA à 5Nx et plus
	M20	Sable	7.36	37.27	37.12	18.25
	M40	Vase	6.5	36.62	38.8	18.07
	M60	Vase	9.51	37.81	31.73	20.94
	N40	Sable	2.15	39.66	35.03	23.16
	N60	Sable vaseux	8.5	32.36	40.82	18.32
	O40	Sable vaseux	11.76	28.85	40.69	18.7
	O60	vase	10.41	32.01	38.37	19.21

Les sédiments de la région d'ORAN comprennent peu d'hydrocarbures monocycliques, mis à part les taux rencontrés aux îles HABIBAS qui sont légèrement supérieurs à 10 %, contrairement aux hydrocarbures à 2, 3 et 4 noyaux aromatiques dont la présence est considérable, pouvant atteindre un taux total de 86.47 % de la fraction aromatique analysée. D'autre part, les taux de composants à 5 cycles et plus se font sentir dans cette région de façon non négligeable atteignant une moyenne de (19.52 ± 1.88) %.

- Golfe de GHAZAOUET (Radiale P.Q.R.S et stations T1, T2 et T3).

Tableau 11d : Pourcentages d'HPA en fonction du nombre de noyaux condensés dans le golfe de GHAZAOUET.

Zone	Stations	Nature du sédiment	% HPA à 1 N	% HPA à 2 Nx	% HPA à 3&4 Nx	% HPA à 5 Nx et plus
Golfe de GHAZAOUET	P20	vase	8.26	47.22	32.91	11.61
	P40	vase	9.66	40.95	38.50	10.88
	P60	vase	10.11	46.54	30.74	12.6
	Q20	vase	12.11	48.34	27.81	11.73
	Q40	vase	14.26	52.91	24.79	8.04
	Q60	vase	19.59	56.67	16.56	7.18
	R20	sable	6.68	63.30	23.23	6.78
	R40	vase	10.01	55.28	25.16	9.55
	R60	vase	9.23	58.42	24.52	7.82
	S10	sable vaseux	7.52	45.34	28.71	18.43
	S20	sable	8.81	47.61	26.00	17.58
	240	vase	6.32	43.67	35.16	20.46
	S60	vase	3.83	36.90	27.52	24.10
	T1	boue	11.90	39.10	27.52	21.48
	T2	boue	10.79	39.54	32.21	17.46
T3	boue	10.06	39.15	32.26	18.53	

La répartition des hydrocarbures aromatiques dans le golfe de GHAZAOUET paraît hétérogène, avec cependant une nette prédominance des hydrocarbures à deux noyaux aromatiques : dans toutes les stations. Les taux de composés monocycliques obtenus dans l'oued TAFNA ainsi qu'à son embouchure (Radiale Q et stations T1, T2 et T3) semblent élevées par rapport à toutes les autres stations étudiées jusqu'à présent.

Les types de composés à trois noyaux aromatiques sont caractérisés par d'importants pourcentages qui demeurent cependant faibles comparés aux hydrocarbures comprenant deux noyaux aromatiques.

Les composés aromatiques à cinq cycles et plus sont importants au niveau de la radiale (S) et les stations T1, T2 et T3 et peuvent atteindre 24 % dans certaines stations (S60).

Discussion :

Divers méthodes ont été utilisées dans le but d'identifier les hydrocarbures dans le sédiment et par conséquent leurs origines, pourtant la source n'est pas toujours évidente. Nous allons nous baser sur les résultats des travaux effectués dans ce sens afin d'essayer de déterminer l'origine de HPA contenus dans le sédiment des régions étudiées.

Si on prend en considération les conclusions établies par Dujmov et Sucevic (1990), qui ont eu comme outil analytique la SFUV à mode synchrone, les hydrocarbures à 2, 3 et 4 noyaux aromatiques proviendraient d'une même source qui est spécialement pétrolière.

Cependant d'autres travaux établis à l'aide de divers méthodes (HPLC, CPG...) ont aboutit au fait que la source pétrolière n'est pas l'unique à engendrer ces types de composés. En effet, certains hydrocarbures à 3, et 4 noyaux aromatiques ont la possibilité d'être engendrés par l'intermédiaire d'autres voies : Mille et Al (1982) et Barnier et Al (1988) ont affirmé que l'abondance d'hydrocarbures non substitués (Phénanthrène, Fluoranthène, Pyrène...) conduit à envisager une source pyrolytique. D'après ces mêmes auteurs, une origine pétrolière est caractérisée par l'abondance de composés aromatiques de dérivés alkylés (methyl phénanthrène, methyl benz(a)anthracène)

D'autre part, les hydrocarbures à 5 noyaux aromatiques et plus sont considérés par plusieurs auteurs comme pouvant avoir une origine pyrolytique ou diagénique.

Sicre et Al (1987) et Parlanti (1989) ont lié le RETENE (polyaromatique à 5 cycles) à une origine pyrolytique; ce produit est caractéristique de la combustion de bois (spécialement les conifères), il peut aussi être engendré par oxydation et aromatisation dans l'atmosphère de précurseurs injectés. Dans le cas où aucune combustion n'est signalée, le RETENE peut être dû à des apports continentaux.

Mille et Al (1982), Barnier et Al (1988) et Dujmov et sucevic (1990)

Ont affirmé l'origine diagénique du PERYLENE qui est un composé à 5 noyaux aromatique.

D'une façon plus générale, ce type de composés (aromatiques à 5 cycles) suppose une origine pyrolytique dont les produits sont obtenus par combustion soit naturelle (Feux de fôrets, de végétation terrestre) soit de produits fossiles (essences, fuel, charbon) et une origine diagénique.

Etant donné la méthode analytique utilisée par Dujmov et Sucevic (1990) qui est la même que la notre ainsi que la récence du travail élaboré, nous avons opté pour l'utilisation de leur conclusion que nous adapterons à nos résultats.

Ces conclusions pourraient nous mener à affirmer, vu les pourcentages d'aromatiques à 2, 3 et 4 noyaux aromatiques obtenus dans la région de TENES que les apports pétroliers dûs aux activités du port de TENES (Transport, fuites des bateaux) et au dépôt d'hydrocarbures situé à proximité de la région, sont une source sûre de la contamination du sédiment par les HPA.

Une source pyrolytique est aussi évidente mais à un degré moindre, et les produits de combustion auraient pour origine les apports continentaux et atmosphériques vu la saison d'échantillonnage (hiver). Notons aussi qu'une source diagénique est éventuelle.

Ce même raisonnement s'applique sur le golfe d'ARZEW pour lequel la source pétrolière identifiée par l'abondance d'hydrocarbures à 2, 3 et 4 noyaux aromatiques coïncide avec l'importante zone industrielle d'ARZEW (industries pétrochimiques), dont les rejets ne subissent aucun traitement de purification avant leurs deversements en mer, ainsi que les divers activités portuaires (port pétrolier d'ARZEW, port de BETHIOUA). Cependant, la radiale effectuée à ARZEW (K) diffère des autres radiales par un abaissement léger du taux de ce type d'hydrocarbures (2,3 et 4 cycles) et révèle en parallèle un taux important de composés à 5 noyaux aromatiques et plus : ce qui conduit à avancer une source pyrolytique et diagénique. La source pyrolytique est la plus probable et s'explique par la présence de l'incinérateur de la Z.I.A d'ordures ménagères et industrielles (produits résiduels ou en surplus.) dont les cendres sont jetées sur

une plage dans le golfe, créant par conséquent une pollution chimique et une pollution atmosphérique certaine. Ceci n'implique pas l'élimination de la source diagénique.

Il en est de même pour la baie d'ORAN : l'identification d'une source pétrolière, vu la présence considérable des composés d'hydrocarbures à 2, 3 et 4 noyaux aromatiques ne fait que refléter les activités portuaires de la région, par contre le pourcentage d'hydrocarbures à 5 noyaux aromatiques et plus, qui est moins élevé, serait dû aux apports continentaux et atmosphériques où à une origine diagénique.

Dans le golfe de GHAZAOUET, l'abondance des composés à 2, 3 et 4 cycles nous révèle une origine pétrolière qui ne peut être liée qu'au trafic maritime. Les produits de combustion ne sont pas négligeables et seraient dûs aux apports terrigènes et atmosphériques. Cependant la présence de ces mêmes produits se fait beaucoup plus ressentir aux niveaux des radiales S et T.

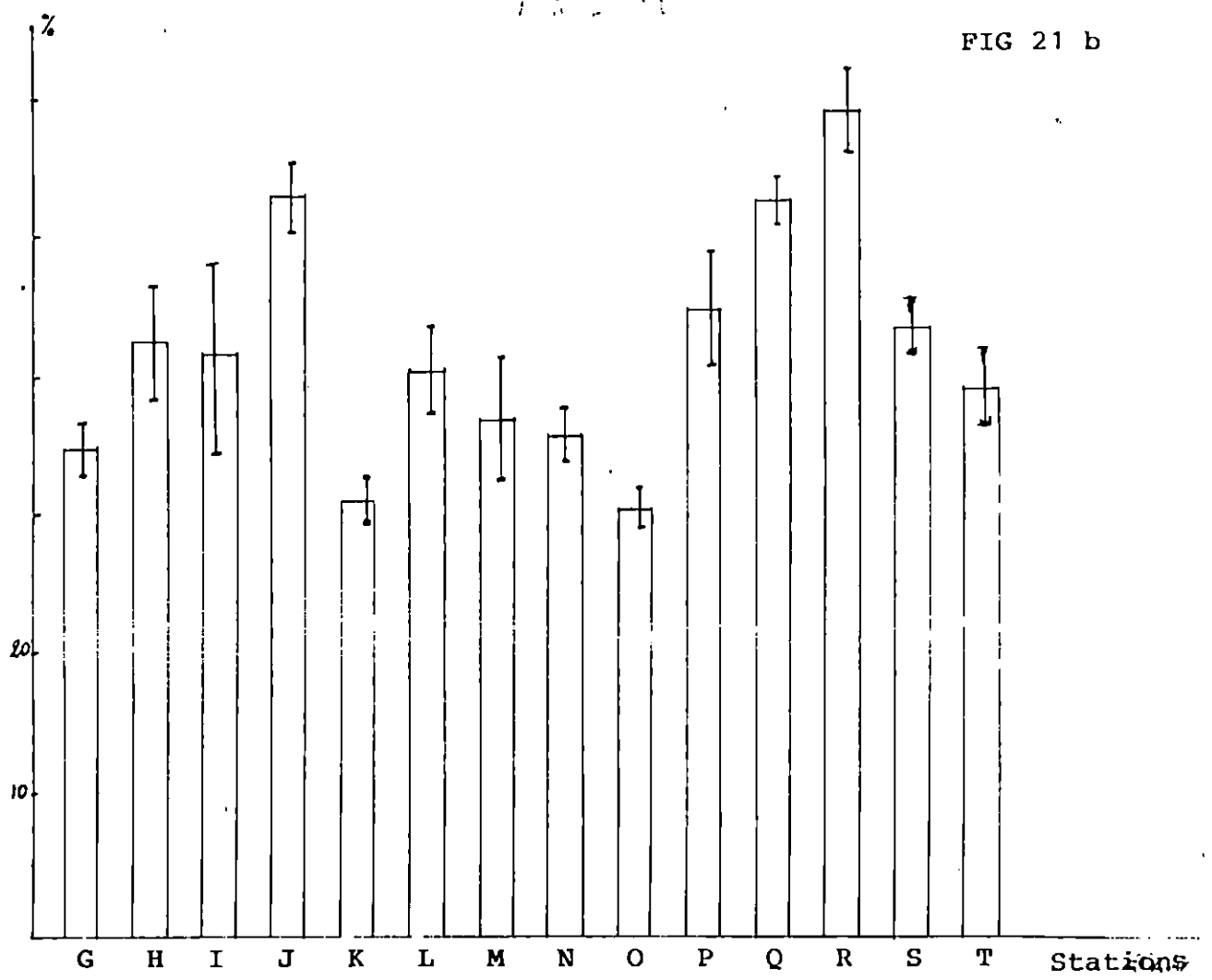
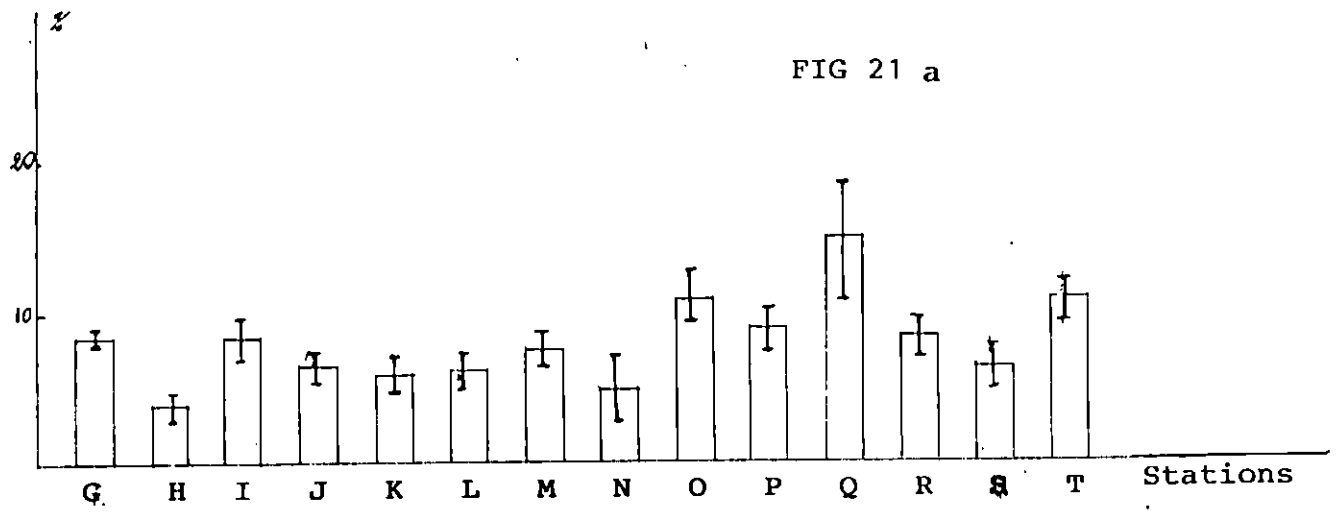
Comme il a été cité antérieurement, les stations T1, T2 et T3 sont effectuées à l'intérieur de l'oued et seraient en conséquence susceptibles de drainer en grande quantité les résidus de combustion qui sont importants en saison hivernale. Par contre les taux élevés de produits pyrolytiques rencontrés sur la radiale (S) proviennent probablement des rejets urbains et domestiques, et atmosphériques originaires des localités et du complexe touristique situé du côté Ouest de la frontière Algéro-Marocaine (au Maroc).

Conclusion :

L'étude du contenu en hydrocarbures des sédiments de la côte Ouest d'Algérie a permis de déterminer de façon brève les sources de contamination qui sont multiples (anthropogénique, naturelle, pyrolytique, pétrolière...) mais généralement la contamination pétrolière constitue la source majoritaire d'hydrocarbures.

D'autre part, cette étude ne nous a pas permis d'établir de corrélation entre la nature du sédiment et les types de composés aromatiques. Nous estimons finalement que cette technique s'applique pour la caractérisation des HPA dans les sédiments, nous conseillons cependant de la compléter par d'autres méthodes (HPLC, CPG,...) dont les résultats sont plus précis car l'obtention quelquefois d'isomères peut amener

à distinguer entre deux sources de contamination différentes.



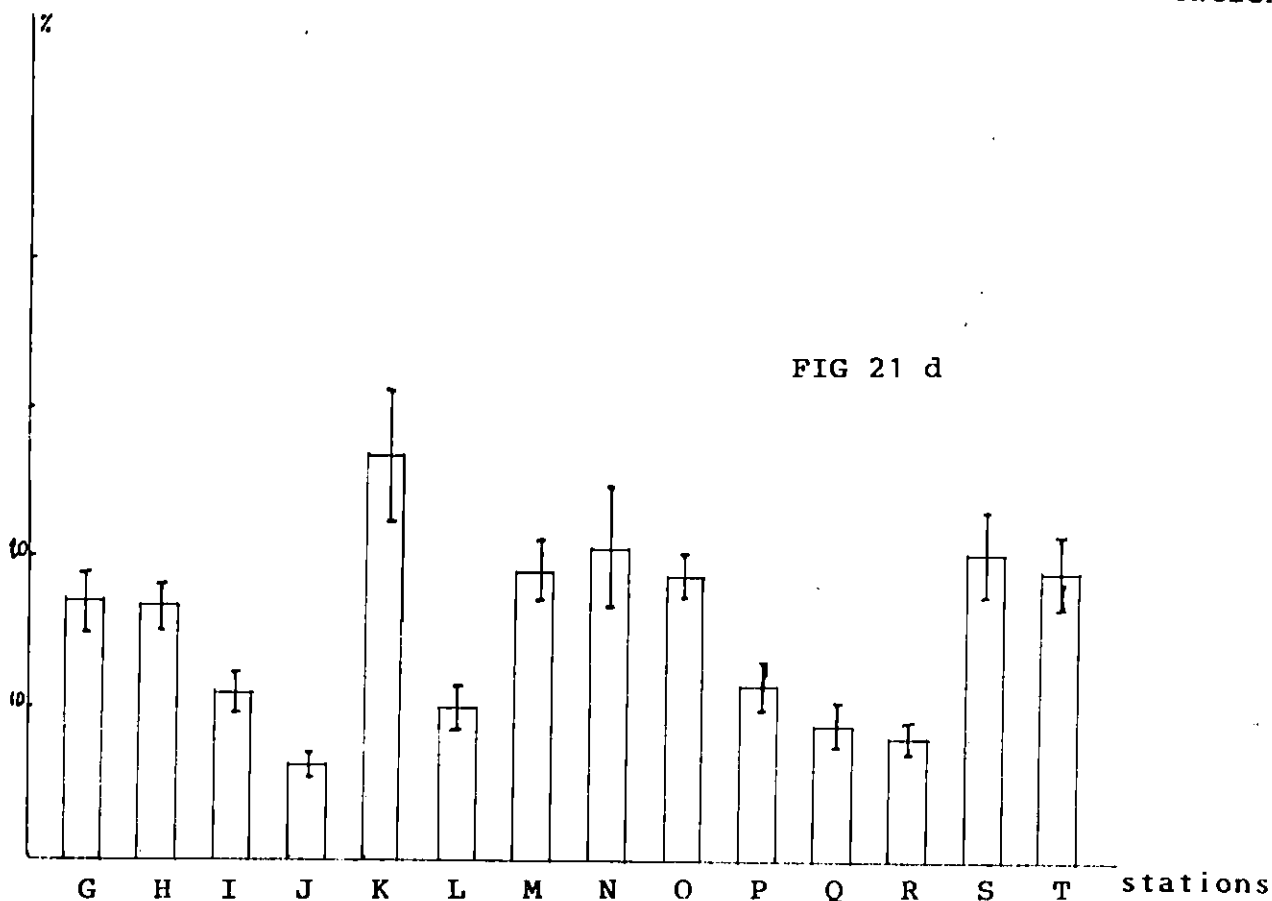
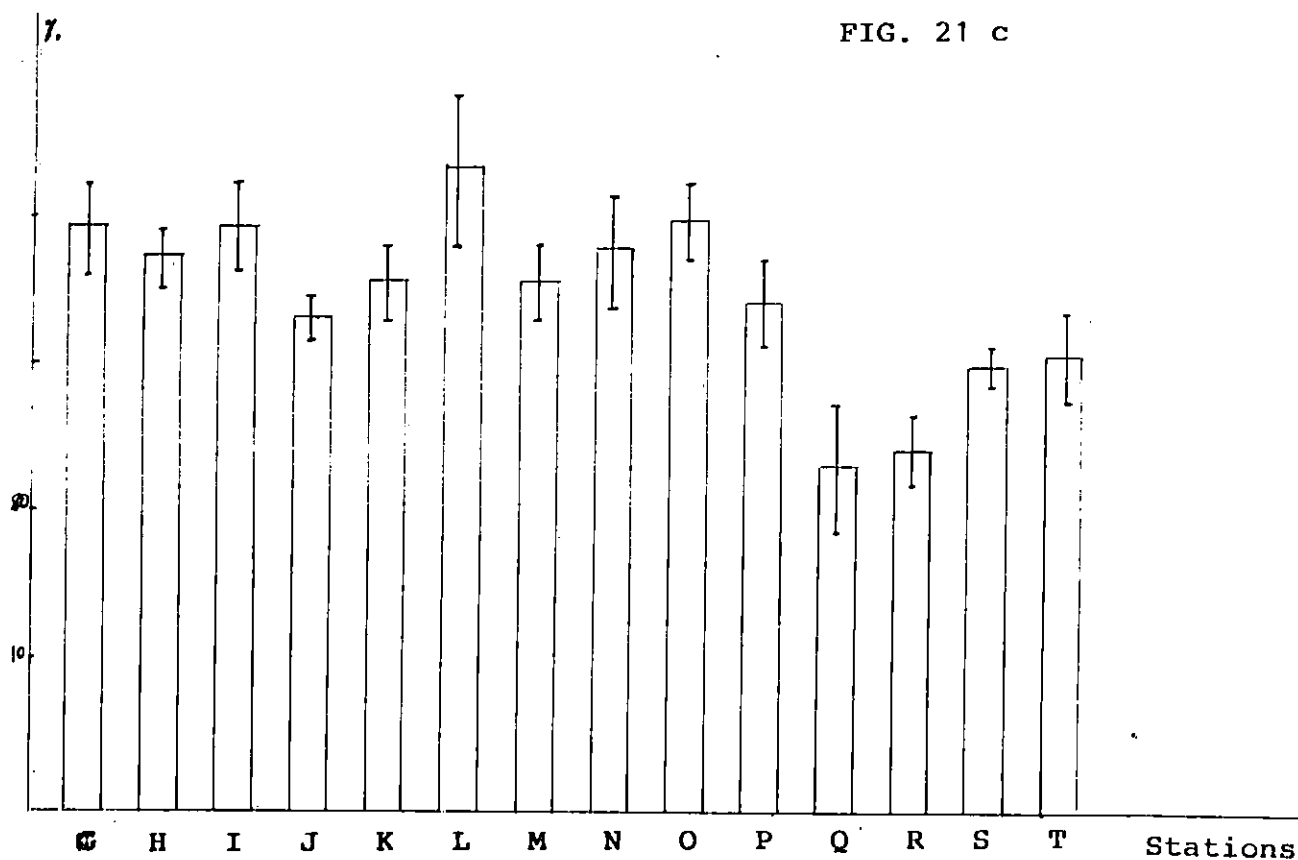


FIG 21a, 21b, 21c, et 21d : Histogrammes représentant les pourcentages moyens par stations correspondant respectivement aux hydrocarbures à 1 - 2 - 3 & 4 - 5 cycles et plus

CONCLUSION GENERALE :

Comme nous l'avons rencontré dans divers documents, la Méditerranée est estimée comme étant relativement plus polluée par les hydrocarbures que toute autre mer pour laquelle des données sont disponibles (UNEP, 1980).

En fait, l'évaluation de toute donnée exige une connaissance du processus biogéochimique régissant le transfert et les destinées des hydrocarbures introduits dans la mer.

Abstraction faite de certaines informations, notre étude sur l'état de pollution de la côte ouest de l'Algérie par les hydrocarbures, effectuée par SPECTROFLUORIMETRIE ULTRA-VIOLET, nous a permis d'émettre quelques conclusions :

- Le golfe d'ARZEW représente la zone la plus polluée par les HPA, la contamination est surtout de type pétrolière et pyrolytique, ce qui coïncide avec l'importance des ports et leur spécialisation (ARZEW et BETHIOUA) ainsi que l'importante zone industrielle d'ARZEW. Ce résultat vient compléter ceux obtenus par Kemoum (1989), Tounsi (1989) et Yahi (1990).

- Les régions de TENES et d'ORAN présentent des teneurs en HPA qui se rapprochent, révélatrices d'une pollution assez importante et preuves de l'influence des activités portuaires et des rejets urbains.

- Le golfe de GHAZAOUET semble moins pollué et la contamination est surtout pétrolière.

- Les îles HABIBAS présentent les caractéristiques d'une zone de référence.

- La contamination des sédiments de tout le secteur étudié est surtout due à une pollution pétrolière.

En effet, les produits pétroliers sont relativement non solubles et rapidement transférés en profondeur par la médiation fécale. Cependant, la contribution des produits de combustion, pétroliers et autres n'est pas à écarter.

- Les apports d'HPA dans le milieu marin ne sont pas uniquement dûs aux activités maritimes et rejets industriels mais les eaux domestiques, les huiles usées, la combustion de goudron de houille et de fossiles, les feux de forêt, représentent une part importante d'hydrocarbures en mer.

- La distribution des HPA au niveau des sédiments est régie par plusieurs paramètres, cela se traduit par une répartition hétérogène. Néanmoins, les teneurs les plus importantes se rencontrent généralement sur un type de sédiment favorable à sa retention : la vase.

Enfin, cette étude est importante dans le sens où les HPA sont des marqueurs utiles pour établir des associations entre les apports de surface, le transfert sur particules et l'incorporation dans le sédiment (Albaiges et Al, 1984) C'est pourquoi, nous suggérons une étude plus complète par :

- Une amélioration des techniques surtout chromatographique, car la SPECTROFLUORIMETRIE ULTRA-VIOLET est une technique globale et ne permet pas l'identification des hydrocarbures.

- Une étude de la répartition verticale des HPA en développant des moyens de prélèvements in situ afin de contourner l'obstacle que constitue la couche superficielle d'eau, riche en hydrocarbures, qui contamine les échantillons de toute la colonne d'eau lors de l'utilisation des moyens classiques d'échantillonnage.

- Le risque de remaniement de sédiment lors de prélèvements à la benne existe, il est donc préférable d'avoir recours à un dispositif plus adéquat (carrotier).

- Orienter la recherche d'HPA des matières biologiques, particulière les espèces indicatrices de pollution (bivalves) et les espèces à forte demande de commercialisation.

BIBLIOGRAPHIE :

- . ALBAIGES J., ALBAGA J and BAYRONAJ.M., (1983) - New perspectives in the évaluation of anthropogenic inputs of hydrocarbons in the western mediterranean coast. VIème Journées etud. pollutions. CIESM., Cannes. pp:199-206.
- . ALBAIGES J., AUBERT J and AUBERT J., (1985) - The foot print of life and of man in : Western mediterranean. Pergamon press. pp:317-351.
- . AMINOT A et CHAUSSPIED M., (1983) - Manuel des analyses chimiques en milieu marin, CNEXO. 395p.
- AWAD H., (1980) - Methode établie pour doser les hydrocarbures dans les sédiments et les organismes marins. Vème Journées etud. pollutions. CIESM, CAGLIARI. pp 69-73
- . AWAD H., (1982)- Evaluation of aromatic hydrocarbons in marine and water: What reference should be considered ? VIème Journées etu. pollutions. CIESM, Cannes. pp 231-233.
- . BAKALEM A., (1980)- Pollution et sources de pollution marine d'origine industrielle sur la côte ouest Algérienne: Etud. préliminaires Vème journée. etud. pollution. CIESM, CAGLIARI pp. 195-200.
- . BARNIER M., EL JAMMAL T et MILLE J., (1988)- Distribution et origine des hydrocarbures dans des sédiments de l'île port-cros . Vie marine, 9. pp. 47-54.
- . BELLAN G et PERES J.M., (1979)- Que sais je ? : La pollution des mers. 2ème éd. (26). 127p.
- . BENZOHRA M et BOUSLIMANE D., (1989)- Le courant algérien. Texte intégrale de la communication citée pendant le 1er Séminaire National sur les sciences de la mer tenu à SIDI FERRUCH: 28 Fév. 1989.
- . BERTRAND A., (1979)- Les principaux accidents de versements pétroliers en mer et la banque de données de l'Institut français du pétrole sur les accidents des navires (1955-1979) éd. Technip. 59p.
- . BLUMER M., (1971)- Hydrocarbons in the marine environment . environ affaires. (1). pp. 54-73.
- . BOUDJELLAL B.H., (1989)- Sels nutritifs et matière en suspension dans le golfe d'ARZEW. contribution à l'étude de la pollution. Mém. de TS en biologie des pêches. ISMAL. 81p.

. BRYAN L.W and WILSON K., (1975)- Principals and technics of pratical biochemistry. Contempolary biology. 256p.

. BURNS K.A., VILLENWE J.P., ANDERLINI V.C and FOWLER S.W., (1982) - Survey of tar.hydrocarbons and métal pollution in the coastal waters of OMAN.mar.pollut.Bull.(13).pp.240-247.

. CAULET J., (1972)- Les sédiments organogènes du préconti-
-nent algérien.mémoire du Muséum National de l'histoire Naturelle.
Nouvelle série C.Sciences de la terre. Tome XXV.Fascicùle unique.
289p.

. DOUABUL A.A.Z., AL SAAD H.T and DARMOIAN S.A., (1984)-
Distribution of pétroleum residus in surficial sediments from Shott
el Arab river and the north west region of the Arabian gulf.mar.
pollut.Bull.(15).pp;198-200.

. DUJMOV J. and SUCEVIC P., (1988)- Patt in recent sediments
of the eastern Adriate coast determined by UV fluorescence spéctro-
-scopy method. Rapp et PV.CIESM.Athenes.(31).2.141p.

. DUJMOV J. et SUCEVIC P., (1990)- Application of synchro-
-nious fluorescence spectroscopy for characterization off the aro-
-matic hydrocarbons in sediment of the middle adriatic.chemistry
and ecology.(4).pp.189-195.

. FOWLER S.W., (1985)- Coastal studies of pollutants in
Bahrein, UAE and Oman . ROPME symposuim on regional marine monito-
-ring and research programs.Al-AIN.pp:

. GESAMP., (1977)-IMECO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA: A joint groupe
of experts and scientific aspect of the marine impact of oil on
the marine environment.RAP.Stud.GESAMP.(6).250p.

. GARRIGUES P., SOCLO H.H., MARNIESSE M.P and AWALD M.,
(1987)- Origin of polycyclicaromatic hydrocarbons (PAH) in recent
sediment from the continental shelf of the ".gólfe de GASCOGNE "
(ATLANTIC OCEAN) and in the Gironde estuary.Inter.j.environ.Anal.
che.Vol28 pp.121-131.

. GIPM., (1973)- Pour une politique de lutte contre la pol-
-lution des mers.rapport du groupe interministériel des problèmes
de pollution de la mer.271p.

. Horizon., juin 1990.

. JAVET A.P., LERCH Pe et PLATTINER E., (1987)-Introduc-
-tion à la chimie pour ingenieurs.press polytech.Romandes.403p.

- . JURETIC D., KUNIC M., NICOLIC O ET MASTROVIC M., (1983)- Analyse par spectrometrie IR et spectrofluorimetrie UV d'echantillons d'hydrocarbures vieilliss à la surface de la mer. ROCC NEWS pp.9-13.
- . KEMOUM A.K., (1989)- Les hydrocarbures dans le golfe d'ARZEW et la baie d'ALGER: Methodes d'analyses d'eau de mer. mémoire de TS en biologie des pêches. ISMAL, 64p.
- . KIRK P.W., and GORDON A.S., (1988)-Hydrocarbon degradation by filamentous marine higher fungi. Mycologia. 80 (6). pp.776-782.
- . LACAZE J.C., (1980)-La pollution pétrolière en milieu marin. ed. MASSON. Paris. 117p.
- . LECLAIRE L., (1972)- La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares (précontinent algérien). mémoire du Muséum National d'Histoires Naturelles. Nlle serie C. Sciences de la nature. TXXIV. fasc. unique. 391p.
- . LE MONDE., 1989.
- . LINDEN O., (1975)- Acute effects of oil and oil/dispersant mixture to laware of Baltic hewing. AMBIO(4):3. pp.243-256.
- . LITERATHY P., ALI M.A., AL-HARMI L., LEE J.W and FARMER A.S., (1987)- Monitoring of oceanographic characteristics and baseline studies of oil and non oil pollutant in the territorial water of Kuwait. report from Kuwait Instutue for scientic research.
- . LLOYD J.B.F., (1971a)-The nature and evidencial value of the luminiscence of automobil engin oils and related materials. Part I: Synchronious excitation of fluorecence emission. Journal of Forensic science society. 11. pp.83-94.
- . LOSIFIDOU H.G., KILIKIDIS S.D and KARMARIANO A., (1982)- Analyses for polycyclic aromatic hydrocarbons in Mussels (*Mytillus galloprovincialis*) from the thermai Kos gulf. Greece. Bull. environ. contam. toxycal. 28. pp:5138-5141.
- . MAUCHE S., (1987)- Mecanismes hydrosédimentaires en Baie d'Alger: approche sédimentologique géochimique et traitement statistiques. Thèse de Doctorat en océanologie . Universté de Perpignan. 213p.
- . MARCHAND M., (1983)- Estimation des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins par spectrofluorimétrie U.V. manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO. pp.329-336.
- . MARTIN A.J.P and SYNGE R.L., (1941)- Biochimie. 1358p.
- . MICHEL P., (1983)- Synthèse des informations relatives à l'impact des hydrocarbures sur la flore et la faune marine. Rap de l'

Rapport de l'ISTPM. Nantes.182p.

. MILLE G., CHEN Y and DOU H., (1982)- Hydrocarbures présents dans des sédiments superficielle méditerranéen (zone côtière fos/mer-Monaco). VIème journées d'étude sur les pollutions marines en méditerranée, Cannes. pp:191-198.

. MILLOT C., (1988)- The circulation in the algerian basin inferred from the Medipro.5 current meter data set. Comm. int. mer medit. (31).2. pp:208-209.

. MORIN PH., CAUDE M., RICHARD H et ROSSET R., (1987)- Couplage de la chromatographie en phase de dioxyde de carbone supercritique avec la spectrométrie IR à transformée de FOURRIER: analyses d'hydrocarbures aromatiques polycycliques et sesquitérpniques. ANULUSIS (15),3. pp.117-127.

. NELSON S.A., (1972)- Oil pollution and marine ecology ed. ELEK Sciences. 260p.

. MOURLON J.C., (1974)- La lutte contre la pollution des mers par les hydrocarbures. IIème journée. Etud. Pollut. CIESM. Monaco pp.53-57.

. PARLANTI E., GARRIGUES P., BELLOCQ J., EWALD M., (1989)- Aromatic compounds in deep sea sediment from the continentale margin (Ecomary programm) : Preliminary results oceanis. (15),4. pp.615-622.

. PARKER B. and BARSON G., (1970)- Biological and chemical significance of surface microlayer in aquatic ecosystems. Bioscience. 20,2. pp:87-93.

. PERES J.M, BELLAN G., RAMADE F., ANCELINI J., LE LOURD Ph., MICHEL P., GAUTHIER M., SOUDAN F et BELLAN SD., (1976)- La pollution des eaux marines .Ed GAUTHIER. 231P.

. PNUE/COI., (1988)- Assessment of the state of pollution of the mediterranean sea by petroleum hydrocarbons. Map technical report. Serie 19.

. PNUE/OMS., (1979)- Principes et directives aux déversement de dechets dans le milieu marin. PP:45-110.

. RAMADE F., (1982)- Elements d'écologie (écologie appliquée). Ed Mc GRAW-HILL. 452 P.

. ROCC., (1987)- Guide de lutte contre les pollutions par les hydrocarbures en méditerranée. 426 P.

. ROQUES H and AURELLE Y., (1985)- More recent developpement in the treatment of oily effluents. International pollution of the mediterranean Sco .PP:107-119.

- SALIGOGLU I.,(1884)-The actual polluante levels and their trends petroleum hydrocarbon.VIIeme journees.etud.pollutions.CIESM. Lucerne PP:497-498.
- SAYDAM A.C.,YILMAZ A.,BASTURK O and SALIHOGLU I.,(1988)-petroleum hydrocarbons in sea water,marine organisms and sediments from northeastern mediterranean and aegean sea.Rapp.Comm.Int.mermedit.(31),2.PP:162-163.
- SCHWARTZ.,(1969)-Méthodes statistiques à l'usage des medecins et des biologistes.Ed Flammarion et coll.1980.318P.
- SICRE M.A.,MARTY J.C and SALIOT A.,(1987)- Aliphatic and aromatic hydrocarbons in different sized aerosols over the mediterranean sea: occurrence and origin. Atmospherique environnement.(21).10.PP:2247-2259.
- SUNAY M.,(1983)-Distribution and source identification of petroleum pollutants,particularly PAH in the northeastern mediterranean.VIeme journees.etud.pollut.mar.med.cannes(1982).CIESM.PP:207-214.
- TAUPIER L.I.,(1988)-Dynamique du bassin algerien.Estimation de la reponse biologique a certaines structures hydrodynamiques de moyenne echelle par teledetection(AVHRR et CZCS)et mesures in situ. These de doctorat.Universite d'aix Marseille III.
- TØRBJØRN D.,(1987)- Oil pollution and plankton dynamics .II abundance pattern of ciliates inside and outside enclosure and the response of ciliates to oil during the 1980 spring bloom in LINDAS pollene norway .sarsia .(12).15PP:192-202.
- TØRBJØRN D.,(1988)-Oil pollution and plankton dynamics V.controlled ecosystem experiment in LINDAS pollene norway,june 1980:Effect of oil, oil/nutrients,and oil dispersant on micro plankton.Sarsia.(73).PP:169-178.
- TOUNSI R.,(1989)-Contribution à l'étude de la pollution de l'eau de mer par les hydrocarbures en baies d'Alger et dans le golf d'Arzew.Mémoire de techniciens superieur en biologie des pêches. ISMAL .60P .
- TRANCHANT J.,GARDAIS ph.,PREVOT.,SERPINET J et UNTZ G.,(1982)- Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse.Ed Masson.504P.

- UNESCO.,(1977)- Manuel de surveillance continue du petrole et des hydrocarbures en mer et sur les plages.COI/OMS/PNUE. document IOC,WMO-UNEP/MED-MRM/3,2.UNESCO.
- VAILLANT J.R.,(1973)-Protection de la qualite des eaux et maitrise de la pollution.COLL du CEBOM.Ed Eyrolles.403P.
- WELLS P.G.,(1972)-Influence of venezuelan crud oil on larvae, mar.poll.bull.3.PP:105-106.
- WHEELER R.B.,(1978)-the fatt of petroleum in the marine enviroment.Exxon production research compagny.Special report.32P.
- YAHY D.,(1990)-Contribution à l'etude de la pollution marine par les hydrocarbures au niveau des secteurs central et occidental du littoral algerien.Memoire d'ingeniorat.ISMAL.135P.
- YOUNG BLOOB W.W and BLUMER H.,(1973)-Alkanes and alkenes in marine benthic algae.Marine biology.21.PP:163-172.
- ZOBELL C.E.,(1972)The occurence,effects and fate oil polluting the sea in:proc.intern.conf.water pollution res,Pergamon press.PP: 85-109.
- ZSOLNAY A.,(1973)-Hydrocarbons and chlorophyll:a correlation in the up.welling region off west Africa.deep.sea.res.20.PP:923-926.
- ZSOLNAY A.,(1977)-Hydrocarbons content and chlorophyll:correlation in the waters between Nove Scotia and the golf steam.Deep sea.res. 24.PP:199-207.

ANNEXE I

1. LA LUTTE EN MER :

Dans ce domaine, les études ont porté essentiellement sur les thèmes suivants :

- Evaluation des risques de pollution
- Estimation de l'importance des nappes
- Dérive et marquage des nappes
- Allègement des navires en difficultés
- Moyens et techniques de confinement de la pollution.
- Moyens et techniques de récupération des hydrocarbures.
- Stockage et transport des produits récupérés.
- Traitement des nappes polluantes par produits dispersants
- Traitement des nappes polluantes par produits absorbants

2. LUTTE CONTRE LES MAREES ET DISPERSANTS MARINS :

Deux procédés existent à l'heure actuelle, pour lutter efficacement contre les différentes marées noires : la récupération et les dispersants.

2.1. La récupération :

Il s'agit de sauvegarder les zones écologiques sensibles. La récupération ne convient qu'aux zones abritées. La zone polluée est recouverte d'absorbant (mousse polyuréthane). Le produit formé est ensuite ramassé par un "écrémeur", une fois ramassé à terre, le résidu peut être soit détruit soit recyclé. Ce moyen étant inopérant en plein mer et par mauvais temps, il existe un autre moyen pour combattre cette pollution.

2.2. Les dispersants :

Après un déversement accidentel d'hydrocarbures en mer, on cherchera à éviter que la nappe d'huile soit poussée par les vents vers la côte; site particulièrement sensible.

Le dispersant favorisant le fractionnement de la nappe, sa dispersion dans l'eau et la biodégradation des hydrocarbures va permettre d'éviter cette pollution côtière en soustrayant l'huile à l'action du vent qui la pousse vers la côte.

Le traitement au dispersant n'entraîne pas la disparition immédiate de l'huile.

Les dispersants marins sont des mélanges d'agents tensio-actifs (émulsifiants) dilués dans un ou plusieurs solvants. Deux types de produits existent aujourd'hui : les conventionnels et les concentrés.

- Les conventionnels : (2ème génération)

Ce sont des produits à faible teneur en tensio-actifs avec des solvants pétroliers qui ne sont pas miscibles à l'eau. Ils sont épanchés exclusivement purs. Ils sont utilisés à dose de 30 à 100 % par rapport à l'huile.

- Les concentrés : (3ème génération)

Ils sont utilisés à dose de 5 à 15 % par rapport à l'huile. Ils peuvent être épanchés purs ou prédilués dans l'eau de mer car ils sont solubles ou facilement émulsionnables dans l'eau de mer.

L'épandage pur est néanmoins fortement recommandé.

- Mode d'action d'un dispersant :

Parcequ'il contient des produits tensio-actifs, le dispersant traverse le film d'huile et se concentre à l'interface huile - eau .

L'agitation de l'eau favorise le fractionnement du film en gouttelettes qui sont déséminées par les courants dans la colonne d'eau jusqu'à environ 1 m



Dispersant + agitation \longrightarrow fractionnement

Fractionnement + courant \longrightarrow dissémination " dilution "

L'agitation de la surface de la mer doit donc être suffisante si celle ci ne l'est pas, un brassage peut être créé en utilisant :

- Des dispositifs spéciaux : panneaux flottants, chaines plastiques.

- En naviguant à vive allure sur la nappe.

- En utilisant une lance incendie jet bâton

3. CONDITIONS D'UTILISATION D'UN DISPERSANT :

Il faut que la viscosité du polluant soit inférieure à 2000 Cst.

En mer, le polluant vieillit :

- Par évaporation de ses fractions les plus légères et par formation d'émulsions dans l'huile appelée "mousse du chocolat".

- Sa viscosité augmente rapidement et cette limite peut être vite atteinte. (phénomène irréversible)

Nature du pétrole	Décision de traitement
<u>Produits raffinés légers</u> Exemple : . Essence/gazole/kérosène.	Traitement possible, mais inutile dans la plupart des cas (disparition par évaporation et dispersion naturelle)
<u>Hydrocarbures de viscosité * < 2000 cSt</u> . Bruts légers et moyens peu vieillis (type Arabian Light) . Fuels légers et moyens peu vieillis (type 50/50)	Dispersion possible avec produits de 3ème génération en priorité.
<u>Hydrocarbures de viscosité * > 2000 cSt</u> . Bruts légers et moyens vieillis. . Bruts lourds (ex. Boscan, Vénézuéla) . Fuels lourds (ex. Bunker C) . Résidus opérationnels	Dispersion peu efficace
- <u>Bruts paraffiniques</u> à point d'écoulement supérieur à la température de l'eau de mer Bu Attifil (Lybie).	Dispersion impossible

4. QUANTITE DE DISPERSANTS A EMPLOYER :

Viscosité	% dispersant/polluant		
	< 1000	1000 - 2000	> 2000
CONVENTIONNELS (2ème génération)	30 - 50 %	Jusqu'à 100 % faible efficacité	Inefficace
CONCENTRES (3ème génération) épanchés dilués à 10 % dans l'eau *	5 - 10 % **	Inefficace	Inefficace
CONCENTRES (3ème génération) épanchés purs	5 - 10 %	10 % - 15 %	Inefficace

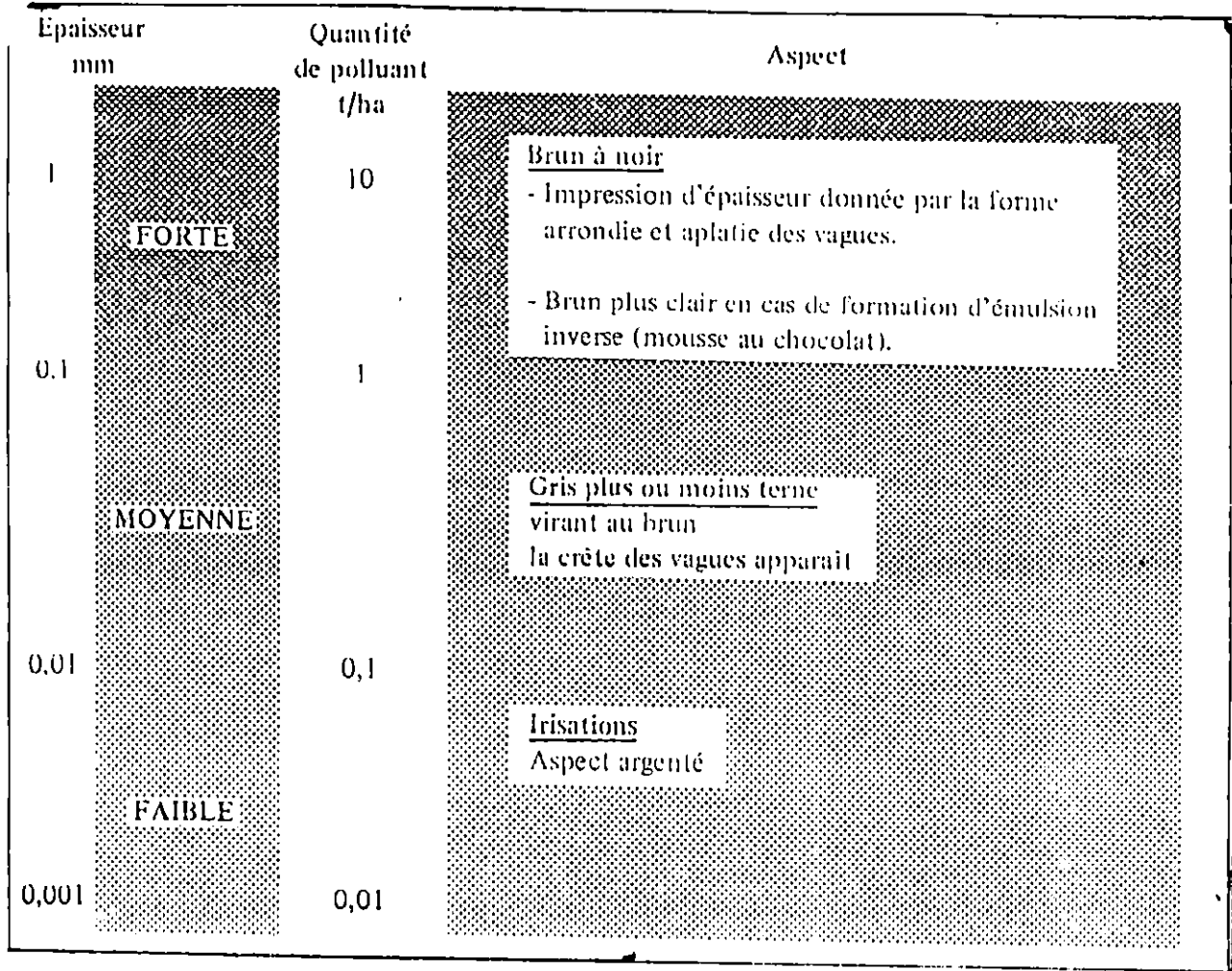
5. EVALUATION DE L'EFFICACITE D'UN TRAITEMENT :

L'efficacité d'un bon traitement se caractérise par la formation d'un nuage d'huile orange à brun clair, quelques fois brun foncé, juste sous la surface de l'eau qui n'apparaît pas toujours immédiatement mais peut s'observer au bout de quelques dizaines de minutes selon l'état d'agitation de la mer.

6. PRESENTATION DES NAPPES :



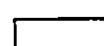
Pour optimiser son intervention, il est utile de pouvoir apprécier l'épaisseur et la forme de la nappe à traiter en fonction de son aspect et de son comportement.

- Aspect de l'huile sur l'eau

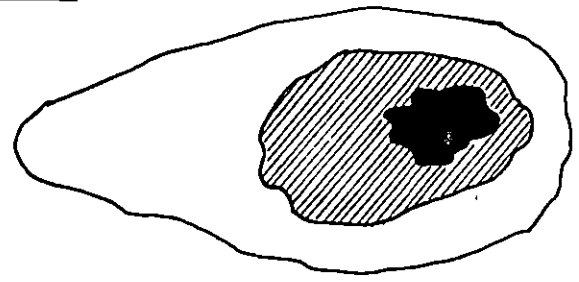


- Topographie des nappes de pétrole :

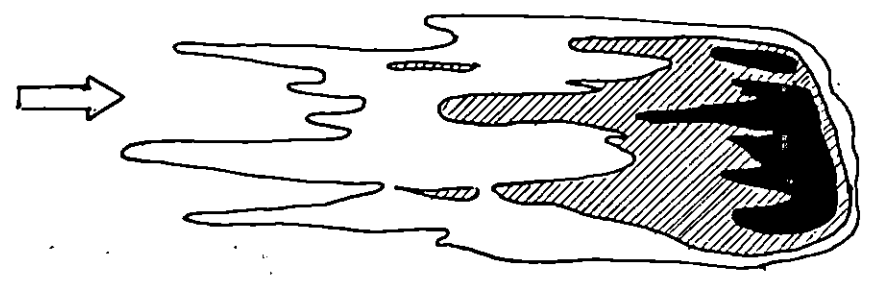
La forme d'une nappe de polluants et la répartition des zones d'épaisseurs " fortes, moyennes, faibles " dépendent essentiellement du vent .

-  - épaisseur forte
-  - épaisseur moyenne
-  - épaisseur faible.

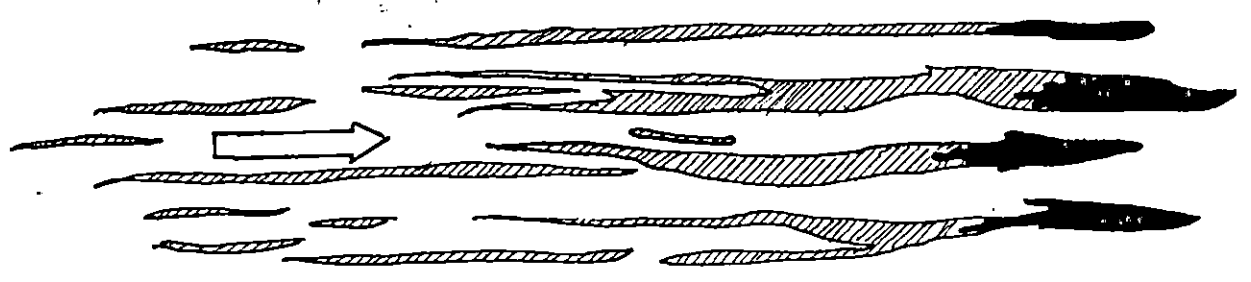
Déversement ponctuel: vent nul à très faible



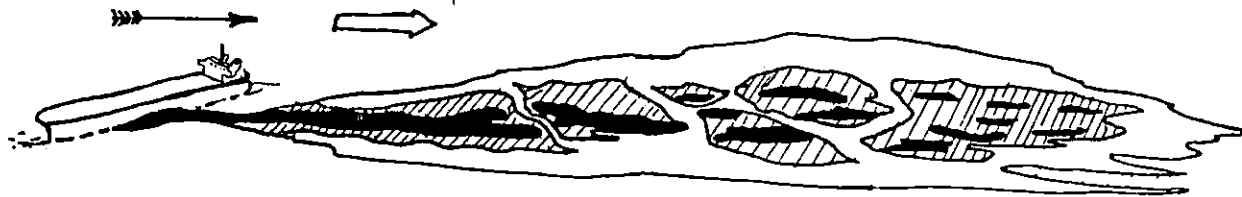
Déversement ponctuel: vent moyen



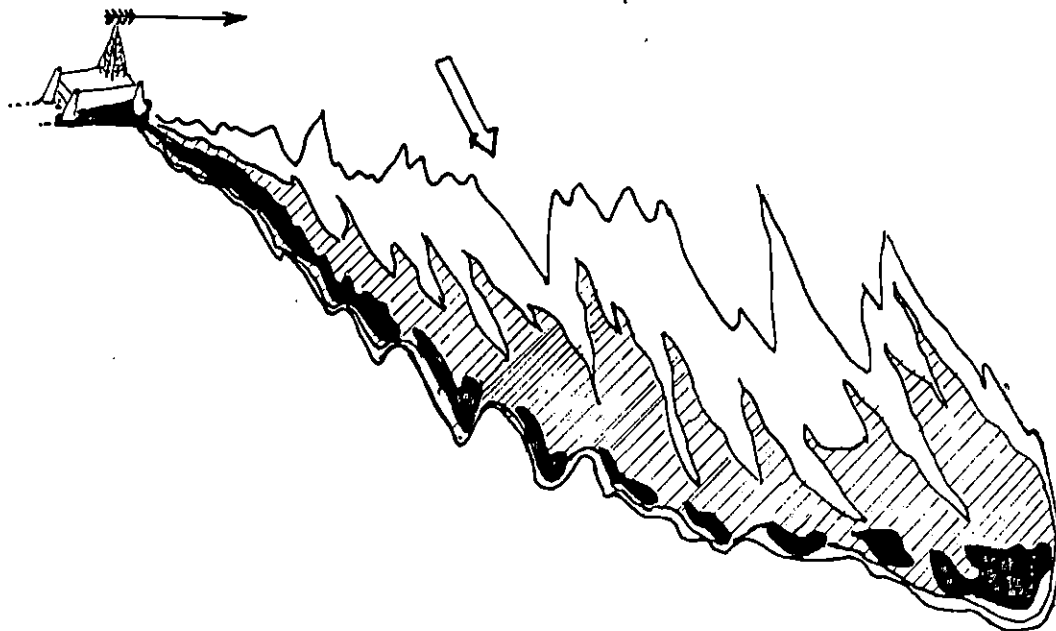
Déversement ponctuel: vent fort



Déversement continu: Vent faible, vent et courant parallèles



Déversement continu: Vent moyen, vent et courant non parallèles



Les parties de la nappe à traiter sont les zones d'épaisseurs moyennes et fortes, on ne traite pas les zones de faibles épaisseurs caractérisées par des irrisations car ces zones irrisées ou argentées correspondent à de très faibles épaisseurs d'huile (moins d'un micron) et contiennent peu de polluants; moins de 10 litres par hectare. (IFP, 1987 ; CEDRE, 1985)

Remarque :

L'épandage de produits dispersants, par navire, par avion ou par hélicoptère obéit maintenant à des règles précises qui s'appliquent à la suite entière des opérations depuis l'agrèement des produits jusqu'à la procédure d'épandage en passant par la détermination des zones d'interdiction d'emploi.

ANNEXE I I

Paramètres physico chimique du golfe d'ARZEW

DATE	STATION	PROF (m)	T° (°C)	O ₂ dissous (mg/l)	pH
21.02.90	I20	0	16,4	8.6	8.44
		20	16.2	8.1	8.49
	I40	0	16.5	8.3	8.46
		20	16.3	8.0	8.47
		40	16.1	8.3	8.48
	I60	0	16.1	8.8	8.44
		30	16.4	9.3	8.44
		60	16	8.2	8.43
	22.02.90	J20	0	16.3	8.3
20			16.4	8.5	8.38
J40		0	16.1	7.5	8.36
		20	16.2	8	8.41
		40	16.1	8.3	8.43
J60		0	16.1	8.8	8.44
		30	16.4	9.3	8.44
		60	16.0	8.2	8.43
22.02.90		K20	0	17.1	9.2
	20		16.3	9.4	8.18
	K40	0	16.8	8.6	8.18
		20	16.3	8.4	8.21
		40	16.2	9.0	8.22
	K60	0	16.3	9.2	8.24
		30	16.1	8.5	8.26
		60	16.1	8.9	8.27
	15.02.90	L40	0	16.5	9.3
20			16.1	8.8	8.31
40			16.0	8.9	8.31
L60		0	16.4	8.3	8.24
		30	16.1	8.4	8.25
		60	15.9	8.2	8.25
L20		0	17.0	8.7	8.31
		20	16.4	8.8	8.31

Paramètres physico chimiques du golfe d'ORAN

DATE	STATION	PROF(m)	T° (°C)	O ₂ dissous mg/l	pH
16.02.90	M20	0	16.5	9.4	8.33
		20	16.1	9.1	8.34
	M40	0	16.7	9.2	8.31
		20	16.1	9.0	8.31
		40	16.2	8.7	8.33
	M60	0	16.6	9.0	8.27
		30	16.1	8.6	8.20
		60	16.0	8.4	8.30
	19.02.90	N40	0	16.7	9.7
20			16.2	9.3	8.12
40			16.1	9.3	8.15
N60		0	16.7	9.4	8.13
		30	16.3	9.1	8.16
		60	16.1	9.0	8.14
N20		0	16.5	9.3	8.17
		20	16.4	9.1	8.22
O20		0	16.9	9.8	8.15
		20	16.4	9.9	8.16
O40		0	16.6	9.0	8.24
		20	16.3	8.2	8.27
		40	16.1	9.0	8.28
O60		0	16.3	9.8	8.30
		30	16.1	9.3	8.31
		60	16.1	8.9	8.30

Paramètres physico chimiques du golfe de GHAZAOUET

DATE	STATION	PROF(m)	t° (C)	O ₂ dissous mg/l	pH	
18.02.90	P20	0	16.7	8.80	8.28	
		20	16.5	8.40	8.28	
	P40	0	16.8	8.5	8.26	
		20	16.5	8.7	8.27	
		40	16.6	8.5	8.28	
	P60	0	16.8	8.6	8.22	
		30	16.6	8.7	8.24	
		60	16.5	8.8	8.26	
	Q20	0	16.9	8.8	8.22	
		20	16.3	8.10	8.24	
	Q40	0	15.2	8.20	8.25	
		20	15.6	8.40	8.26	
		40	15.5	8.50	8.26	
	Q60	0	16.3	6.80	8.27	
		30	16.0	5.40	8.28	
		60	15.9	6.70	8.27	
	17.02.90	R20	0	16.3	8.80	8.20
			20	17.3	8.30	8.20
				9.10	8.28	
R40		0	16.5			
		20	16.1	9.0	8.20	
		40	16.0	8.8	8.28	
R60		0	16.8	9.2	8.19	
		30	16.2	8.9	8.18	
		60	16.0	8.2	8.22	
S10		0	16.9	8.4	8.25	
		10	16.0	8.7	8.27	
S20		0	16.8	8.5	8.20	
	20	15.9	7.7	8.23		

17.02.90	S40	0	16.5	8.5	8.12
		20	16.1	8.4	8.16
		40	15.8	8.3	8.16
	S60	0	15.7	8.3	8.10
		30	15.7	8.6	8.13
		60	14.8	9	8.14
	T ₁	+	16.1	12.4	39
	T ₂	+	16.5	13.6	42
	T ₃	-	17	13.4	41

Paramètres physico chimiques de la région de TENES

DATE	STATION	PROF(m)	T°(°C)	O ₂ dissous mg/l	pH
23.02.90	G20	0	16.0	9.4	7.98
		20	15.8	7.8	8.07
	G40	0	16.0	8.8	8.08
		20	15.7	8.2	8.10
		40	15.5	8.1	8.13
	G60	0	16.0	9.25	8.15
		30	15.6	7.16	8.18
		60	15.3	7.10	8.20
	22.02.90	H20	0	16.1	8.6
20			15.9	8.8	8.43
H40		0	16.1	8.9	8.43
		20	15.9	8.6	8.46
		40	15.8	9.5	8.43
H60		0	16.2	8.8	8.32
		30	16.0	8.9	8.36
		60	15.7	8.2	8.39

ANNEXE III

Représentation de quelques spectres obtenus par
SPECTROFLUORIMETRIE à mode synchrone.

1- J. 20

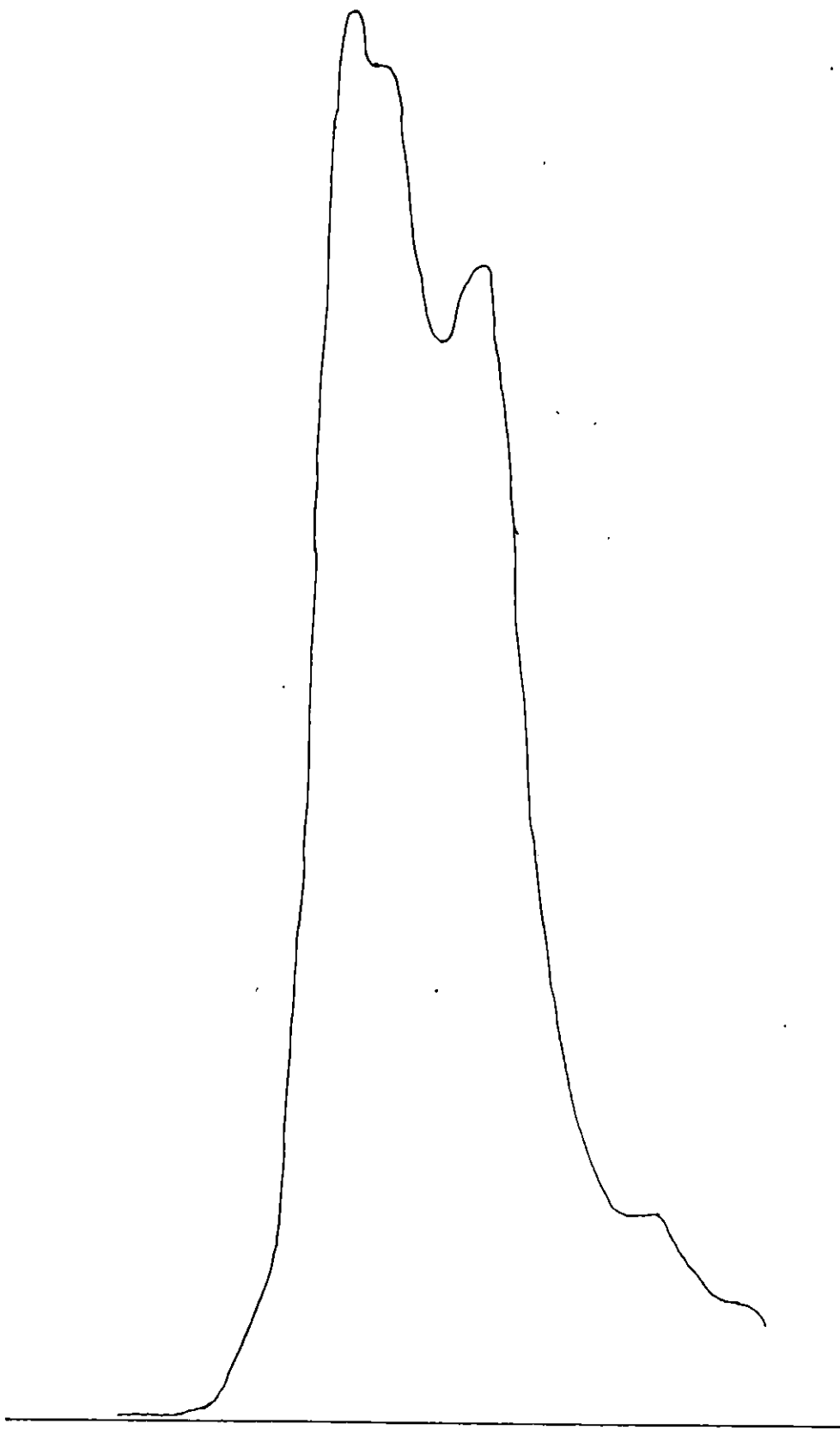
2- I 40

3- G 40

4- H 60

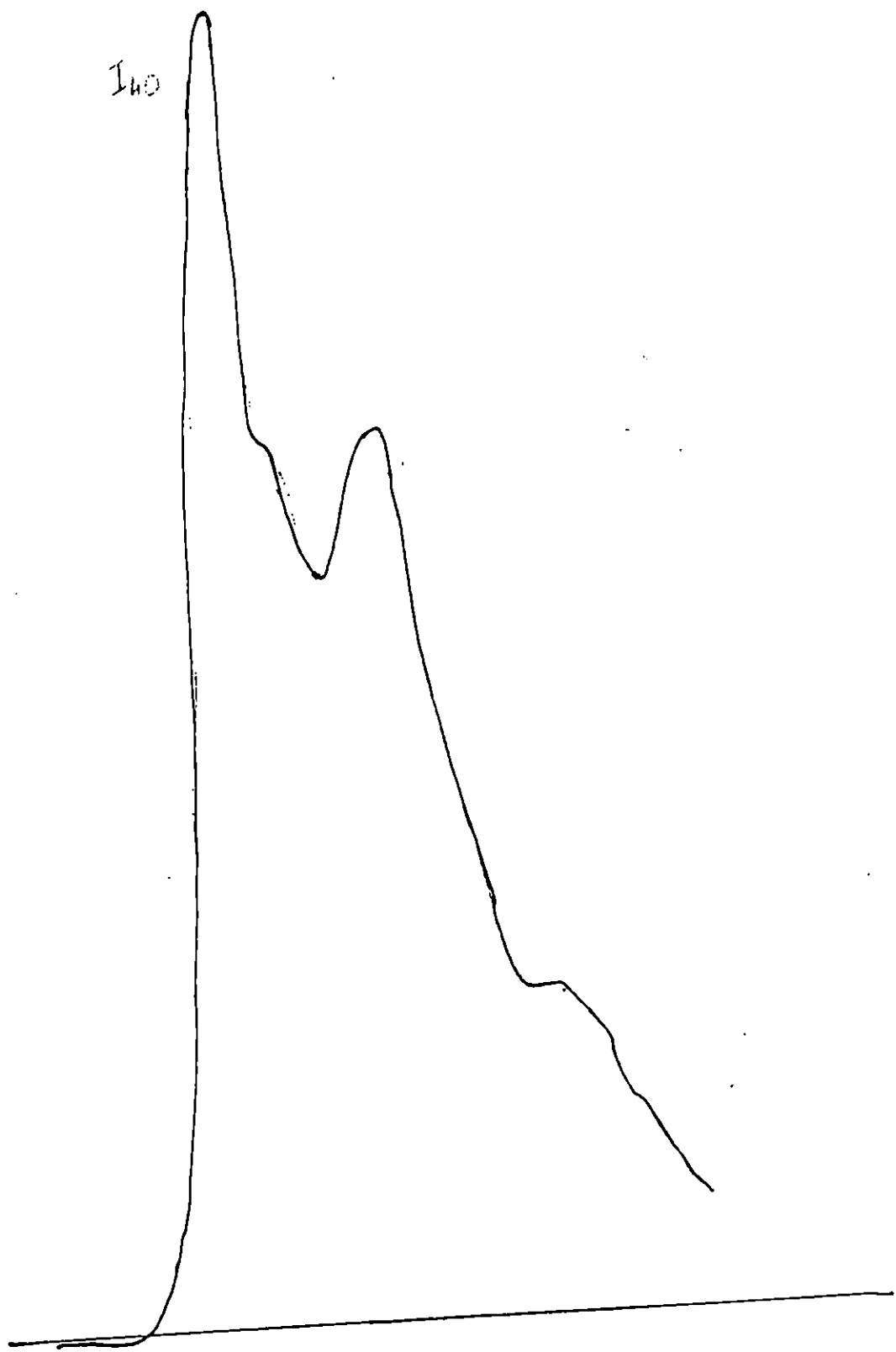
5- P 20

6- L 20



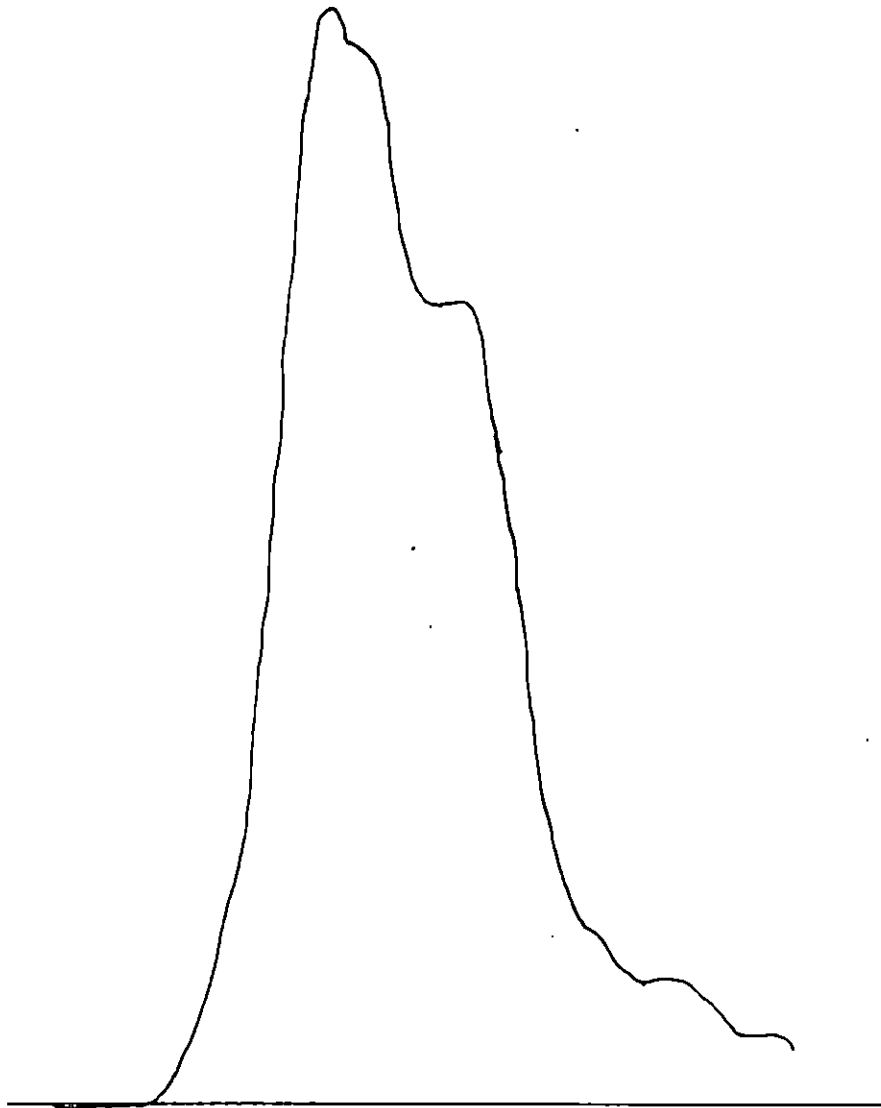
1

140

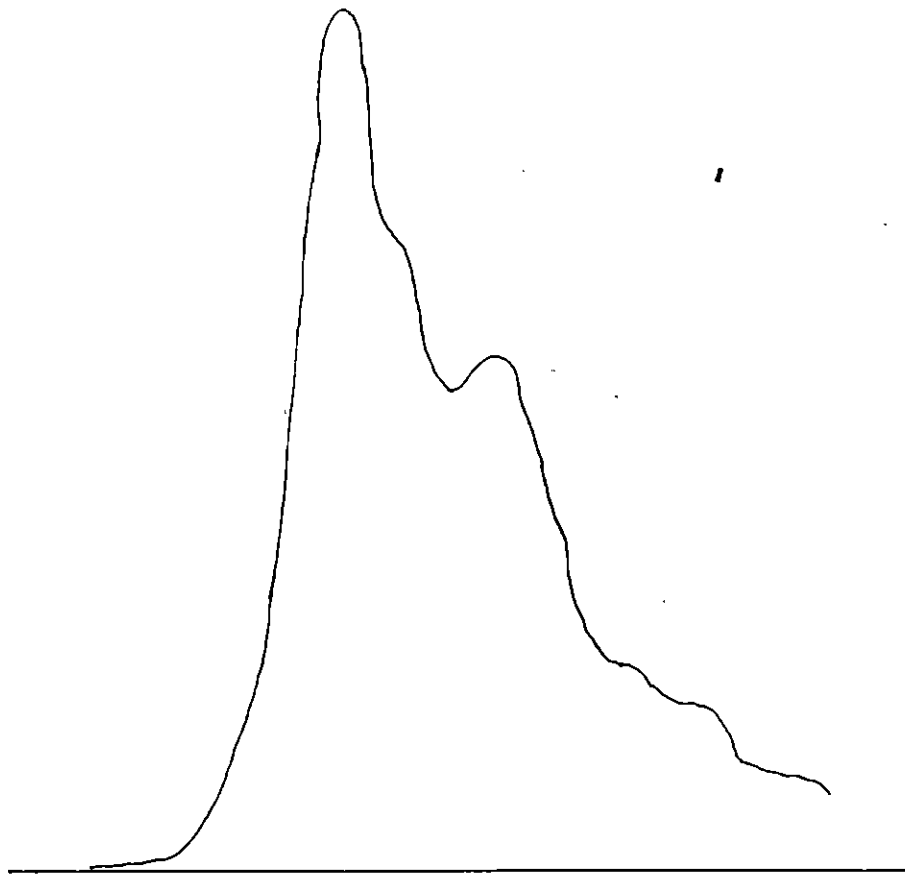




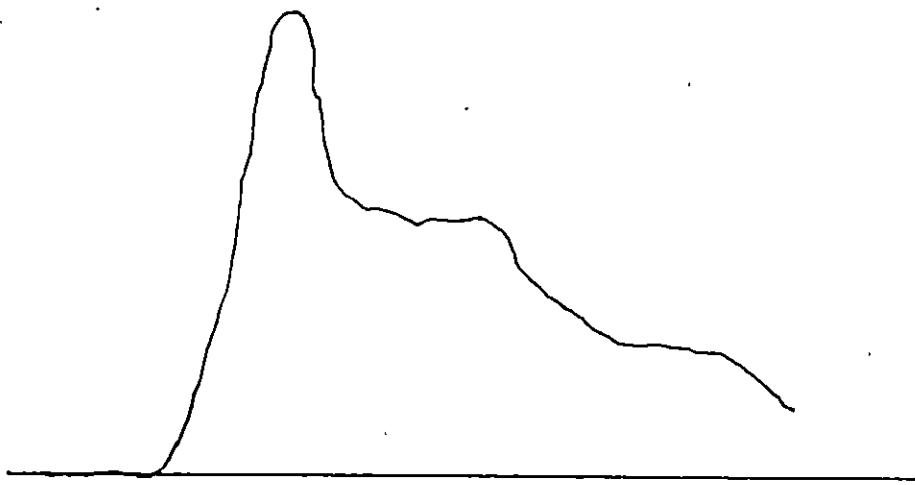
3



4



5



6