

وزارة الجامعات والبحث العلمي
Ministère aux Universités et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT DE GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ANALYSE DES HYDROCARBURES
DANS L'EAU DU PORT D'ALGER

Proposé par : Mme KITOUS Etudié par : Mr LATROUS Dirigé par Mme KITOUS
(L-A)

PROMOTION : JUILLET 92

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Dedicaces

Je dedié ce travail :

a Nathalie

a ma famille

a tous mes amis

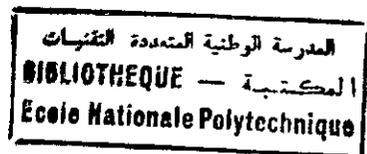
TABLE DE MATIERES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PARTIE THEORIQUE

- I) INTRODUCTION
- II) DEFINITION DE LA POLLUTION
- III) CYCLE BIOGEOCHIMIQUE DE LA POLLUTION
- IV) CYCLE BIOLOGIQUE DE LA POLLUTION
- V) TOXICITE ET BIOACCUMULATION
- VI) POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES
- VII) CLASSIFICATION DES HYDROCARBURES
 - VII)-1-PETROLES BRUTS
 - VII)-2-PETROLES RAFFINES
- VIII) -FAMILLES D'HYDROCARBURES
 - VIII)-1-HYDROCARBURES ALIPHATIQUES
 - VIII)-2-HYDROCARBURES NAPHTENIQUES
 - VIII)-3-HYDROCARBURES AROMATIQUES
- IX) AUTRES FAMILLES D'HYDROCARBURES
 - IX)-1-RESINES
 - IX)-2-ASPHALTENE
- X) ORIGINE DES HYDROCARBURES DANS L'EAU MARINE
- XI) DEVENIR ET COMPORTEMENT DES HYDROCARBURES
DANS L'EAU DE MER
- XII) EFFETS DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES
- XIII) METHODES ANALYTIQUES

PARTIE EXPERIMENTALE



XIV)-ECHANTILLONAGE

XIV)-1-METHODOLOGIE D'ECHANTILLONAGE

XIV)-2 PROCES VERBAL D'ECHANTILLONAGE

XVI) MESURE DES PARAMETRE PHYSICO CHIMIQUES

XVII) QUANTIFICATION DES HYDROCARBURES TOTAUX

XIII) MESURE EN C.G.M.S

XIX) CONCLUSION

ANNEXE

I) INTRODUCTION

La pollution marine constitue depuis déjà deux décennies un problème universel fort préoccupant. Aujourd'hui la menace est si lourde pour l'ensemble des mers et des océans et l'inquiétude est si grande dans l'opinion publique que les états cherchent individuellement et en commun tous les instruments nécessaires pour freiner, réduire ou enrayer la pollution marine. En raison de rapides progrès scientifiques et techniques accomplis ces dernières années, le rythme et l'intensité des activités polluantes et qui se traduisent par la prolifération des sources de nuisance qui perturbent et endommagent gravement l'environnement marin. Par ailleurs, en raison des nouvelles connaissances sur les équilibres biologiques et écologiques, l'homme découvre que sa propre survie et aussi intimement liée à chaque maillon de la chaîne trophodynamique et l'altération de celle-ci à des retentissements lointains et tragiques pour l'équilibre écologique et l'ensemble du monde vivant.

II) DEFINITION DE LA POLLUTION MARINE

Du mot latin polluere: qui veut dire mouiller puis souiller, le mot pollution veut dire :souillure et profanation., le groupe interministeriel d'étude des problèmes de pollution de la mer définit la pollution marine comme suit: << Une modification de l'équilibre naturel de la mer susceptible de mettre en danger la santé de l'homme, de nuire aux ressources biologiques, à la flore, à la faune marine, de porter atteinte aux agréments ou de gêner toutes utilisations légitimes de la mer >>. la notion de pollution des mers et de l'eau est explicitée par les experts de la façon suivante: << un cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux sont directement ou indirectement modifiées du fait de l'action de l'homme >>.

L'introduction par l'homme dans le milieu marin (y compris les estuaires) directement ou indirectement de substances ou d'énergies ce qui entraîne des effets immédiats tels que dommage aux ressources biologiques, danger pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes y compris la pêche, diminution de la qualité de l'eau de mer au point de vue de son utilisation et réduction des possibilités offertes dans le domaine des loisirs.

III) CYCLE BIOGÉOCHIMIQUE DE LA POLLUTION ET POLLUANTS

Qu'est ce qui contribue à la pollution de la mer? Tout d'abord l'existence sur ces rivages de villes à la démographie croissante (pour la méditerranée la population riverraine seulement serait appelée à doubler dans une quarantaine d'années pour atteindre 240 millions d'habitants), démographie qui subit une pointe appréciable de quelques dizaines de millions d'individus supplémentaires dans les périodes de tourisme, cette population se trouve donc à l'origine des rejets en mer de quantités croissantes d'eaux usées la plupart du temps non traitées. En plus, ces agglomérations sont en majorités le site de nombreuses industries installées à proximité des côtes pour des raisons techniques ou économiques qui s'accompagnent inmanquablement par leurs revers en pollution par la voie des aires ou sous forme de résidus nocifs liquides ou solides qui la plupart du temps terminent leur odyssée en mer. En second lieu la mer est le débouché naturel de cours d'eau, certains plus ou moins inoffensifs, tandis que d'autres les plus importants d'ailleurs carrément chargés d'effluents pollués qu'ils ont drainés le long de la traversée des zones industrielles successives qui jalonnent leur cours. Enfin la mer, voie navigable, peut malheureusement être le siège de pollution clandestine de produits divers de haute toxicité à l'origine de désastres écologiques irrémédiables.

IV) CYCLE BIOLOGIQUE DE LA POLLUTION

Le suivi du cycle d'un polluant ou produit toxique depuis sa source jusqu'à l'homme traduit aujourd'hui la meilleure approche des phénomènes causant la détérioration inexorable de;

l'environnement marin. d'une façon plus claire qu'en est-il du détail de ce cheminement? La pollution est l'histoire d'un polluant qui depuis sa source jusqu'à sa destination finale a emprunté différentes trajectoires possibles au cours desquelles il peut se transformer et accroître sa concentration au fur et à mesure des différentes étapes. sa source peut être située près de la mer ou en être éloignée à des milliers de kilomètres.

V) TOXICITÉ ET BIDACCUMULATION

Polluant ———>eau ———>plancton————>poisson————>homme. soit un polluant rejeté à des concentrations faibles dans l'eau de mer les analyses montreront qu'ils se trouvent à l'état de traces dans l'eau, par absorption il contaminera le premier maillon de la chaîne alimentaire marine qu'est le phytoplancton, le zooplancton se nourrissant de phytoplancton se retrouvera également contaminé mais à plus forte dose, des poissons maillon supérieurs ingéreront une quantité de ce polluant proportionnelle à la quantité

de zooplancton assimilée, l'homme dernier maillon trophique et notre corps par le biais de l'alimentation contiendra une teneur assez élevée en ce polluant.

Des quantités infimes dans l'eau de mer, d'un produit peuvent conduire à des intoxications extrêmement graves, l'exemple reste dans l'histoire est celui de la contamination mortelle d'une population par le méthyl mercure (minimata) au Japon.

VI) POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES

En ce qui concerne les hydrocarbures, la marée noire est l'exemple le plus connu, les conséquences sur le milieu marin et les côtes ont donné lieu à des images bouleversantes. Les accidents de pétroliers tels que ceux de l'AMOCO CADIZ, du TORREY CANYON et récemment de l'EXXON VALDEZ ou encore le HAVEN dans le golfe de GÈNES. De nos jours la pollution par les hydrocarbures n'est plus une hypothèse à débattre mais une réalité à affronter et dont l'importance s'accroît en fonction de la nécessité de cette énergie. L'équilibre écologique des mers fermées et semi fermées tel que la méditerranée est menacée par cet agent polluant. De ce fait, de récents programmes de surveillance de la méditerranée ont été élaborés, on citera comme exemple le programme MEDPOL

plan bleu . De nombreux scientifiques se sont intéressés à la pollution due aux hydrocarbures comme BELLAMY et AL (2), HEPPLER (3) ,BLUMER (4),et de nombreuses publications ont été élaborés dans ce sens.

VII) CLASSIFICATION DES HYDROCARBURES

Les hydrocarbures sont appelés communément "pétrole" ou des fois "huiles", et ce sont des substances qui contiennent généralement du carbone et de l'hydrogène ,ils peuvent contenir d'autres éléments comme le soufre , l'azote , l'oxygène cependant ces éléments sont minoritaires . Ce sont des produits dont la masse peut varier de 16 a 2000 . On distingue les pétroles bruts et les pétroles raffinés .

VII)-1- Pétroles Bruts:

Le pétrole brut se trouve à l'état naturel dans les gisements naturels décelés par des techniques de prospection et d'où l'on extrait par le forage des puits pour servir de matière première aux industries de raffinage et de la pétrochimie ,et ce sont des hydrocarbures présentant des substances volatiles et des cires complexes et visqueuses qui peuvent contenir des éléments tel que l'oxygène, vanadium, nickel ,soufre et sels minéraux en quantité infime , la différence principale entre le pétrole brut et le

pétrole raffiné ,c'est que le pétrole brut se distingue du pétrole raffiné par l'absence des alcènes (hydrocarbures oléfiniques),en effet les formes oléfiniques si elles,ont pu se constituer lors de la formation des pétroles bruts se sont lentement et totalement transformés en molécules stables au cours des siècles dans les gisements.

VII) -2- Pétroles Raffinés:

VII) -2-1- Gaz Liquéfiés

Pour ces hydrocarbures commerciales à l'état liquide en bouteille sous pression, employés sous forme gazeuse pour la cuisine ,le chauffage domestique, l'éclairage de camping et des usages industriels comme l'oxycoupage au propane ,l'analyse complète d'un produit pétrolier se fait en chromatographie en phase gazeuse ,les divers hydrocarbures entraînés successivement par un courant de gaz vecteur étant détectés et identifiés a la sortie de l'appareil et leur volume relatif enregistré.

VII)-2-2- Essences: C6-C12

L'essence soumise a une garantie d'utilisation sévère comme carburant ou comme solvant doit avant tout être composé d'hydrocarbures de volatibilité correcte ce qui est vérifiée par un test de distillation a l'alombic automatique, son comportement dans un moteur est chiffré en laboratoire par différents indices d'octanes mesurant la résistance au cliquetis et à l'auto allumage.

VII)-2-3- Kérosènes: C9-C15

Appelés aussi pétroles lampants et carburéacteurs ,ce sont des produits de base de l'industrie petrolière.

VII)-2-4- Gasouils:

Catégorie de pétrole intermédiaire entre les légers et les lourds, le moteur Diésel est certes moins exigeant sur la qualité de son carburant que le moteur a essence ,il importe néanmoins de lui garantir un gasoil bien distillé: ni trop léger et inflammable d'où essai de distillation et point d'éclair ,d'où mesure de la viscosité et de la température de figeage(point d'écoulement)

VII)-2-5- Les fuels oils: C14-C18:

Les combustibles liquides sont utilisés dans l'industrie et la marine pour la chauffe des fours et des chaudières ainsi que pour certains moteurs Diésels lourds, leurs caractéristiques portent principalement sur:

- Viscosité qui se détermine en mesurant la température d'utilisation.
- Pouvoir calorifique.
- La teneur en soufre.
- Le point d'éclair.
- La teneur en eau et en sédiments.

VII)-2-6- Lubrifiants (Huiles de graissage): C18 et au dela

Extrêmement divers suivant leur destination, ces produits nobles de raffinage subissent d'abord, les contrôles classiques d'inflammabilité (point d'éclair) et de fluidité (viscosité, point d'écoulement), leur stabilité à la chaleur et à l'oxydation par exemple est vérifiée à 200°C en faisant barboter un courant d'air pendant douze heures.

VII)-2-7- Les Paraffines (Cires de Pétroles)

Les caractéristiques capitales de ces dérivés solides , à température normale et leur point de fusion ,qui doit être suffisamment élevé pour éviter tout ramollissement des bougies et tout collage intempestif des emballages paraffinés.

VII) 2-8- Bitumes (ou Asphaltes)

Naguère spécialité de quelques raffineries qui les tiraient du pétrole bruts particuliers ,ce sont maintenant des produits de grande consommation exigés en tonnage croissant pour la construction de route, d'autoroutes ,d'ensembles immobiliers et autres travaux publics

VIII) FAMILLES D'HYDROCARBURES

On distingue 3 grandes familles:

VIII) -1- Les Hydrocarbures Aliphatiques:

VIII) -1-1- Les Alcanes(Paraffines): C_nH_{2n+2}

Ce sont des hydrocarbures allant du méthane jusqu'aux composés ayant plus de 60 atomes de carbone ,les alcanes peuvent être linéaires ou normaux comme $CH_3-CH_2-CH_3$ n alcanes ou ramifié (isoalcanes) comme $(CH_3)_2-CH-CH_2-C(CH_3)_3$. Ils représentent 30% du pétrole brut et sont caractérisés par:

- Une absence presque totale de toxicité sauf pour les plus légers d'entre eux .
- Une biodégradation rapide surtout pour les n alcanes..
- Le crackage hydrogénant des pétroles lourds est une source d'alcanes plus légers.

VIII)-1-2- Les Alcènes(Oléfines): C_nH_{2n}

Homologues les plus généraux du plus simple d'entre eux ,l'éthène ou éthylène $CH_2=CH_2$, les alcènes ou carbures éthyléniques diffèrent des alcanes par l'ablation de deux atomes d'hydrogènes pris à deux voisins que l'on relie par une liaison double. les alcènes simples n'existent guère à l'état naturel à l'exception de traces d'éthylène ,par contre ils constituent environ la moitié des hydrocarbures provenant du crackage du pétrole. Ils se distinguent des alcanes par l'instabilité de leurs molécules et leurs toxicités élevées.

VIII) -2- Hydrocarbures Naphténiques:

Ils sont constitués par les cyclo-alcanes, renfermant des formes monocycliques saturés ayant 5 ou 6 atomes de carbone tels que : cyclo-pentane ou cyclo-héxane. Les naphtènes représentent en moyenne 40 à 50% des pétroles bruts. Ce sont en général des composés saturés peu toxiques , certains d'entre eux sont considérés comme témoins d'une pollution pétrolière tel que le stéranne.

VIII) -3- HYDROCARBURES AROMATIQUES:

Composés dont la molécule renferme au moins une fois l'arrangement hexagonal qui caractérise le benzène, plusieurs parfums naturels parmi les premiers identifiés s'étaient révélés comme les dérivés d'un hydrocarbure : le benzène constituant du goudron de houille. C'est là l'origine de l'adjectif << aromatique >> peu à peu étendu à toutes les substances odorantes ou non. Ce sont des composés difficilement biodégradables très persistants d'où leur présence en milieu marin en quantité non négligeable des années après contamination, plusieurs d'entre eux sont reconnus cancérigènes tels que: 3-4 BENZOPYRENE et 1-2 BENZO-ANTHRACENE d'après PERES et AL (5), GESAMP(6), LACAZE(7), MICHEL et AL(8). le problème des hydrocarbures cancérigènes est l'un de ceux qui soulèvent les opinions les plus diverses, il est admis que certains hydrocarbures aromatiques à haut point d'ébullition possèdent entre 4 et 7

cycles benzéniques ou hydrocarbures polyaromatiques (H.P.A) ont des propriétés cancérigènes(5). Les H.P.A sont des composés constitués de plusieurs noyaux benzéniques condensés, ils peuvent être rencontrés sous forme de dérivés où un ou plusieurs hydrogènes sont substitués par des groupements :

alkyles, nitro, chloro, hydroxy, carboxy, amino et époxy. certains d'entre eux peuvent contenir également un ou plusieurs hétérocycles avec notamment un atome d'azote ou de soufre.

De part leur réactivité, ces composés présentent un réel danger lorsqu'ils contaminent une eau. Les H.P.A qui présentent un réel danger sont répertoriés dans un tableau par l'agence Américaine pour la protection de l'environnement et doivent être recherchés en priorité.

Tableau: H.P.A retenus par l'E.P.A comme micro polluants

1-Naphtalène		12-Benzo(a)fluoranthène
2-Acetonaphtylène	7-Acénaphène	13-Benzo(b)fluoranthène
3-Phénanthrène	8-Anthracène	14-Benzo(k)fluoranthène
4-Fluoranthène	9-Pyrène	
5-Chrysène	10-Indénone(1,2,3,c,d)Pyrène	
6-Dibenz(a,h)	11-Benzo(g,h,i)Pérylène	

D'autre part PERES et AL(5) et GESAMP(6) affirment: que les hydrocarbures aromatiques parmi lesquels le toluène, le benzène...etc sont des poisons violents pour les organismes vivants, les concentrations allant de 10 à 90 P.P.M en benzène et en toluène et de 4 à 5 P.P.M en naphtalène et en anthracène sont des doses toxiques pour les poissons. Les H.P.A se forment généralement lors de la combustion incomplète, en passant à l'état de poussière, ils arrivent dans les eaux de surface contaminant le littoral.

IX) AUTRES FAMILLES D'HYDROCARBURES

IX) -1-Résines:

Contiennent des molécules d'azote et d'oxygène et qui sont responsables du processus initial de l'émulsion inverse de l'eau de mer.

IX) -2-Asphaltènes:

Caractérisés par un poids moléculaire élevé de structure inconnue, ils sont considérés comme des goudrons qui contiennent des molécules de soufre, d'azote, d'oxygène et des métaux tels que vanadium et le nickel.

X) ORIGINES DES HYDROCARBURES DANS L'EAU MARINE

X) -1- Origine naturelle :

Ces apports sont indépendants de toute activité humaine, ce sont des phénomènes naturels dus à la remontée d'hydrocarbures fossiles du contenu de certains gisements situés sur le plateau continental(8).

X)-1-1- Hydrocarbures d'origine biogénique

Les hydrocarbures peuvent être synthétisés par les organismes ou ingérés ou métabolisés par ces dernières(7). on peut citer comme exemple certaines algues benthiques ou phytoplanctoniques qui sont riches en hydrocarbures et peuvent renfermer 1000 à 2000 P.P.M d'hydrocarbures par rapport à leur poids sec YOUNGBLOOD(9), d'autre part ZOBELL(10) estime que la concentration moyenne d'hydrocarbures dans certaines plantes est au moins égale à 10 P.P.M, de plus PERES(5) signale que le 3-4 BENZOPYRENE peut se former par biosynthèse naturel à partir du substrat métabolique de planctons sous l'action de bactéries aérobies, certains auteurs ont essayé d'établir des critères de distinction entre un hydrocarbure biogène et un autre d'origine pétrolière, pour cela LACAZE(7) a indiqué les points suivants:

- le pétrole contient un mélange beaucoup plus complexe d'hydrocarbures avec une plus grande variété de structures et de poids moléculaire
- Il possède entre autre des hydrocarbures avec un nombre de carbone pair et impair présents en quantité sensiblement égales ce qui n'est pas le cas pour les hydrocarbures synthétisés.

X)-1-2 Hydrocarbures d'origine fossile

Ils proviennent des suintements de gisements sous-marins exploités ou non PERES(1976), la quantité de déversements naturels est

X)-2- Hydrocarbures dus aux activités humaines

MICHEL ET AL(8) considèrent que la quantité d'hydrocarbures déversées dans l'eau de mer est de l'ordre de 6 millions de tonnes par an, 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 les émissaires cotiers et aux retombés atmosphériques. La N.A.S:national academy of science(11) a établis un classement suivant l'importance des sources de pollution. Ce classement comporte :

- Apport des continents.
- Pollution chronique.
- Pollution accidentelle.
- Apports atmosphériques.

X)-2-2 Pollution chronique:

Elle est due aux rejets pétroliers soit maritimes, soit terrestres. La pollution due au transport maritime comprend 3 vecteurs de pollution: - Les pétroliers, les barges de transport pétroliers, les autres navires (minéraliers, cargos...etc).

- Le transport maritime constitue à lui seul une

source importante de

pollution marine RAMADE(12) estime que plus d'un milliard de tonnes sont chaque année transportés dont une fraction 0,1% est rejetée en mer.

X)- 2-2-1- Déballastage des navires:

On entend par déballaster: remplir partiellement le réservoir d'eau de mer pour assurer la navigabilité après un déchargement, le rejet de ces eaux est le déballastage qui constitue une source importante de pollution, puisque ces eaux sont chargés de résidus

La méthode mise au point ou procédé (LOAD ON TOP) ou L.O.T pour limiter cette pollution qui a pour principe de conserver ces eaux polluées à bord d'un pétrolier puis séparer les produits pétroliers par décantation a permis de minimiser la perte d'hydrocarbures VAILLANT(13). Cette perte est de l'ordre de 0,3 millions de tonnes par an pour le navire pratiquant le L.O.T. et 0,7 de tonnes par an pour le navire qui ne pratique pas le proc. LOAD ON TOP(7)

X)-2-2-2- Nettoyage des soutes

X)-2-2-3- Nettoyage en cale sèche

X)-2-2-4- Vidange des eaux de cale

X)-2-3- Pollution d'ue aux retombées atmosphériques

Ils sont liés aux particules contenues dans les fumées industrielles, gaz d'échappement rabattus par les eaux de pluie, brouillard, neige(8). Il y a aussi le pétrole qui se perd par évaporation au cours de son transfert de la raffinerie au camion citerne, au réservoir du poste de distribution.

X)-2-4- Pollution due aux accidents en mer

Due aux accidents de navigation: collision entre pétroliers échouage, on peut citer quelques accidents comme celui de TORREY CANYON(1967), AMOCO CADIZ(1978), EXXON VALDEZ(1989).

-Due aussi aux catastrophes d'exploitation "Off-Shore".

-Opération de forage.

-Accidents d'oléoducs.

X)-2-5-Apports continentaux:

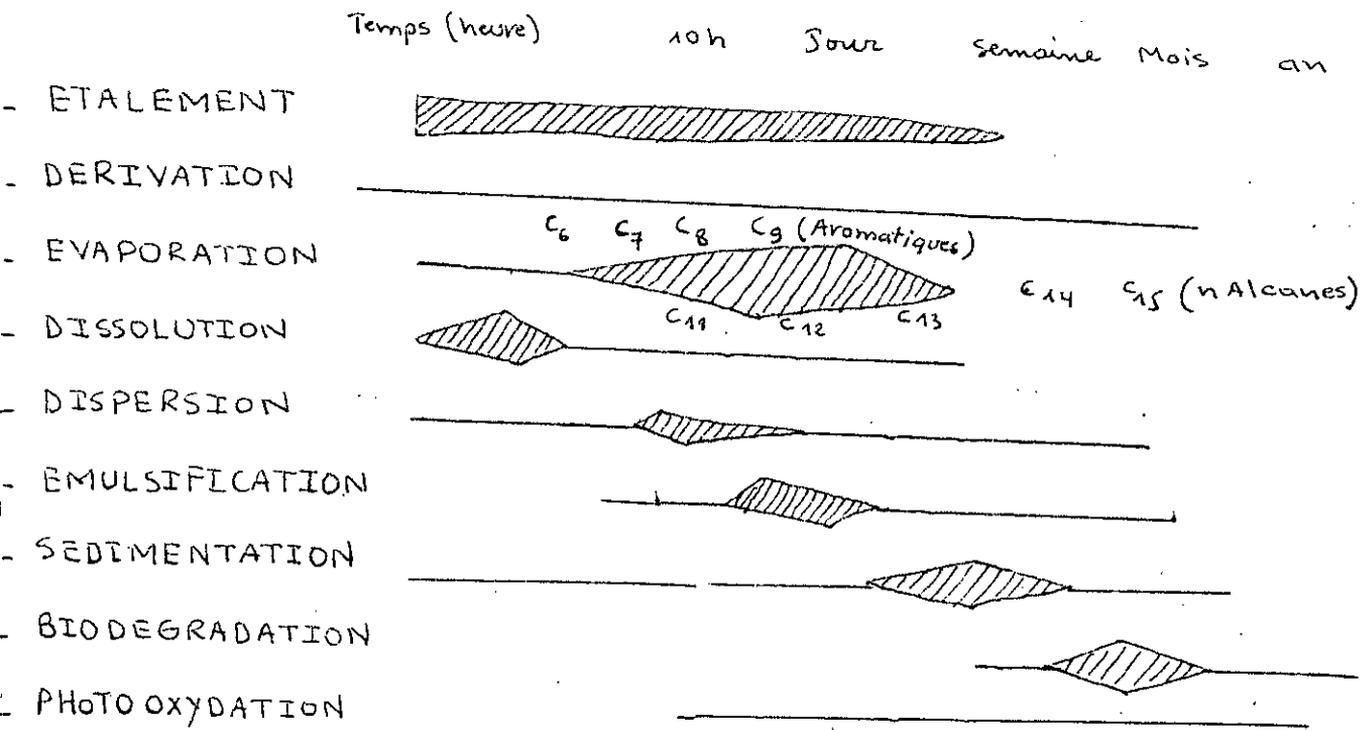
Concerne les rejets terrestres drainés jusqu'à la mer par les rivières, émissaires cotiers servant d'exutoires aux:

- Raffineries cotières, industries diverses (usines pétrochimiques).
- Eaux usées urbaines chargées d'hydrocarbures résiduels en particulier au voisinage des garages et ateliers de réparation des voitures, des stations d'essence, d'aérodromes BERTRAND(14).

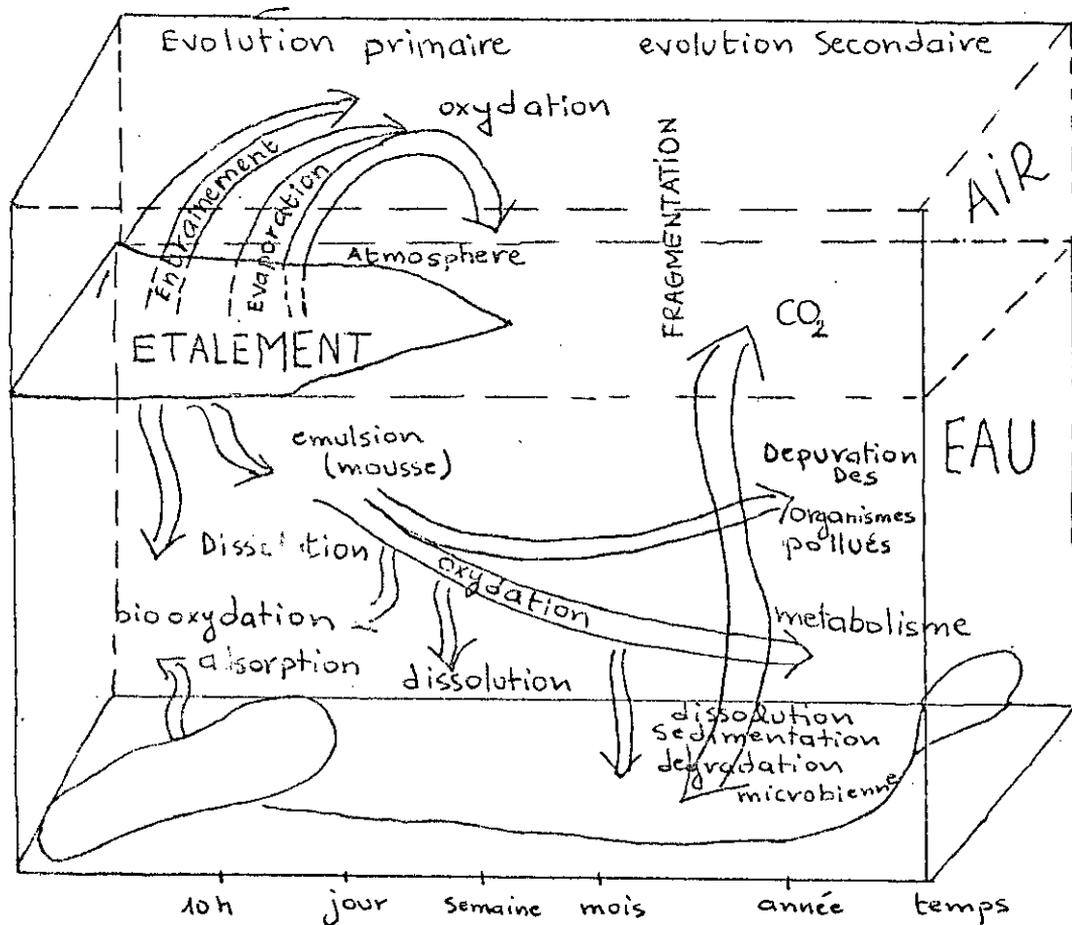
XI) DEVENIR ET COMPORTEMENT DES HYDROCARBURES DANS L'EAU DE MER

La question qui se pose quel est le comportement des hydrocarbures dans l'eau de mer? On distingue 3 stades dans l'évolution du pétrole en mer s'étalant sur plusieurs années, le premier stade dépend des processus physiques (étalement, évaporation, dissolution, mise en émulsion, sédimentation), le second fait intervenir des processus chimiques et biologiques, le 3ème correspond au retour à l'équilibre d'origine du milieu marin BOCARD(15).

Lorsqu'il est déversé en milieu marin le pétrole est soumis à un ensemble de phénomènes, généralement une partie se dissout une autre s'évapore celle-ci concerne les hydrocarbures les plus volatils tandis que la première intervient pour les hydrocarbures les plus légers.



Processus d'évolution d'une nappe de pétrole en fonction du temps"



" Processus d'évolution du Pétrole dans l'environnement marin" (BOCARD) 1978

XI)-1- Différentes étapes de l'évolution des hydrocarbures

dans de mer

XI)-1-Etalement

Le vent, les vagues et la force de coriolis contribuent à l'étalement et au déplacement de la nappe, la vitesse de déplacement est évaluée à 3% de celle du vent.

XI)-1-2- Evaporation

Les fractions les plus volatiles du pétrole vont se disperser dans l'atmosphère indépendamment de la vitesse du vent, de la température de l'eau et de l'air ainsi que du type d'hydrocarbure. La quantité de pétrole évaporée varie entre 10% environ pour un produit pétrolier lourd, à 75% pour un fuel léger et 50% pour le pétrole déversé en mer du nord par la plateforme Bravo sur le champ d'EKOFILD.

XI)-1-3- Dissolution

D'après WHEELER(16) la dissolution décroît des produits polaires contenant l'azote et le soufre aux aromatiques et alcanes, la dissolution est la solubilisation ou la mise en solution des hydrocarbures dans l'eau de mer.

XI)-1-4- Emulsification

Elle revêt deux formes principales: -L'émulsion << huile dans l'eau>> h/e est formée en surface puis dispersée par le courant et la turbulence des vagues jusqu'à des centaines de kilomètres du point de déversement, et L'émulsion <<l'eau dans l'huile>> e/h est constituée de composés de haut poids moléculaire est désigné communément depuis l'accident de TORREY CANYON sous le nom <<de mousse au chocolat>>, elle peut contenir jusqu'à 80% d'eau suivant la nature du pétrole, les agents tensio-actifs naturels ou ajoutés conduisent selon leur nature à l'un ou à l'autre type d'émulsion, ainsi une fraction non négligeable des pétroles bruts (contenant des hétéroatomes: azote, soufre, oxygène, phosphore) jouent aussi un rôle dans cette dispersion en stabilisant les émulsions.

XI)-1-5- Sédimentation

C'est le passage des hydrocarbures de la surface de la mer vers les fonds marins et elle a lieu lorsque la densité du pétrole excède celle de l'eau, le phénomène de sédimentation est dû à deux causes:

- Les mouvements turbulents apportent du matériel sédimentaire qui s'adhère aux particules de pétrole et provoque le coulage des hydrocarbures.
- Le vieillissement des hydrocarbures augmente leur densité; cela est dû à l'évaporation et la dissolution des composés de faible poids moléculaire.

XI)-1-6- Oxydation

C'est la réaction et la combinaison chimique des hydrocarbures avec l'oxygène, les hydrocarbures peuvent subir soit:

-Une autooxydation(avec l'oxygène du milieu marin).

-Une photooxydation: induise par la lumière produisant des composés bactéricides et tensio-actifs qui activent le phénomène d'émulsification.

-Oxydation bactérienne: qui est un ensemble de réactions chimiques catalysées par des enzymes bactériennes.

XI)-1-7- Biodégradation

Il existe des bactéries capables de subsister dans le pétrole et capables aussi de le dégrader, ces micro-organismes sont aérobies et comprennent de nombreuses bactéries on citera les pseudomonas, les levures candida, les moisissures (pénicelium), des champignons(corrolospora), ces dernières utilisent les alcanes et les alcènes comme source de carbone GORDON(17).

XII) LES EFFETS DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES

Au delà des clichés montrant des oiseaux agonisants couverts de mazout ou ces tribus de cétacés mystérieusement échoués sur une plage, de ces vagues noires visqueuses et lourdes, des sables enduits de goudrons, il ya des conséquences d'ordre physique:

En effet la nappe d'hydrocarbure constitue une barrière nette du transfert d'oxygène, réduit la pénétration de la lumière et affecte le déroulement de la photosynthèse.

-Cela entraîne une élévation de la température et favorise la prolifération des micro-organismes consommateurs d'oxygène.

-Les effets nocifs sur la faune et la flore :

- Engluage

- Destruction massive d'oiseaux.

- Destruction des coquillages et algues diverses.

XII)-1- Effets sur les oiseaux

-Obstruction des voies respiratoires.

-L'impregnation du plumage induit la destruction de son pouvoir isolant et l'oiseau meurt de froid.

XII)-2- Effets sur les poissons

Stérilité d'énormes zones de pêche, du fait de l'asphyxie des poissons due à la carence en oxygène provoquée par les hydrocarbures qui constituent une barrière pour les échanges gazeux. Les hydrocarbures affectent aussi les stades larvaires et juveniles plutôt que les spécimens adultes chez les mollusques et les crustacés. Ils provoquent aussi l'inhibition de croissance et l'altération des fonctions vitales. Le tableau ci dessous montre la toxicité des hydrocarbures vis à vis de certaines espèces aquatiques, P.N.U.E/O.M.S (19)

Classe des Organismes	Concentration En P.P.M
Poissons à Nageoires	5-50
Crustacés Benthiques (Homard...)	1-10
BIVALVES (Huitres..)	5-50
Gasteropodes (Escargots..)	1-100
Larves	0,1-1

Les auteurs admettent que les hydrocarbures aromatiques sont plus toxiques pour les organismes notamment les plus volatils d'entre eux qui ont une action plus rapide que les aromatiques polycycliques cancériques, les hydrocarbures pétroliers; provoquent également des effets affectant les activités physiologiques et le comportement des organismes marins, notons que des comportements natatoires anormaux ont été relevés chez les larves du hareng de la mer baltique qui ont une concentration de 0,05 P.P.M.

XII)-3-Effets sur l'homme

En dehors des intoxications directes par inhalation ou ingestion massive de produits pétroliers, la consommation de certains animaux marins (poissons, crustacés, mollusques) qui ont été au contact avec les hydrocarbures peuvent être dangereux pour l'homme par effets de sommation R.O.C.C(19). Effets à court terme: les hydrocarbures provoquent des dermatoses, et des eczémas par obturation des pores. Effets à long terme: les hydrocarbures aromatiques provoquent le cancer.

XIII) METHODES ANALYTIQUES

XIII)-1-Praitrements

XIII)-1-Extraction liquide-liquide

Elle peut etre menée en continue ou en discontinue, des mises en point d'appareil en continu ont été réalisés et donnent des resultats satisfaisants. La methode en discontinue consiste en une extraction par une agitation dans une ampoule à decanter . Les solvants utilises sont divers et de differentes natures , leurs rendement d'extraction; varie selon les produits à extraire ,differentes familles d'hydrocarbures sont extraites successivement par divers solvants ,parmi les plus utilisés:

-L'hexane et le N pentane.

-Le dichloromethane.

-Le tetrachlorure de carbone.

Les rendements d'extraction par differents solvants ne sont pas comparables d'un auteur à un autre ,car les conditions d'extraction ,Ph d'échantillon, rapport du volume extractant au volume de l'échantillon ,nombre et durée d'extraction est different d'une publication à une autre et le principe de l'extraction consiste en l'ajout d'un certain volume d'échantillon et un volume de solvant. Le mélange est vigouresesement agité afin d'augmenter et d'assurer un contact accru entre solvant et l'échantillon. L'étape d'extraction depend de 3 facteurs:

-Solvant

-Temps de contact.

-Temps de décantation.

Aussi le choix approprié d'un solvant nécessitera la connaissance de ses propriétés thermodynamiques et des caractéristiques cinétiques

Le solvant à utiliser devra avoir les propriétés suivantes:

-Une stabilité chimique vis à vis du milieu réactionnel.

-Une solubilité négligeable voire nulle dans l'eau.

-Une forte capacité d'extraction.

XIII)-2- Concentration des extraits

Les extraits résultant de l'extraction sont réduits à un volume d'environ 5ml dans un évaporateur rotatif dont le schéma sera fait en partie expérimentale .

La concentration est un processus critique en raison du risque de perte des hydrocarbures aromatiques à bas point d'ébullition. Afin de minimiser cette perte on maintient le bain marie à 40°C.

XIII)-3- Phase de purification

Cette opération est effectuée par chromatographie en phase liquide ouverte, elle est destinée à éliminer les composés polaires en particulier les lipides. On utilise une colonne de chromatographie de longueur et de diamètre connu, l'agent adsorbant utilisé est le florisil de granulométrie connue et il est activé au passage au four à 60°C pendant une nuit puis désactivé AMINO et CHAUSSE-PIED(20).

XIII)-4- Fractionnement des extraits

Est utilisé pour obtenir une bonne réponse en fluorescence des hydrocarbures aromatiques, le fractionnement des extraits qui consiste à séparer la fraction aromatique de la fraction aliphatique. On utilise, pour cet effet la même colonne qui a servi pour la purification des extraits en utilisant comme adsorbant le gel de silice et l'alumine dont la granulométrie est connue.

XIII)-5-Spectroscopie UV-Visible

Un échantillon de la substance à analyser est exposé à un rayon de lumière à une longueur d'onde connue ou variable, à des longueurs d'ondes bien déterminées, l'énergie électromagnétique de la lumière peut provoquer des changements dans la molécule. Si on compare la lumière incidente avec celle qui est transmise, des deductions au sujet de la structure moléculaire peuvent être effectuées en utilisant la loi de BEER-LAMBERT: ou l'absorption est proportionnelle au nombre de molécules absorbantes.

L'absorbance est définie comme : $A = \text{Log} I_0/I$

I_0 : Energie incidente.

I : Energie transmise.

XIII)-6- Spectrophotometrie Infra-Rouge

La spectrophotometrie IR permet d'effectuer les determinations qualitatives suivantes:

- Identification des groupes fonctionnels.
- Test d'identite.
- Elle permet la determination de la structure moléculaire en combinaison avec d'autres methodes.

-Elle permet une approche quantitative réelle des hydrocarbures totaux dans un échantillon donné, et la limite de détection est de 0,1mg/l.

Trois méthodes ont été proposées pour le dosage spectrophotométrique J.RANCHET, P.CLEMENT(21).

1ere methode: API 733-58

L'extraction des hydrocarbures et de ses dérivés substitués est effectuée par le tétrachlorure de carbone CCl_4 sur l'échantillon d'eau préalablement acidifié à $\text{pH}=5$ et on enregistre le spectre d'absorption entre 3400 et 2400 cm^{-1} correspondant aux vibrations des groupements méthylène CH_2 aliphatiques, d'après la courbe d'étalonnage on en déduit la teneur en hydrocarbures dans l'eau analysée.

2eme methode: Cette méthode est recommandée par l'auteur lorsque les hydrocarbures sont présents dans l'eau avec des acides gras.

3eme methode: Afnor T90-203 Cette norme decrit une methode de dosage des hydrocarbures totaux presents dans les effluents de raffinerie de petrole ,la methode consiste à extraire les hydrocarbures par CCl_4 .

-Separer les hydrocarbures des autres matieres organiques par chromatographie sur colonne garnie d'un agent adsorbant déterminé le florisil.

-Déterminer spectrophotometriquement le nombre d'onde correspondant au maximum d'absorption des groupements CH_2 2924 cm^{-1}

XIII)-7-Chromatographie en phase gazeuse

La principale difference entre la chromatographie en phase gazeuse et les autres techniques chromatographiques resulte dans l'utilisation d'un gaz comme phase mobile. Les phases stationnaires sont constituées d'agents adsorbants ou de supports imprégnés de différents liquides.

-Application:l'avantage principal sur les autres techniques de separation reside dans le fait qu'on peut separer et determiner simultanément et quantitativement de tres petites quantites de substances.

Le point d'ébullition doit etre inferieur à 400°C , cette condition

est essentielle à cette technique .TRANCHANT ET AL(22)

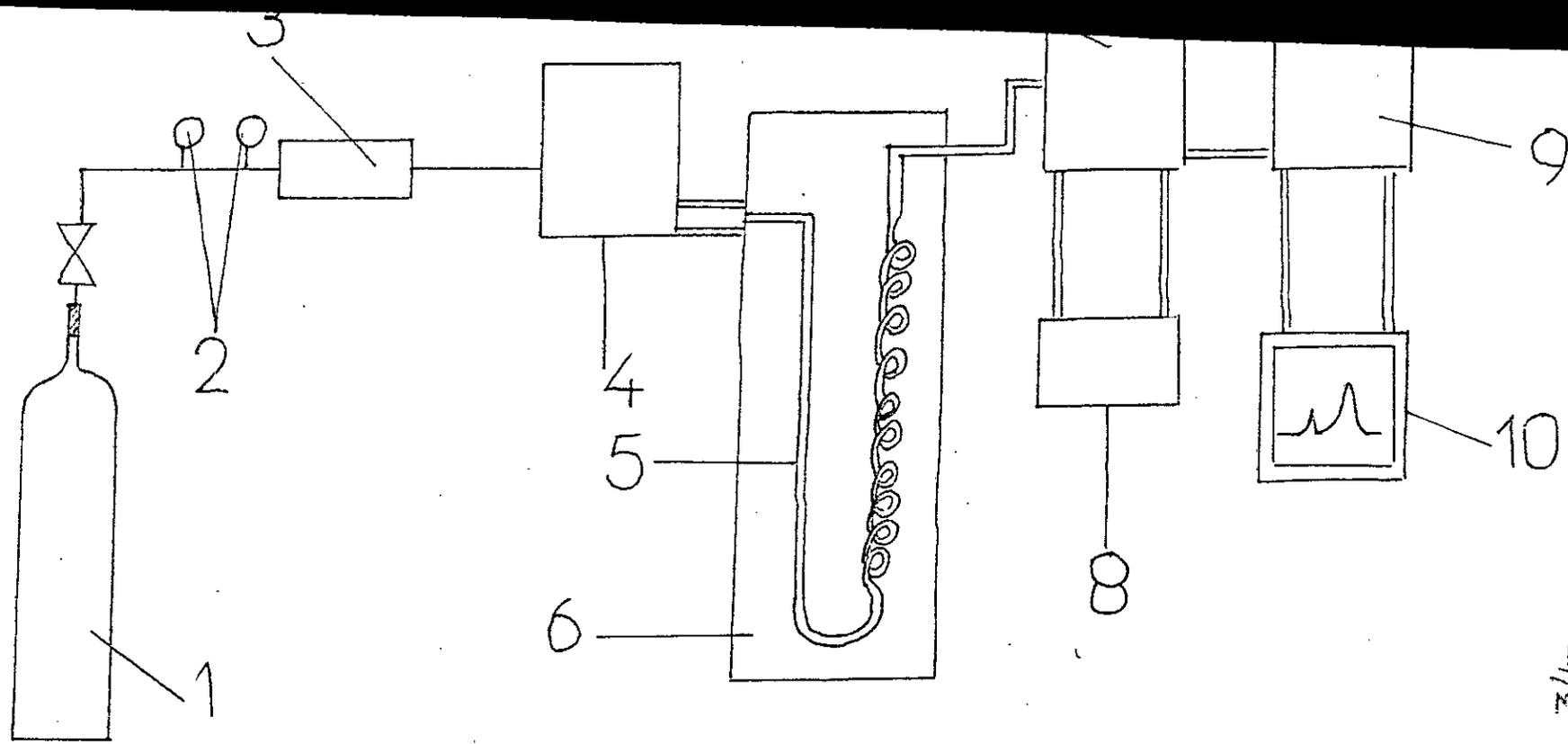
*Echelle d'application:

- Determination quantitative des constituants d'un melange.
- Determination qualitative d'un melange à l'aide de references ,de detecteurs specifiques,ou en combinaison avec d'autres methodes d'identification.
- Determination qualitative et quantitative des constituants d'un melange en combinaison avec la spectroscopie (par exemple infra-rouge,spectroscopie de masse ,resonance magnetique nucleaire).
- Analyse des traces (limites de detection aux environs de 1P.P.B)
- Determination de procedes de fabrication(par exemple à l'aide d'un injecteur automatique(22)

*Schema et fonctionnement d'un gaz chromatographe(voire figure)

*Colonnes:

- Les colonnes existent en differentes dimensions et executions (colonnes preparatives,analytiques,capillaires) pretes à l'emploi. Longueur: de 0,5 à quelques metres(longueur standard des colonnes analytiques est 2m).
- Diametre: 0,2-50mm.
- Materiel: verre ,acier.
- Garnissage:le support est inerte (granulometrie de 0,1 à 0,8 mm), est recouvert d'un mince film liquide ,le support ne doit pas produire d'effet d'adsorption à travers le liquide.



CHROMATOGRAPHE EN PHASE GAZEUSE

LEGENDE :

- | | |
|--------------------------|--|
| Bouteille de gaz vecteur | 6 Four Thermostaté |
| Manometre | 7 Detecteur |
| Regulateur de debit | 8 Pieges des Solutés : Plateaux perforés |
| chambre d'injection | 9 Amplificateur |
| Colonne | 10 Enregistreur |

□ Choix de colonne

Le choix de la phase stationnaire joue un rôle décisif, la séparation des mélanges polaires a lieu sur des phases stationnaires polaires tandis que les mélanges apolaires sont séparés sur des phases apolaires.

*DéTECTEURS:

- DéTECTEUR par conductimétrie thermique.
- DéTECTEUR par ionisation de flamme F.I.D.
- DéTECTEUR à capture d'électrons E.C.D.

XIII)-8-La chromatographie en phase liquide à haute performance:

La C.L.H.P loin d'être concurrente de la C.P.G est la méthode de choix complémentaire s'agissant des produits lourds ou fragiles thermiquement. La différence entre la C.P.G et la C.L.H.P, c'est qu'en C.L.H.P il n'existe pas de détecteur universel, le détecteur le plus utilisé est l'U.V Visible, la limite de détection dépend de la valeur de l'absorptivité du soluté, de sa concentration dans l'effluent lors de la traversée de la cellule. La quantité minimale détectable est 0,75ng pour une masse de 300. L'événement du détecteur fluorimétrique de ces dernières années a élargi considérablement son champ d'investigation, on remarque enfin l'avantage de la C.L.H.P qui réside dans sa large application pour l'analyse des hydrocarbures polyaromatiques H.P.A

methode qui a fait l'objet de beaucoup d'etudes SEBIH(23)

XIII)-9- La chromatographie en phase super critique S.F.C

La S.F.C utilise comme phase mobile un gaz comprime au dela de sa temperature critique T_c et de sa pression critique P_c , la clé de l'efficacite et de la souplesse de la S.F.C est la possibilite de modifier la densite de la densite de la phase mobile, cela implique des modifications des proprietes chromatographiques les plus importantes du fluide: qui sont la solvation, la diffusion et la viscosite. La S.F.C. permet l'analyse de nombreux composes difficiles ou impossibles à separer, par d'autres techniques, elle est particulierement utilise pour l'analyse des melanges complexes à haut poids moleculaire ou des substances thermolabiles (polymeres, produits alimentaires, produits pharmaceutiques, pesticide, et produits petrochimiques).

XIII)-10- Couplage chromatographique spectrophotometrie infra rouge à transformee de FOURRIER: MORIN(24)

Bien adaptee à la separation et l'identification de composes peu volatils ou thermosensibles, comme les hydrocarbures polycycliques. Une telle methode permet de tracer le spectre bien resolu par seconde, pour des quantites de substances aussi faibles que 100ng. Cette methode est interessante de par son type de detection qui de la possibilite de detecter selectivement grace à leur spectre infra-rouge differents composes elues en meme temps en effectuant l'enregistrement infra-rouge au debut et à la fin du pic chromatographique.

Une tendance actuelle est d'utiliser des chromatogrammes courants reliés en sortie de colonne au spectrophotometre par l'intermediaire d'une tubuleure simple dont les carecteristiques devront repondre aux conditions suivantes:

- Avoir un faible volume mort, permettre des reflexions multiples infra-rouge.
- Avoir une transmissivite elevee.

XIII)-1-1- Analyse par chromatographie couplée à la spectroscopie de masse (C.P.G/S.M)

La C.G.M.S permet une identification beaucoup plus precise ,bien que la differenciation entre les isomeres de meme masse soit rarement possible, le principe de cette methode est à chaque pic chromatogaphique est associe un ou plusieurs spectres realisant ce qu'on appelle une fragmentographie ;et elle est un outil efficace pour la determination des structures organiques, cependant l'identification des hydrocarbures individuels est difficile ce qui limite son application à quelques echantillons pre-selectionnes.

XIII)-12- Spectrofluorimétrie U.V

Elle est basée sur la fluorimétrie et présente l'avantage d'être exécutée rapidement sans difficultés expérimentales, son principe est basé sur le phénomène de fluorescence ; par lequel une molécule après absorption de radiations émet des radiations d'une certaine longueur d'onde. Ainsi par exemple un composé peut absorber des radiations dans la zone U.V et émettre de la lumière visible. La spectrofluorimétrie mesure l'émission de la fluorescence des molécules soumises à un rayonnement d'excitation U.V. A l'état normal une molécule occupe un niveau électronique fondamental, si cette molécule est soumise à un apport d'énergie suffisant (sous forme de rayonnement U.V), elle passe à un niveau d'énergie électronique supérieur dit excité, si ce rayonnement est suffisamment énergétique il y'aura saut jusqu'à un niveau d'énergie plus élevé dit d'ionisation, cette molécule va retomber à un niveau d'énergie inférieur suite aux chocs intermoléculaires, par conséquent il y'a perte d'énergie, la molécule va revenir à son état fondamental en émettant un rayonnement à fluorescence. Cette technique ne s'applique pas aux hydrocarbures aliphatiques à liaison C-H mais s'applique aux molécules possédant des doubles liaisons conjuguées comme les hydrocarbures aromatiques et poly-aromatiques, les teneurs mesurées ne représentent pas les concentrations absolues mais fournissent un indice de pollution

par les hydrocarbures MARCHAND(25).

PARTIE EXPERIMENTALE

PLAN

XIV) ECHANTILLONAGE

XIV)-1- Methodologie de prelevement

XIV)-2-Procès verbal d'échantillonnage

XV) MESURE DE PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

XV)-1-Mesure de l'oxygene dissous

XV)-2-Mesure du Ph

XV)-3-Mesure de la demande biologique

en oxygene D.B.O 5

XV)-4-Mesure de la demande chimique

en oxygene

XV)-5-Mesure des matieres en

suspension M.E.S

XV)-6-Mesure de la turbidite

XVI)QUANTIFICATION DES HYDROCARBURES TOTAUX

XVI)-1-Extraction liquide-liquide

XVI)-2-Sechage

XVI)-3-Concentraion de l'extrait

XVI)-4-Phase de purification

XVI)-5-Analyse infra-rouge

XVII)QUANTIFICATION DES HYDROCARBURES AROMATIQUES

XVII)-1-Concentration de l'extrait

XVII)-2-Fractionnement de l'extrait

XVII)-3-Analyse spectrofluorimetrique U.V

XVIII)ANALYSE EN C.G.M.S

XIX)CONCLUSION

XIV) ECHANTILLONAGE

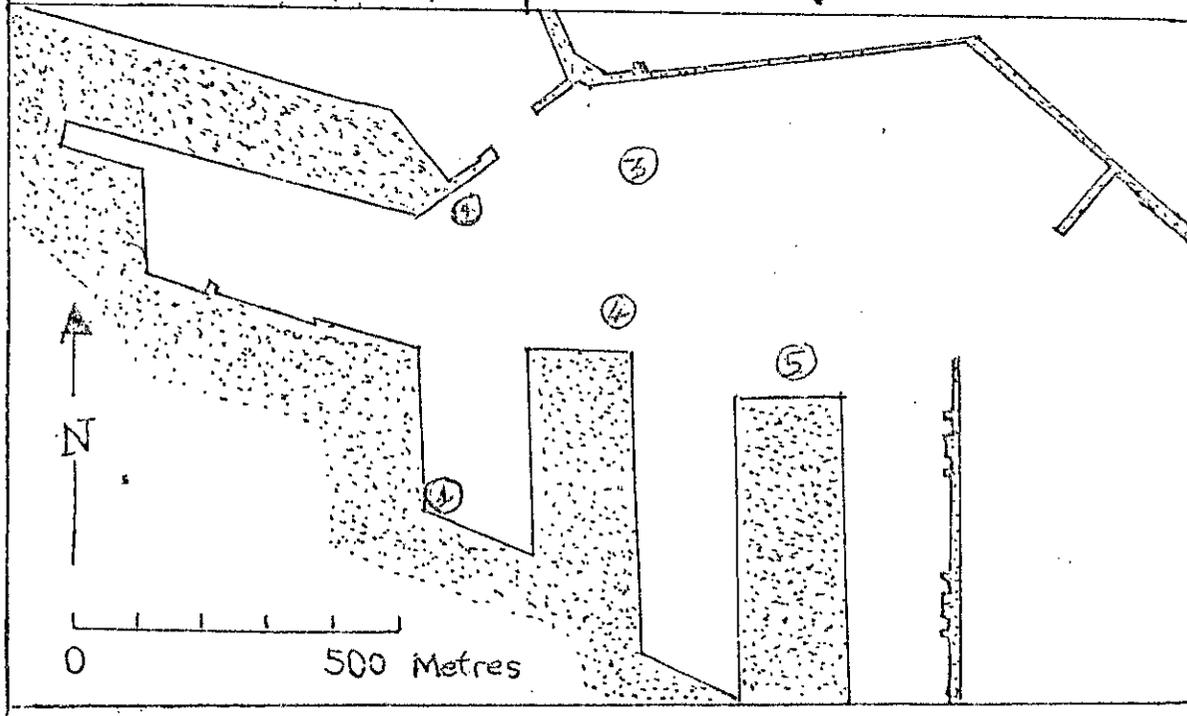
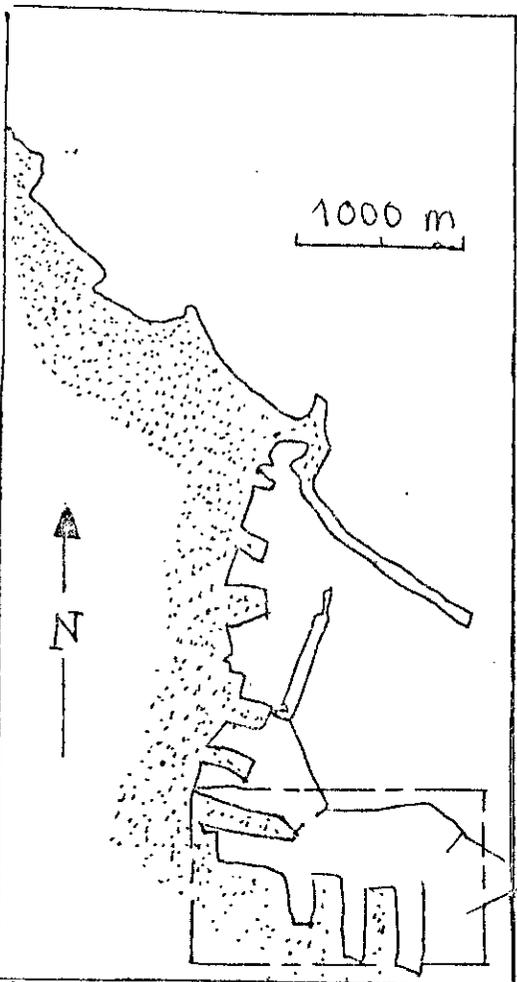
Le prelevement d'un echantillon est une operation delicate à laquelle le plus grand soin doit etre apporte ,il conditionne les resultats analytiques et les interpretations qui en seront donnees,l'echantillon doit etre homogene ,representatif sans modifier les carecteristiques physico-chimiques de l'eau(gaz dissous,matieres en suspension.....) Le prelevement instantanne n'est qu'un reflet de la composition de l'eau qui a un carectere evolutif ,surtout vis à vis des phenomenes de pollution. Le materiel de prelevement doit faire l'objet d'une attention particuliere,l'emploi de flacons borosilicate de preference bouches.

XIV)-1-Methodologie de prélèvement

Le prelevement ne peut être fait n'importe comment et par n'importe qui: une prise d'echantillon ne peut etre definie qu'en fonction de l'objectif poursuivi. Le choix des emplacements .ou seront pris les echantillons ,leur nombre,la maniere dont ils seront prelevés ,traites ,conserves transportes. Il convient donc de definir en premier lieu l'objet de l'operation d'echantillonnage et de choisir les modalites de prelevement en tenant compte d'une part des conditions locales carecterisant le milieu faisant l'objet de l'etude ,les premieres questions auxquelles une reponse doit etre apportee sont donc les suivantes:

Port d'Alger

(X) Prélèvements d'échantillons



PORT D'ALGER
ECHANTILLONNAGE

Observations faites:

Temps: ensoleille ,temperature T=22°C

Vitesse du vent : faible

Pression donnée à l'aide d'un manomètre P=1018 mb

L'échantillonnage a été prelevé à une distance d'environ 5m du quai des voyageurs.

Le prelevement s'est fait dans un flacon fumé soigneusement lavé.

Echantillon N°2

Date de prelevement :12/04/92 heure 9h 47 mn

Temps : pluvial , temp T=20°C, vitesse du vent: faible

Pression donnée à l'aide d'un manomètre: P=1020 mb

L'échantillon a été prelevé près du quai ou le bateau BILSEL-I-ISTANBOUL a accosté .

Prelevement a été fait dans un flacon fumé soigneusement lavé.

Echantillon N°3

Date de prelevement 02/05/92 à 13h 28mn

Temps : ensoleillé , temperature T=24°C , vitesse du vent : moyenne .

Pression donnée à l'aide d'un manomètre P=1019 mb

L'échantillon cette fois ci a été prelevé à une barque à une distance de 100 m du quai environ

Echantillon N°4 :

Date de prelevement 25/05/92 à 8h 56 mn

Temps ensoleillé Temperature T= 21°C , vitesse du vent faible

pression donnée à l'aide d'un manomètre P= 1019 mb

L'échantillon a été prelevé à l'endroit ou bateau GENCA SETTINO a accosté

Echantillon N°5

Date de prelevement 10/06/92 à 10h 33mn

Temps ensoleillé, temperature T=26°C

vitesse de vent : moyenne

Pression donnée à l'aide d'un manometre P=1019mb

L'échantillon a été prélevé à une distance de 300m environ du quai en utilisant une barque.

Remarque(1): les prelevements ont été fait à la surface de l'eau car on s'est interresse à la pollution superficielle de l'eau du port.

Remarque(2): Les points où se sont faits les prélèvements ont été choisis après une prospection attentive de la section à étudier.

XV) PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

XV)-1- Mesure de l'oxygène dissous

Trois méthodes peuvent être utilisées:

- 1-méthode volumétrique de dosage de WINCLAIR.
- 2-La chromatographie en phase gazeuse.
- 3-La méthode électrochimique.

J'ai opté pour la méthode la plus simple qui est la méthode électro-chimique, l'appareillage utilisé est un oxymètre OXY 16 WTW.

* PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL:

L'appareil comprend une sonde de mesure comportant une électrode et un dispositif thermosensible assurant la correction de la température et comprend : un coffret de mesure gradué soit directement en oxygène soit en pourcentage de saturation en oxygène.

-Un câble multiconducteur de longueur variable reliant la sonde au coffret.

*Etalonnage :

Par immersion dans l'eau à concentration en oxygène connue.

* Resultats experimentaux

N° ECHANTILLON	1	2	3	4	5
Oxygene dissous en mg/l	5,45	3,52	2,05	2,58	3,1

* Interpretation

La quantite d'oxygene pour les echantillons 1, 2 et 5 est superieure à 3 mg/l cette quantite est suffisante pour une vie aquatique, tandis pour les echantillons 3 et 4 la quantite d'oxygene est inferieure à 3 mg/l.

XV)-2- Mesure du Ph

Se fait à l'aide d'un Phmetre prealablement etalonne.

Nous obtenons les resultats suivants

N° d'echantillon	1	2	3	4	5
Ph	7,65	8,30	7,80	8,10	7,75

)-3- Mesure de la demande biologique en oxygene

La demande biologique en oxygene D.B.O. est definie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est à dire après incubation durant 5 jours à 20°C dans l'obscurité, par certains micro-organismes présents dans l'eau principalement pour assurer la dégradation par voie biologique.

* Appareil de mesure:

On utilise un respirometre qui est constitue de 5 bouteilles de 500ml de volume chacune (voire figure).

* Principe de la mesure de la D.B.O:

Une quantite d'eau à analyser est placée dans une bouteille reliée à un manometre à mercure ,au dessus de l'échantillon se trouve un volume d'air contenant 21% d'oxygene . C'est cet oxygene qui remplacera l'oxygene de l'eau consommée par les bacteries durant l'experience . Le gaz carbonique forme par la respiration des bacteries est extrait du milieu gazeux à l'aide de quelques gouttes de potasse contenues dans le bouchon. La depression due à la consommation d'oxygene est mesuree à l'aide d'un manometre à mercure et la valeur correspondante de D.B.O est lue directement en mg/l. Pendant 5 jours l'échantillon est constemment agite magnétiqument. L'échelle de l'appareil correspondant à un volume d'échantillon de 157ml,lorsqu'on utilise un autre volume d'échantillon,il faut multiplier la lecture par le facteur adequat.

*Resultats

-On a mesure la D.B.O pour les echantillons 1,2,3

-Pour l'echantillon N°1: on a choisi les volumes d'echantillons suivants:

V(ml)	Facteur Multiplicatif	P(Hg) en mm
250	5	20
165	10	12
97	20	8
43,5	50	4
22,7	100	2,2

La valeur réelle de la D.B.O est calculée de la façon suivante
où P(Hg): pression lue en mm de mercure.

F: facteur multiplicatif.

D'où le tableau suivant pour le 1er échantillon

V(ml)	facteur multiplicatif F	P(Hg) en mm	D.B.O 5 mg/l
250	5	20	100
165	10	12	120
97	20	8	160
43,5	50	4	200
22,7	100	2,2	220

Pour l'échantillon N°2

V(ml)	Facteur Multiplicatif F	P(Hg) en mm	D.B.O.5
250	5	25,2	126
165	10	16	160
97	20	9,4	188
43,5	50	5,4	270
22,7	100	3,1	310

pour l'échantillon N°3

V(ml)	Facteur F multiplicatif	P(Hg) en mm	D.B.O.5(mg/l)
250	5	18,5	92,5
165	10	10,2	102
97	20	6,8	136
43,5	50	3	150
22,7	100	1,6	160

V)-4- Mesure de la demande chimique en oxygene

LA demande chimique en oxygene D.C.O est la quantite d'oxygene consommeeoxygene par les matieres existant dans l'eau et oxydables dans les conditions operatoires connues ,en fait la mesure correspond à une estimation de matieres oxydables presentes dans l'eau quelque que soit leur origine organique ou minerale (fer ,nitrites ammonium,sulfures,et chlorures). La D.C.O etant fonction des carecteristiques des matieres presentes de leur proportions respectives ,des possibilites d'oxydation,il est bien evident que la reproductibilite des resultats et leur interpretation ne pourront pas etre satisfaites .

Dans la technique le rôle du catalyseur est de faciliter l'oxydation mais celle-ci n'est cependant pas totale en présence des composés organiques stables (urée, pyridine, dérivés aromatiques...). Ne disposant pas d'un décéomètre on mesure la D.C.O par la méthode utilisant le dichromate de potassium .

Principe:

Dans les conditions définies certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excédent de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure, l'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

Réactifs:

-Solution de sulfate d'argent:

-Sulfate d'argent cristallisé : 6,6g.

-Acide sulfurique (d=1,84) 1000ml.

-Solution de sulfate de fer et d'ammonium.

-Sulfate de fer et d'ammonium : 98g.

-Acide sulfurique (d=1,84) 20ml.

-Eau distillée 1000ml.

Le titre de la solution doit être vérifié tous les jours.

-Solution de dichromate de potassium(0,25N).

-Dichromate de potassium(seche 2 heures à 110°C) :12,2588g.

-Eau distillée 1000ml.

-Solution de ferroïne.

-1-10 phenanthroline :1,485g.

-Sulfate de fer :0,695g.

-Eau distillée :1000ml.

Vérification du titre

Pour la vérification du titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium, on verse 25ml dans un bécher de solution de dichromate de potassium 0,25N et compléter à 250ml par l'eau distillée, ajouter 75ml d'acide sulfurique ($d=1,84$), laisser refroidir, ajouter quelques gouttes de ferroïne et déterminer la quantité nécessaire de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violacé

$$T = \frac{\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 25}{\text{ml Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2}$$

* Mode operatoire

Introduire 50ml d'eau à analyser dans un ballon de 500ml ,ajouter 1g de sulfate de mercure et 5ml de solution sulfurique de sulfate d'argent ,ajouter 25ml de solution de dichromate de potassium 0,25N puis 70ml de solution sulfurique de sulfate d'argent ,porter à ebullition pendant 2h sous refrigerant à reflux adapte au ballon laisser refroidir,diluer à 350ml avec de l'eau distillee ,ajouter quelques de ferroïne ,puis determiner la quantite necessaire de solution de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violacée ,et proceder aux memes operations sur 50ml d'eau distillée.

*Expression des resultats:

La demande chimique en oxygene D.C.O exprimée en milligrammes d'oxygene par litre s'exprime:-

$$\text{D.C.O(mg/l)} = \frac{8000*(V_1-V_0)*T}{V}$$

Où:

V_0 = Volume nécessaire de sulfate de fer et d'ammonium au dosage (ml).

V_1 = Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc.

T = Titre de la solution de la sulfate de fer et d'ammonium.

La D.C.O a été faite pour les échantillons 1,2,3.

-Determination du titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium

$$T = \frac{\text{ml } K_2Cr_2O_7 * 0,25}{\text{ml } Fe(NH_4)_2(SO_4)}$$

Le volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire pour obtenir le virage rouge violacée est $V=22,5\text{ml}$.

$$T = \frac{25 * 0,25}{22,5} = 0,28N;$$

Donc le titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium

$T = 0,28N$.

*determination experimentale de la D.C.O:

A été faite pour les echantillons 1,2,3

-Pour l'echantillon 1:

On a :

$$D.C.O(mg/l) = \frac{8000 * (V_1 - V_0) * T}{V}$$

$$V_1 = 25ml$$

$$V_0 = 13,5ml$$

$$D.C.O(mg/l) = \frac{8000 * (25 - 13,5) * 0,25}{50}$$

Donc pour le 1er ECHANTILLON:

$$D.C.O(mg/l) = 515,2mg/l$$

-Pour l'echantillon 2:

$$V_1 = 25ml$$

$$V_0 = 14,7ml$$

$$D.C.O(mg/l) = \frac{8000 * (25 - 14,7) * 0,25}{50}$$

Donc pour l'echantillon N°2:

$$D.C.O(mg/l) = 461,44mg/l$$

-Pour l'échantillon 3:

$V_i = 25 \text{ ml}$

$V_o = 11,8 \text{ ml}$

$$\text{D.C.O (mg/l)} = \frac{8000 * (25 - 11,8) * 0,25}{50}$$

Donc pour le 3ème échantillon

$$\text{D.C.O} = 528 \text{ mg/l}$$

* Interpretation des resultats:

- Le rapport D.C.O/D.B.O₅ exprime la biodégradabilité du milieu (des substances polluantes).

-Le milieu est biodégradable si le rapport D.C.O/D.B.O₅ s'approche de 1.

-Si le rapport se situe entre 2 et 5, les micro-organismes habituels ne sont capables d'opérer une dégradation complète.

*Tableau récapitulatif de la D.B.O₅ et la D.C.O.

Pour les échantillons 1,2,3 on prend la D.B.O₅ correspondant au volume $V = 22,5$.

N° D'échantillon	D.B.O.5	D.C.O	D.C.O/D.B.O.5
1	220	515,2	2,34
2	310	461,44	1,48
3	160	528	3,30

* CONSTATATION:

-Pour les échantillons 1 et 3 le rapport D.C.O./D.B.O.5. est compris entre 2 et 5 qu'il n'ya pas biodegradabilité du milieu.

-Tandis que pour l'échantillon 2 le rapport D.C.O./D.B.O.5 s'approche de 1 ,cela veut dire que le milieu est plus ou moins biodegradable.

XV)-5- Mesure des matieres en suspension M.E.S.

La détermination des matieres en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou centrifugation . On a opté pour la methode par filtration.

*Principe de la methode:

L'eau est filtrée et le poids des matieres retenues pae le filtre est déterminé par pesée differentielle. Le disque de filtration est lavé à l'eau distillée puis séché à 105°C jusqu'a masse constante ,puis il est pesé à 0,1mg près après passage au dessicateur ,mettre en service le dispositif d'aspiration,verser l'échantillon (V) sur le filtre ,faire passer sur le filtre cette eau de lavage ,laisser essorer le filtre,secher à 105°C ,laisser refroidir au dessicateur et peser à 0,1mg près jusqu'au poids constant:

-La teneur de l'eau en matirés en suspension est donnée par:

$$\text{M.E.S(mg/l)} = \frac{M_1 - M_0}{V} * 1000$$

Dù : M_0 : masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

M_1 : masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V :volume d'eau utilise.

*remarque:

-En presence d'hydrocarbures le filtre doit etre lavé avec 2 fois 30ml de chloroforme.

-le volume d'échantillon utilisé est $V=100\text{ml}$.

*Expression des resultats:

N° d'échantillon	1	2	3	4	5
M.E.S(mg/l)	15,66	28,35	13,58	38,75	25,70

Pour exemple de determination des M.E.S. on predra pour exemple

l'échantillon N°1:

On a : $M_1=2,5554\text{g}$

$M_0=0,9887\text{g}$

d'où

$$\text{M.E.S. (mg/l)} = \frac{2,5554 - 0,9887}{100} * 1000$$

$$= 15,66\text{mg/l.}$$

On remarque que les M.E.S pour les échantillons 2,4,6 sont plus importantes que les échantillons 1 et 3.

XV)-6-Mesure de la turbidité:

Cette mesure s'est faite grace à un turbidimètre optique étalonné et le resultat est donne en unité nephélogométrique N.T.U. La turbidité d'une eau est dûe à la présence de matieres en suspension finiment divisées (argiles, limons, grains de silice, matieres organiques , l'appréciation de l'abondance de ces matieres mesure son degré de turbidité. .

* Resultats experimentaux:

N° D'échantillon	1	2	3	4	5
Turbidité (N.T.U)	23	30	24,9	43	45

Les valeurs de la turbidite de l'eau du port sont importantes ce qui confirme l'abondance des matieres en suspension, on remarque que la turbidité croit avec l'abondance des matieres en suspension exception pour l'échantillon N°5 où la turbidité est grande bien que la valeurs des M.E.S equivalente est inferieure à celle des échantillons 1 et 3.

XVI) QUANTIFICATION DES HYDROCARBURES TOTAUX: H.C.T

XVI XVI)-1- Extraction liquide-liquide

Les rendements d'extraction ne sont pas comparables d'un auteur à un autre, pour cela il est nécessaire de rappeler certaines caractéristiques physico-chimiques de solvants, on choisira parmi ces solvants 3 à savoir

le tetrachlorure de carbone, l'ether-ethylique et le N hexane

Solvant	Masse volumique	Te °C	S(%) dans l'eau
C ₂ H ₅ -O-C ₂ H ₅	0,71	34,6	7,5
CCL ₄	1,59	76,8	0,08
N-Hexane	0,66	68,8	insoluble

Où:

Te: Température d'ébullition

S(%): Solubilité à 20°C.

Le solvant qu'on a choisi est le CCL₄.

*Mode opératoire: méthode d'extraction de l'eau du port:

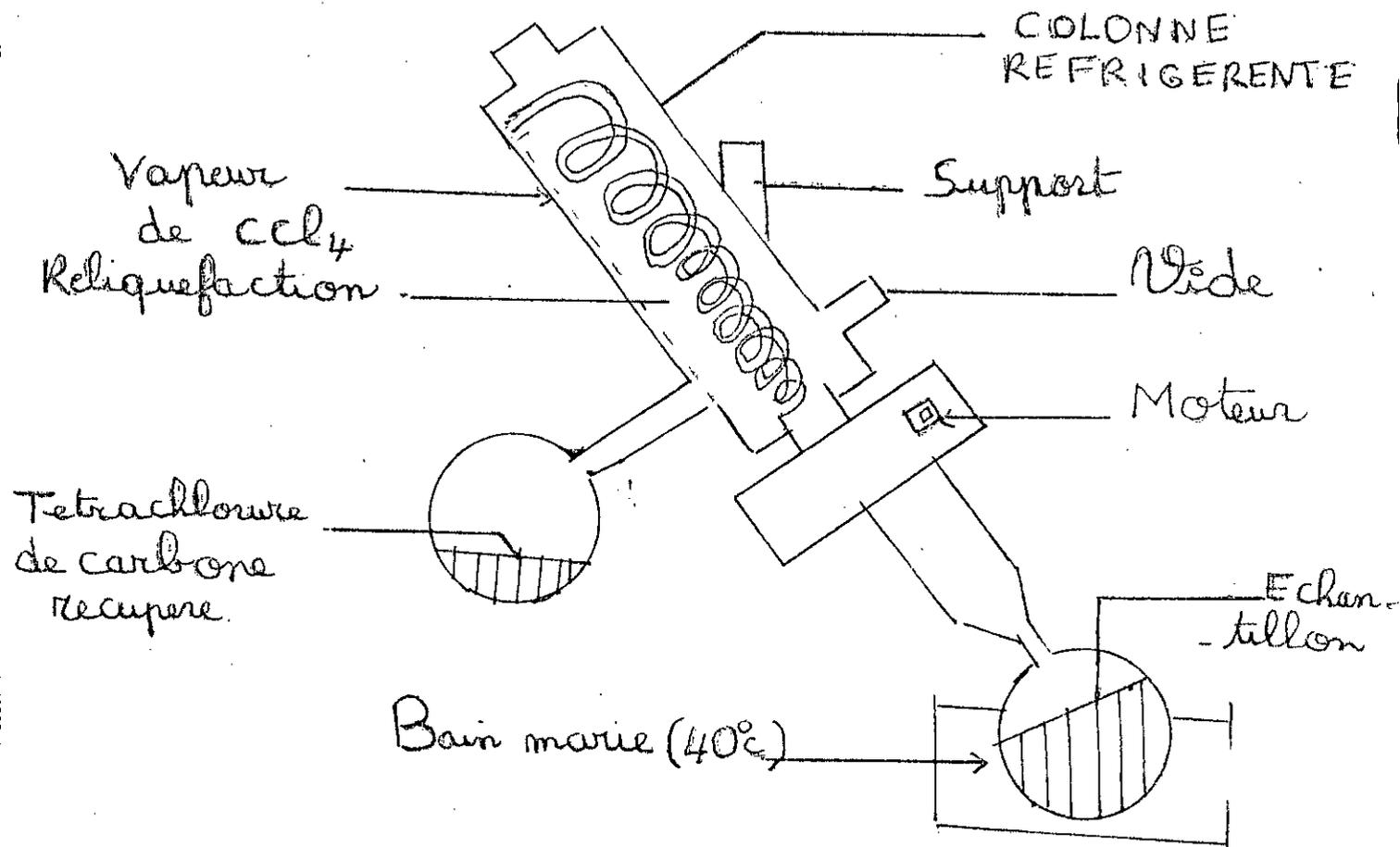
On utilise une ampoule à décanter d'un litre de l'eau du port qui est munie d'un robinet. Le volume d'échantillon est de 150 ml est transvasé dans l'ampoule à décanter, on lui ajoute 150 ml de tétrachlorure de carbone CCL_4 . On agite vigoureusement l'ampoule bouchée et on laisse décanter environ 10 mn jusqu'à obtention de deux couches ou de deux phases, par le bas de l'ampoule on soutire la fraction organique, on procède à une deuxième extraction avec le même volume de solvant.

XVI)-2- Séchage:

On ajoute 1g de Na_2SO_4 , afin de déshydrater l'extrait. Remarque: Na_2SO_4 doit être préalablement déshydraté par passage au four à 60°C pendant 24h.

XVI)-3- Concentration des extraits:

Les extraits au CCL_4 sont réduits à un volume d'environ 5 ml dans un évaporateur rotatif (voir schéma). Les hydrocarbures étant à l'état de trace dans l'eau, il est nécessaire de concentrer l'extrait pour pouvoir le détecter. La concentration est un processus critique en raison du risque de perte des hydrocarbures aromatiques à point d'ébullition bas, afin de minimiser cette perte, on maintient le bain-marie à 40°C .



EVAPORATEUR ROTATIF

XVI)-4- Phase de purification:

Elle est réalisée en chromatographie phase liquide, son utilité réside dans le fait qu'elle permet d'éliminer les composés polaires extraits en même temps que les hydrocarbures, elle permet d'éliminer en particulier les lipides. La colonne chromatographique utilisée a pour longueur 20 cm et de diamètre 1 cm, l'agent adsorbant utilisé pour la purification est le florisil qui a pour granulométrie (60-70 mesh)..

Le florisil est activé au four à 60°C pendant une nuit puis désactivé.

* Préparation de la colonne:

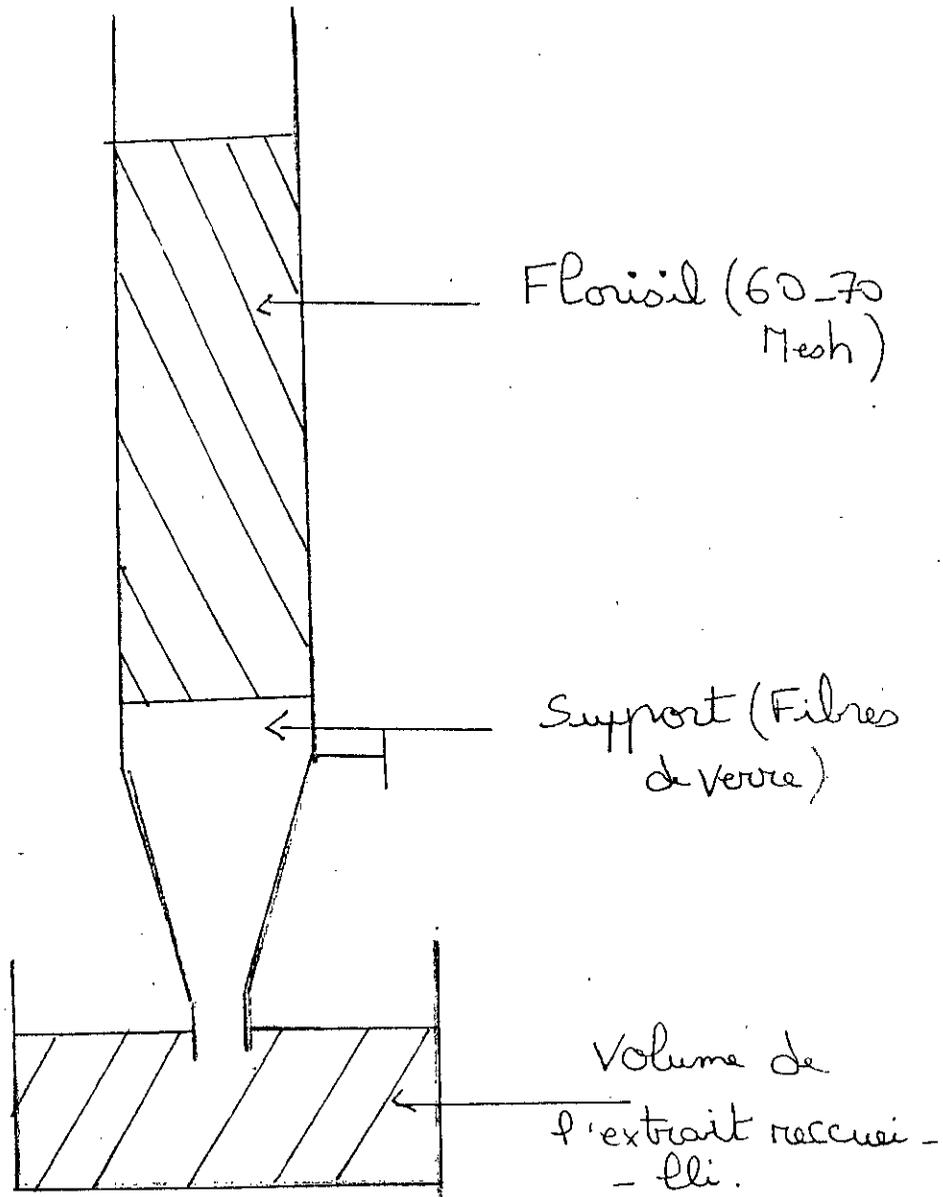
-mettre 3g de florisil dans la colonne.

-laver le florisil par 20 ml de CCL₄.

On introduit 5ml de l'extrait dans la colonne après purification, le volume recueilli au CCL₄ est V=20 ml. La purification étant la phase finale de traitement de l'échantillon, l'extrait est prêt pour l'analyse infra-rouge.

XVI)-4- Analyse infra-rouge

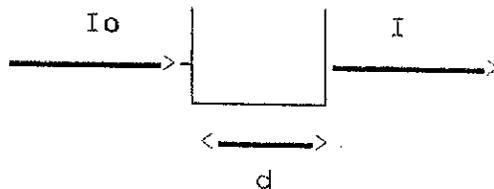
Les spectres infra-rouge permettent une véritable analyse fonctionnelle des molécules organiques. Ainsi la méthode s'applique à tous les hydrocarbures extractibles par CCL₄ et susceptibles d'absorber entre 3000 et 2800 cm⁻¹ correspondant aux vibrations de valence C-H des groupements CH₃, CH₂ et CH, on mesure l'absorbance à 2924 cm⁻¹ correspondant aux vibrations des groupements CH₂ aliphatiques.



Colonne chromatographique de 20 cm de longueur et 1 cm de diamètre

L'absorbance est fonction de la concentration et obeit à la loi:

$$\text{BEER-LEMBERT : } A = \log I_0/I = K \cdot C \cdot d$$



I = lumière transmise.

K = coefficient d'extinction.

C = concentration de l'extrait.

d = diamètre de la cellule.

* Schéma général de l'appareil:

Voir diagramme de fonctionnement sur la figure. L'appareil utilisé est de type PYE UNICAM SP3 300 INFARED spectrophotométer PHILIPS.

C'est un spectrophotometre I-R à double faisceaux qui a deux cellules en quart: L'une remplie de CCL₄, qui servira de référence: L'autre remplie par l'échantillon à analyser.

* Méthode de détermination de l'absorbance

On utilise la methode des tangentes (voir figure).

* Préparation de la solution étalon:

On utilise pour solution étalon le mélange suivant donnée en pondéraux:

- Toluene 25%, Iso-octane 37.5%, Hexadécane 37.5% .

Le mélange ainsi formé est dilué dans CCL₄, on réalise une série de dilution de 0 à 100 mg/l. C'est à partir de ces solutions qu'on va tracer la courbe d'étalonnage. On a réalisé à partir du mélange,

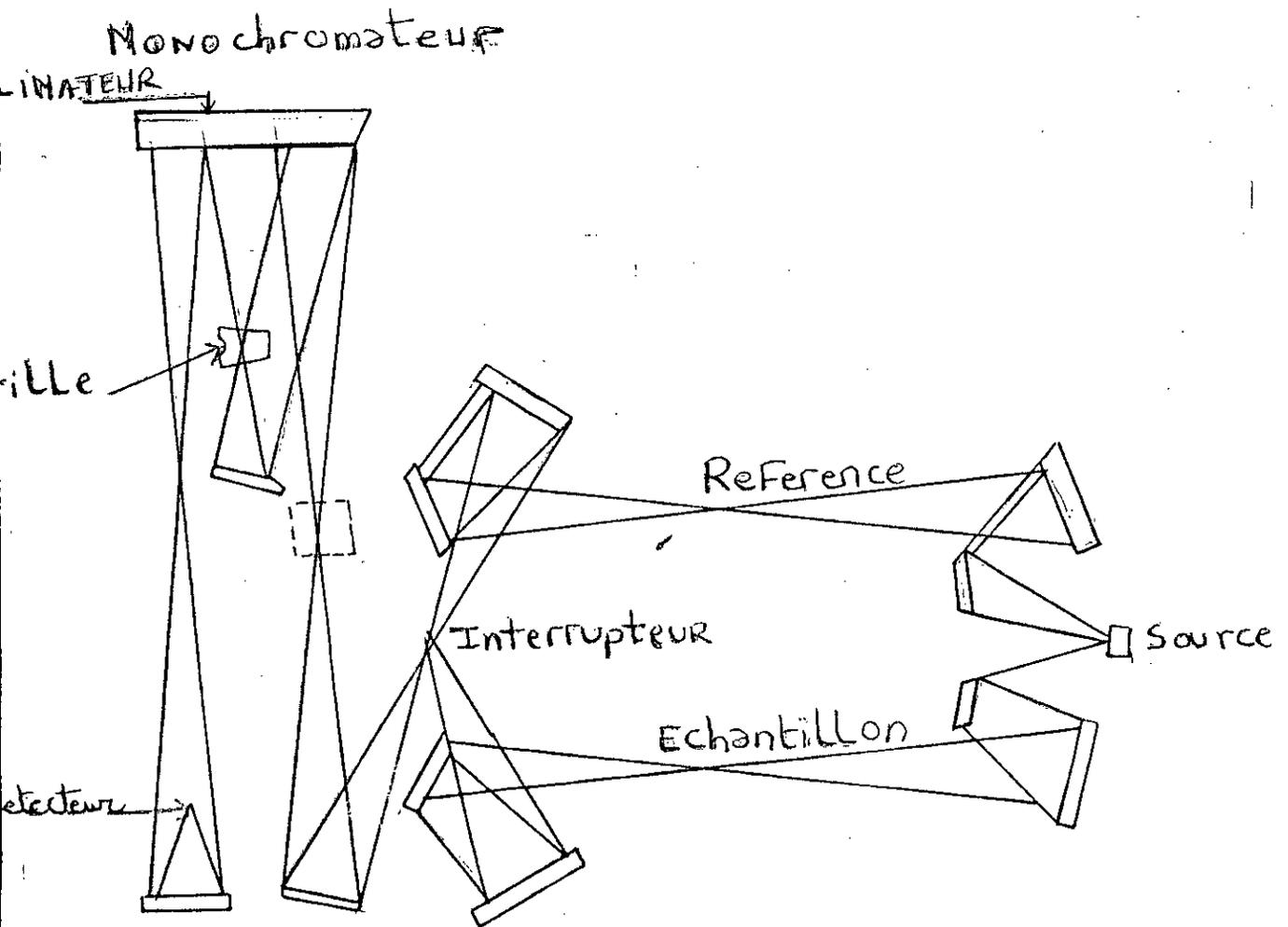


DIAGRAMME DE FONCTIONNEMENT
 DU SPECTROPHOTOMETRE IR
 DOUBLE FAISCEAU

transmission

100%

80

60

40

20

I_0

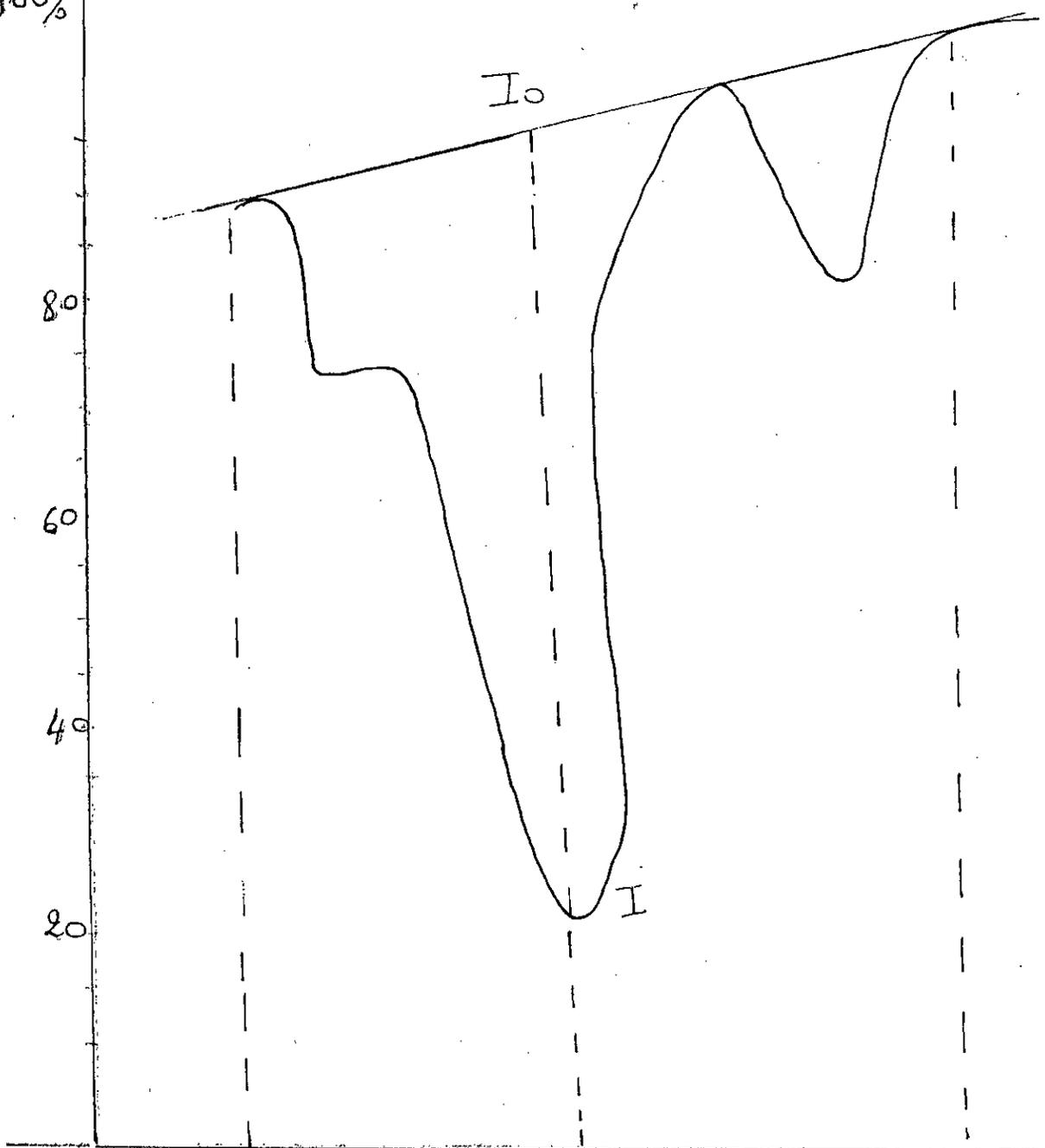
I

2800

2924

3000

$\nu(\text{cm}^{-1})$



Toluene-iso-octane, hexadecane des dilutions dans
CCL₄ de concentration 50 mg/l, 100 mg/l et 150mg/ l

Par la méthode des tangentes: on détermine spectropho-
-tométriquement l'absorbance.

]*. Tableau de valeurs:

Concentration mg/l	0	50	100	150
Absorbance	0.26	0.75	1.3	1.86

On trace l'absorbance en fonction de la concentration des
hydrocarbures en mg/l, la courbe obtenue est une droite
ne passant pas l'origine de la forme $Y=ax+b$.

* Détermination de l'absorbance des échantillons 1,2,3,4,5

Ayant subi toutes les opérations qu'on a citées auparavant, la courbe d'étalonnage permet de déterminer la concentration des hydrocarbures dans CCL₄. Quant aux concentrations des hydrocarbures dans les échantillons de l'eau du port, elles sont calculées à partir de la formule:

$$\text{HC mg/l} = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_2}$$

où C₁ = concentration d'hydrocarbure dans l'extrait de CCL₄.

V₁ = volume de l'extrait après purification = 20 ml.

V₂ = volume de l'échantillon de l'eau du port = 150 ml.

Les concentrations dans CCL₄ peuvent être lues par extrapolation sur le graphe.

* Obtention du tableau suivant:

Echantillon N°	1	2	3	4	5
Absorbance	0,35	0,42	0,68	0,48	0,57

Echantillon N°	1	2	3	4	5
Absorbance	0,35	0,42	0,68	0,48	0,57
Concentration en HC en mg/l dans CCL ₄	9,00	16	43	22	40
Concentration en HC en mg/l dans l'échantillon recueilli du port	1,20	2,13	5,73	2,93	5,33

On remarque que les concentrations des hydrocarbures dans les échantillons numéro 3 et 5 sont importants par rapport à celles de 1,2 et 4, cela peut être dû à un déballastage localisé des navires.

Une étude comparative avec les études de l'institut de de l'aménagement du littoral montre que les résultats que nous avons obtenus sont supérieurs à ceux trouvés par L'ISMAL, cela est dû que ces derniers ont travaillé sur toute la baie d'alger, et ils ont faits des prélèvements à différentes profondeurs c'est tandis que nous nous sommes intéressés à la pollution superficielle de l'eau du port.

XVII) QUANTIFICATION DES HYDROCARBURES AROMATIQUES

XVII)-1- Concentration des extraits

Le volume de l'échantillon étant de 20ml après purification, il subit une 2ème concentration pour avoir de nouveau un volume de 5 ml en utilisant toujours un évaporateur rotatif.

XVII)-2- Fractionnement de la partie aromatique

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 sur la même colonne qui a été utilisée pour la purification.

*remarque:

- Le gel de silice et l'alumine sont nettoyés par extraction par procédé de SOXLET.
- Le gel de silice et l'alumine sont activés au four à 60°C pendant une nuit et cela après séchage à l'étuve.

* Remplissage de la colonne

La colonne est remplie par:

- 5g de gel de silice.
- 5g d'alumine.
- 1g de Na_2SO_4 .

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

- Hexane 10ml.
- Hexane/dichloromethane(70/30%) 10ml.
- Hexane 10ml.
- Le volume de la fraction aromatique éluée est 20ml.

XVII)-3- Analyse spectrofluorimétrique

La fraction aromatique est quantifiée en utilisant un spectrofluorimètre UV.

* Description de l'appareil:(Voire figure).

C'est un spectrofluorimètre UV modèle HITACHI 650S équipé d'une lampe de xénon avec fentes allant de 1,5mm à 20mm,c'est un appareil à balayage allant de 220 à 830nm.

*Préparation des solutions standards

Pour avoir les concentrations des hydrocarbures aromatiques il est nécessaire de tracer la courbe étalon.

Pour cela des solutions standards ont été réalisés à partir d'une solution mère de concentration 100ug/l obtenue en dissolvant 1ug de chrysène dans 10ml d'hexane.

On réalise une série de solutions normalisées ayant pour concentrations 0,2; 0,4 ;0,6 ;0,8ug/l.

Toutes les analyses de fluorescence sont effectués dans les memes conditions.

Les fentes de l'excitation et de l'emission sont de 2mm.

Dans ce même but (condition d'analyse identique) un blanc de référence est constitué d'hexane.

* tableau de valeurs

Concentrations ug/ml	0,2	0,4	0,6	0,8
Fluorescence	6,5	12,3	16,8	21,2

Nous avons travaillé à 360nm car nous avons obtenu une reponse maximale à cette longueur d'onde.

La courbe de fluorescence en fonction de la concentration est une droite de la forme $Y=ax+b$.

De cette courbe on peut determiner la concentration des hydrocarbures aromatiques dans l'hexane, puis à l'aide de la relation suivante:

$$HC(ug/ml) = \frac{Ch * Vh}{Ve}$$

Où:

Ch: Concentration des hydrocarbures aromatique dans l'hexane.

Vh: Volume de la fraction aromatique recueillie.

Ve: Volume de l'échantillon.

On detemine la concentration des aromatiques dans l'eau du port.

* tableau de valeurs

N°D'échantillons	1	2	3	4	5
Fluorescence	4,64	7,76	3,86	8,42	6,48
HCmg/l dans l'hexane	0,1	0,22	0,08	0,24	0,19
HCmg/l dans l'eau	0,01	0,03	0,01	0,03	0,02

* Discussion:

Les concentrations des hydrocarbures aromatiques sont les plus importantes si on compare par rapport aux études faites notamment par ROSA (26) qui considère que 0,3ug/l peut constituer un indice de pollution pétrolière, d'autres auteurs considèrent qu'une concentration supérieure à 2ug/l correspond à un degré de contamination significative, ce qui montre que la pollution au port d'Alger par les hydrocarbures aromatiques a atteint un seuil intolérable.

XVIII) ANALYSE EN C.G.M.S

Cette analyse a été faite deux fois sans avoir de résultats, en effet une première fois on a obtenu un spectre où il était impossible de procéder à une opération d'identification, de plus les conditions opératoires ne sont pas connues, une 2ème fois en supposant et d'après la couleur noire de l'échantillon qu'il y'avait une forte concentration de gasoil, on a fixé la température de la colonne à 200°C avec élévation programmée de 5°C jusqu'à 300°C on n'a obtenu aucun résultat.

XX) CONCLUSION

La pollution par les hydrocarbures n'est plus une hypothèse à débattre mais une réalité à affronter et le principale incrimine de cette pollution est l'homme qui a trop compté sur le pouvoir autoépurateur de l'eau et la proportion importante des hydrocarbures dans l'eau du port provient des activités humaines comme le rejet de quantités croissantes d'eaux usées la plupart du temps non traitées sans oublier les rejets des industries côtières et le déballastage des bateaux .

Dans notre travail on a essayé en premier lieu de faire des analyses physico-chimiques pour voir si le milieu est biodégradable ou non, en un second lieu on s'est intéressé à la quantification des deux fractions aliphatiques et aromatiques en utilisant pour l'une la méthode AFNOR qui consiste à mesurer spectrophotométriquement l'absorbance à 2924cm^{-1} et déterminer les concentrations des hydrocarbures aliphatiques en s'aidant de la courbe d'étalonnage et on utilise pour l'autre fraction la méthode de MARCHAND (25) qui consiste à une analyse spectrofluorimétrique UV qui nous permet de quantifier la fraction aromatique.

Une étude comparative avec d'autres travaux notamment ceux de l'I.S.M.A.L montrent que le port d'Alger est très pollué bien que ces derniers ont travaillé surtout sur le sédiment du port et dans notre projet on peut dire que l'échantillonnage est la partie la plus importante en effet c'est elle qui conditionne tous les résultats qu'on a trouvés

METHODES DE DEPOLLUTION -Techniques
d'enlevement mecanique:

-Barrages flottants:ils sont destines à retenir les hydrocarbures pour ne pas s'étaler sur des grandes étendues.

-Barrage encerclant la nappe:dans le cas de deversement d'une source continue recouvrant une surface limitée.

-Barrage canalisant lanappe:C'est orienter barrage suivant la direction du courant.

-Barrage pneumatique: C'est l'utilisation d'un écran de bulles d'air qui fait obstacle au mouvement des liquides flottants,leur utilisation est limitéeaux eaux calmes et à des couches relativement minces en matieres flottantes.

* Ecremeurs:

La plupart des dispositifs utilisés pour écremer ou aspirer les hydrocarbures de la mer recueillent un mélange d'eau et d'hydrocarbures qui doit être traité ensuite dans un séparateur.

* Techniques chimiques

-Absorbants: peuvent être sous forme de poudre, copeaux, fibres granulés, certains sont fabriqués industriellement, parmi les absorbants on distingue les produits minéraux, les produits végétaux et les produits synthétiques, on citera comme exemples: le charbon actif, la chaux, la perlite, copeaux de polyester, polystyrène, polyuréthane, mousses résineuses.

-Dispersants: Ces des produits chimiques qui ont la propriété de disperser les hydrocarbures en fines particules dans l'eau et ainsi la nappe d'hydrocarbures ne sera pas visible. Les dispersants sont des liquides à base de solvants organiques et de produits tensio-actifs, ils permettent d'éliminer les hydrocarbures à la surface de l'eau.

- Agents de rassemblement: C'est des composés qui ont une force d'étalement sur l'eau, plus élevée que celle des hydrocarbures lorsqu'ils sont appliqués sur une pellicule d'hydrocarbures ils s'étaleront forçant la couche d'hydrocarbures à se comprimer.

* Techniques bactériologiques:

-Biodégradation par les micro-organismes

C'est l'une des méthodes les plus efficaces et les plus récentes utilisés contre la pollution par les hydrocarbures.

En effet de nombreux micro-organismes aérobies peuvent dégrader les hydrocarbures on citera comme exemple les pseudomonas, des moisissures (pénicillium), des champignons (corrolosporina).

La vitesse de biodégradation est affecté par de nombreux paramètres:

- * La densité et nature des populations bactériennes.
- * Conditionnement Physiques du pétrole.
- * Paramètres physico-chimiques limitants (température, oxygène dissous et sels minéraux).

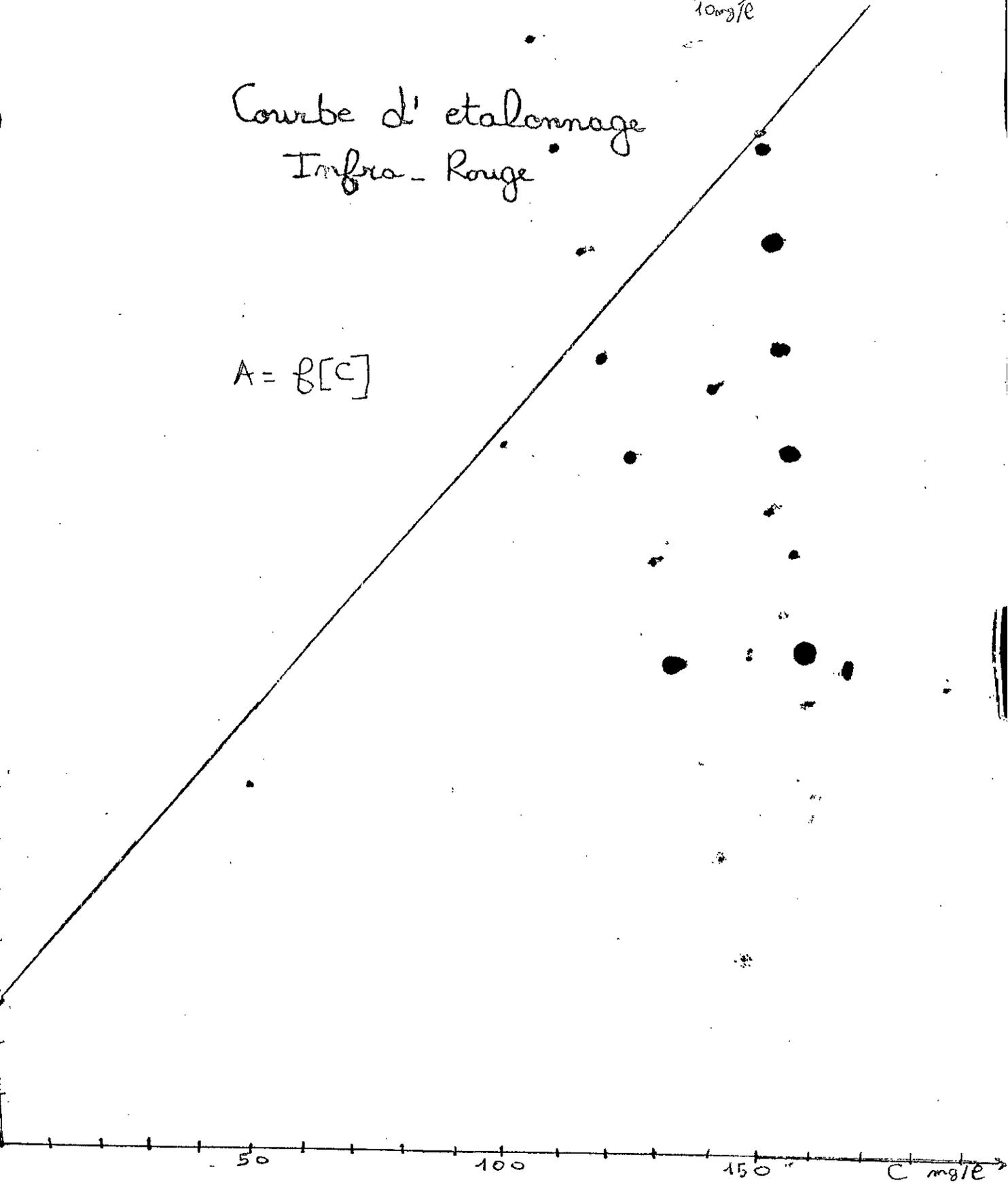
Ces micro-organismes sont appliqués sur la nappe d'hydrocarbures sous forme de poudre.

Absorbance
 $A = \log \frac{I_0}{I}$

0.1
10 mg/l

Courbe d'etalonnage
Infra-Rouge

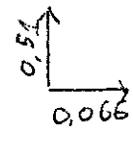
$$A = \beta [C]$$



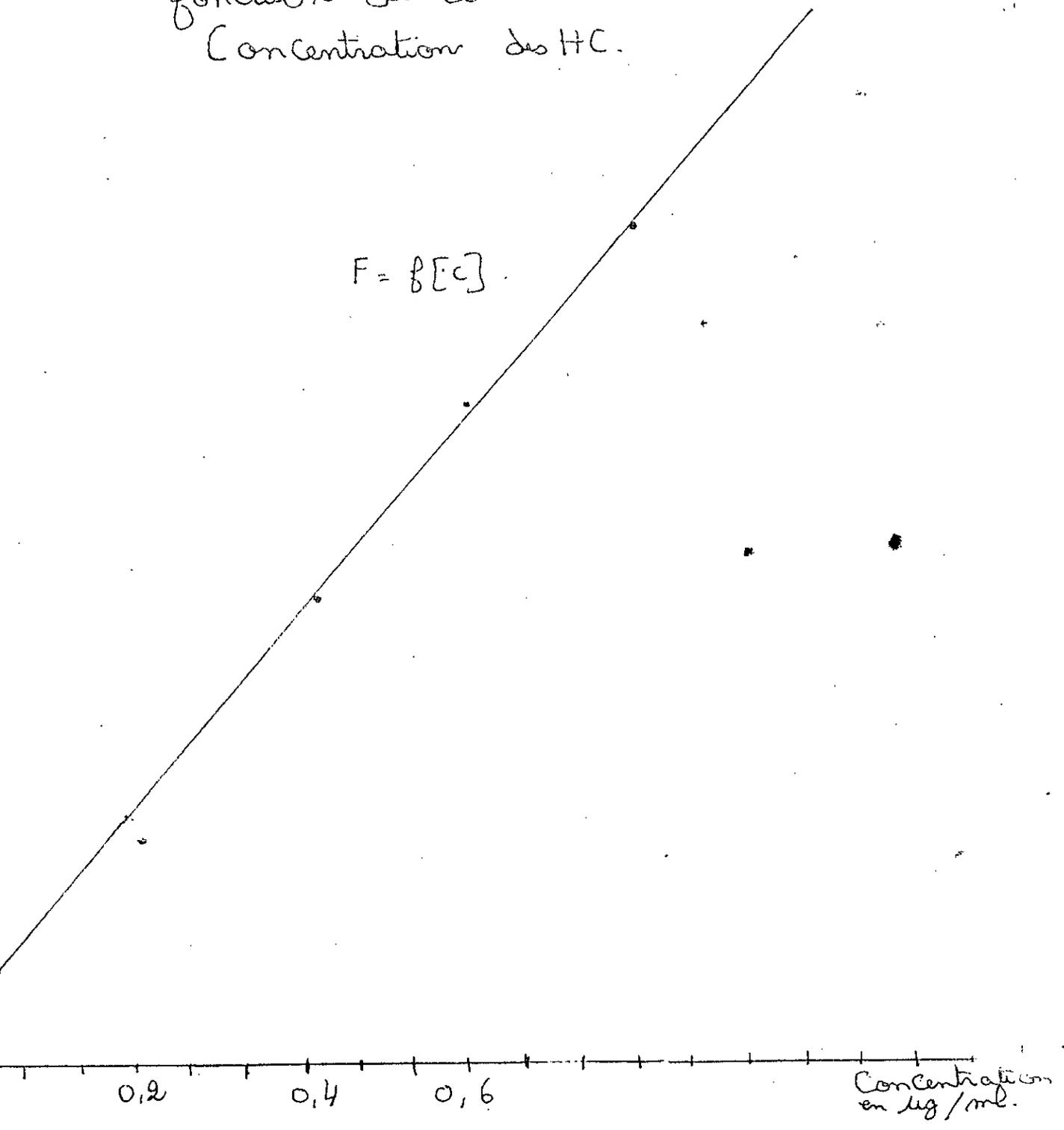
Fluorescence

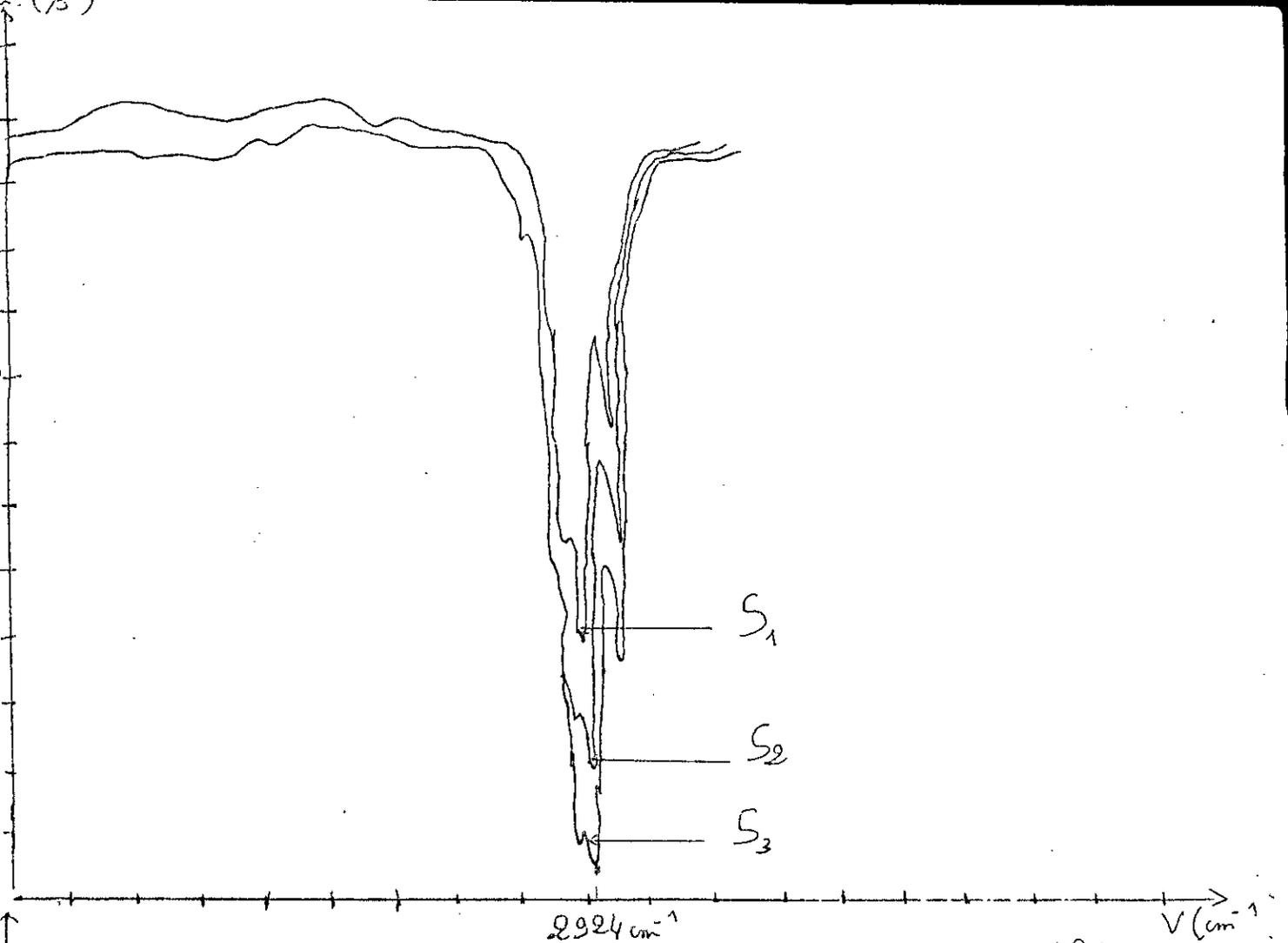
Courbe d'étalonnage pour Spectrofluorimétrie U.V.

Fluorescence en
fonction de la
Concentration des HC.

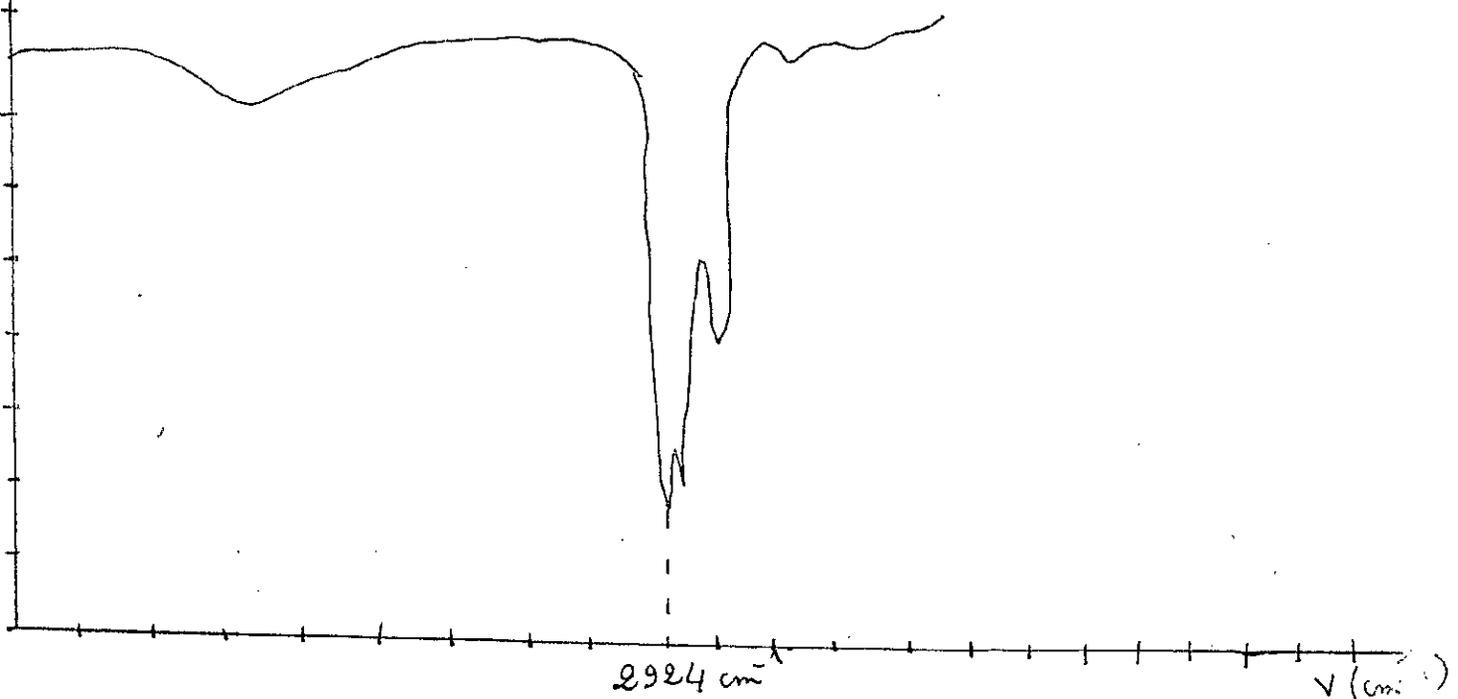


$$F = \beta [C]$$





SPECTRE I-R DES SOLUTIONS STANDARD



SPECTRE I-R DE L'ECHANTILLON N°
A 2924 cm^{-1}